



СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ

Мултидисциплинарна конференција

Карст 2022: Значај, стање и перспективе коришћења и заштите ресурса у карсту

СРПСКА АКАДЕМИЈА НАУКА И УМЕТНОСТИ



Књига апстраката

Мултидисциплинарне конференције
“Карст 2022: Значај, стање и перспективе коришћења и
заштите ресурса у карсту”

Одбор за крас и спелеологију Српске академије наука и уметности
Центар за хидрогеологију карста Рударско-геолошког факултета
Географски институт „Јован Цвијић“ Српске академије наука и уметности
Универзитет у Београду – Географски факултет
Комисија за карст Српског геолошког друштва

Београд, 21. октобар 2022.

SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES AND ARTS



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, Board on Karst and Speleology
Centre for Karst Hydrogeology of the Faculty of Mining and Geology
Geographical Institute „Jovan Cvijić“ of
the Serbian Academy of Sciences and Arts
University of Belgrade - Faculty of Geography
Karst Commission of the Serbian Geological Society

Belgrade, 21st October 2022

*Proceedings of the multidisciplinary conference
„Karst 2022 Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst”*

**Књига апстраката
Мултидисциплинарне конференције “Карст 2022
Значај, стање и перспективе коришћења и заштите ресурса
у карсту”**

Editors

*Slobodan B. Marković, Corresponding member of SASA
Zoran Stevanović, Professor retired*

Уредници

*Слободан Б. Марковић, дописни члан САНУ
Зоран Стевановић, професор у пензији*



Belgrade, 21st October 2022
Београд, 21. октобар 2022

Publisher / Издавач:

Serbian Academy of Sciences and Arts (SASA)
Knez Mihajlova St. 35, Belgrade, Serbia
Српска академија наука и уметности (САНУ)
Кнез Михајлова 35, Београд, Србија

Editors / Уредници:

Slobodan B. Marković, Corresponding member of SASA
Zoran Stevanović, Professor retired
Слободан Б. Марковић, дописни члан САНУ
Зоран Стевановић, професор у пензији

Technical preparation / Техничка припрема:

Branislav Petrović / Бранислав Петровић
Veljko Marinović / Вељко Мариновић
Petar Vojnović / Петар Војновић

Circulation / Тираж:

100 copies / 100 примерака

Front page / Насловна страна:

Lisine Waterfall, Strmosten, Eastern Serbia / Лисине водопад, Стрмостен, источна Србија
(photo Branislav Petrović / фотографија Бранислава Петровића)

The authors of contributions in these proceedings are responsible for the content and copyrights of their respective contributions. Neither publishers nor any person acting on its behalf is responsible for the possible use of information contained in this publication.

Аутори прилога у овом зборнику одговорни су за садржај и ауторска права својих прилога. Ни издавач ни било које друго лице које делује у њихово име није одговорно за могуће коришћење информација садржаних у овој публикацији.

Printed by / Штамп:

Serbian Academy of Sciences and Arts (SASA), Belgrade
Српска академија наука и уметности (САНУ), Београд

Belgrade 2022 / Београд 2022

CIP:

ISBN

978-86-7025-956-0



Honorary Committee:

Milan Damnjanović, Academician, Secretary of the Department for Mathematics Physics and Geo-Sciences

Vidojko Jović, Academician, Past president of the Board on Karst and Speleology

Vladica Cvetković, Academician, Past president of the Board on Karst and Speleology

George Veni, Past president of the International Union of Speleology UIS and Coordinator of the IYCK

John Gunn, Chairman of the Cave and Karst Working Group of the IUCN

Peter Malik, Chairman of the Karst Commission of the IAH

Scientific Committee:

Slobodan B. Marković (President of the Board on Karst and Speleology)

Ognjen Bonacci (Croatia)

Petar Milanović (President of the NC IAH for Serbia)

Zoran Stevanović

Vesna Dimitrijević

Rajko Dimitrijević

Predrag Đurović

Neven Krešić (USA)

Dušan Mihailović

Saša Milanović

Jelena Čalić

Igor Jemcov

Technical Committee:

Ljiljana Vasić, Secretary General

Aleksandar S. Petrović

Branislav Petrović

Veljko Marinović

Petar Vojnović

УВОДНА РЕЧ

Током дуготрајне геолошке еволуције у разноликим природним условима формиране су различите врсте карбонатних стена које покривају приближно 10% укупне површине светског копна. Поред универзалног распрострањења, карбонатни седименти могу да досегну моћност и до неколико хиљада метара. Тако је захваљујући посебности одвијања крашког процеса створен фасцинантан свет надземног и подземног рељефа, као јединствени абиотички оквир за стварање још узбудљивијег крашког биодиверзитета.

Разнородност термина који се односе на крашке феномене у нашем језику: крас, карст, крш, поље, увала, долина, вртача, шкрапа, богаз, каменица, врело, понор, пећина, шпиља, пропаст, дупка, јама, недвосмислено указују на њихову суштинску повезаност са животом људи на овим просторима. Неки од ових термина су захваљујући пионирским научним доприносима Јована Цвијића постали део међународне карстолошке научне терминологије и тако постали део глобалног научног наслеђа.

Повезаност крашких предела и људи знатно превази ентоцентричост. Она сеже много дубље у прошлост у време леденог доба када је геодиверзитет крашких области представљао уточиште за наше хоминидне претке. Поступно глобално захлађење, које се испољавало у виду наизменичне смене хладних глацијалних и топлих интерглатијалних периода деловало је поспешујуће на еволуцију хоминида која је кулминирала појавом савременог човека (*Homo sapiens-a*). Током сурових плеистоцених климатских промена наши преци су нашли уточиште у пећинама расутиим широм наше планете. Тако су бројни спелеолошки објекти постали поприште развоја палеолитских култура у самом цивилизацијском праскозорју. Осликани зидови пећина разоткривају тај мистериозни и фасцинантни праисторијски свет. Професор Јован Б. Петровић је сликовито овај изазовни период илустровао реченицом: "У пећину је ушао прачовек, а из ње изашао човек". Вероватно отуда и потиче наша фасцинираност пећинским лавиринтима и исконска потреба да истражујемо тајне крашких предела.

Зато не чуди да је Одбор за крас и спелеологију, један од најстаријих одбора Српске академије наука и уметности, иницирао организацију научне мултидисциплинарне конференције „ЗНАЧАЈ, СТАЊЕ И ПЕРСПЕКТИВЕ КОРИШЋЕЊА И ЗАШТИТЕ РЕСУРСА У КАРСТУ“ у част међународне године пећина и карста. Суштински допринос организацији ове конференцији дали су проф. др Зоран Стевановић, потпредседник Одбора са тимом својих сарадника из Центра за хидрогеологију карста и др Јелена Ћалић, секретар Одбора.

Тематске сесије које се односе на хидрогеолошка, геоморфолошка и биоспелеолошка истраживања посвећене су недавно преминулим истакнутим члановима Одбора: професорима Боривоју Мијатовићу, Душану Гавриловићу и Божидару Турчићу.

проф. др Слободан Б. Марковић, дописни члан САНУ
председник Одбора за крас и спелеологију

Table of contents / Садржај

Plenary session

Пленарна предавања 1

Zoran Stevanović

UTILIZATION OF KARST AQUIFERS IN SERBIA AND ITS NEIGHBOURING COUNTRIES

КОРИШЋЕЊЕ КАРСТНИХ ИЗДАНИ У СРБИЈИ И ОКОЛНИМ ЗЕМЉАМА 3

Jelena Čalić, Jelena Kovačević-Majkić & Marko V. Milošević

BEFORE THE KARST AND AFTER THE KARST: DEVELOPMENT OF THE THEMATIC KNOWLEDGE IN SERBIA

ПРЕ КАРСТА И ПОСЛЕ КАРСТА – РАЗВОЈ ТЕМАТскоГ ЗНАЊА У СРБИЈИ 9

Dušan Mihailović

RECENT RESEARCH ON PALAEO-LITHIC CAVE SITES IN SERBIA

НОВИЈА ИСТРАЖИВАЊА ПАЛЕОЛИТСКИХ ПЕЋИНСКИХ ЛОКАЛИТЕТА У СРБИЈИ..... 15

Neven Krešić

„LANDS OF KARST“ – A BOOK WITH TALKING PHOTOS

ПРИКАЗ КЊИГЕ “ЗЕМЉЕ КАРСТА: ПРИЧА У СЛИКАМА” 17

Thematic session dedicated to memory of Prof. Borivoje Mijatović:

RESEARCH, UTILIZATION AND PROTECTION OF GEODIVERSITY AND WATER RESOURCES IN KARST

Тематска сесија посвећена успомени на проф. Боривоја Мијатовића ИСТРАЖИВАЊЕ, КОРИШЋЕЊЕ И ЗАШТИТА ГЕОДИВЕРЗИТЕТА И ВОДНИХ РЕСУРСА У КАРСТУ 23

Petar Milanović

CAPTURE OF WATER FROM KARST CHANNELS

КАПТИРАЊЕ ВОДЕ ИЗ КАРСТНИХ КАНАЛА 25

Zoran Nikić, Olivera Doklešić, Vaso Mrvaljević, & Nenad Marić

A CONTRIBUTION TO THE TRANSFORMATION OF OPAČICA SPRING (HERCEG NOVI MUNICIPALITY) INTO A MODERN WATER SUPPLY SOURCE

ДОПРИНОС ТРАНСФОРМАЦИЈИ ВРЕЛА ОПАЧИЦА (ОПШТИНА ХЕРЦЕГ НОВИ) У САВРЕМЕНИ ВОДОВОДНИ СИСТЕМ 31

Gojko Nikolić, Filip Vujović, Milan Vlahović & Vaso Mrvaljević <i>MAPPING OF FLOODED KARST AREAS AND BASIC MORPHOMETRIC CALCULATION USING SENTINEL-1 SATELLITE IMAGES AND EU-DEM MODEL - CASE STUDY FROM 2019 IN BROČANAC AND SRNI DO (NIKŠIĆ, MONTENEGRO)</i> КАРТИРАЊЕ ПОПЛАВЉЕНИХ КАРСТНИХ ПОДРУЧЈА И ОСНОВНИ МОРФОМЕТРИЈСКИ ПРОРАЧУН УЗ КОРИШЋЕЊЕ САТЕЛИТСКИХ СНИМАКА СЕНТИНЕЛ-1 И ЕУ-ДЕМ МОДЕЛА - СТУДИЈА СЛУЧАЈА ИЗ 2019. У БРОЋАНЦУ И СРНОМ ДОЛУ (НИКШИЋ, ЦРНА ГОРА).....	35
Ljiljana Vasić <i>THE ROLE OF ISOTOPES IN KARST GROUNDWATER PROTECTION</i> УЛОГА ИЗОТОПА У ЗАШТИТИ ПОДЗЕМНИХ ВОДА У КАРСТУ.....	41
Golub Čulafić & Filip Vujović <i>IMPACT OF THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS ON THE CHARACTERISTICS OF THE APPEARANCES LOW WATER OF MORAČA</i> УТИЦАЈ ХИДРОГЕОЛОШКИХ УСЛОВА НА КАРАКТЕРИСТИКЕ ПОЈАВЉИВАЊА МАЛИХ ВОДА МОРАЧЕ	47
Jelena Krstajić & Biljana Medenica <i>INITIALIZATION OF KARST SPRINGS' SISTEMATIZATION IN THE ADRIATIC BASIN OF MONTENEGRO</i> ИНИЦИЈАЛИЗАЦИЈА СИСТЕМАТИЗАЦИЈЕ КАРСТНИХ ИЗВОРА ЈАДРАНСКОГ СЛИВА ЦРНЕ ГОРЕ	53
Veljko Marinović <i>DEFINING THE HYDRAULIC MECHANISM OF KARST GROUNDWATER DISCHARGE USING BIVARIATE TIME SERIES ANALYSIS</i> ДЕФИНИСАЊЕ ХИДРАУЛИЧКОГ МЕХАНИЗМА ИСТИЦАЊА КАРСТНИХ ПОДЗЕМНИХ ВОДА ПРИМЕНОМ БИВАРИЈАНТНЕ АНАЛИЗЕ ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА.....	59
Petar Vojnović, Saša Milanović, Ljiljana Vasić <i>ASSESSMENT OF THE WATER PERMEABILITY OF THE ŠUKOVIĆI PONOR AREA (CERNIČKO POLJE) USING THE LUGEON TEST</i> ОЦЈЕНА ВОДОПРОПУСНОСТИ ПОНОРСКЕ ЗОНЕ ШУКОВИЋИ (ЦЕРНИЧКО ПОЉЕ) ПОМОЋУ ЛИЖОНОВОГ ТЕСТА.....	65

Branislav Petrović

SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN EPIKARST

GROUNDWATER OF THE EASTERN SUVA PLANINA MT.

СПЕЦИФИЧНА ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВОДЉИВОСТ ПОДЗЕМНЕ

ВОДЕ У ЕПИКАРСТУ ИСТОЧНИХ ПАДИНА СУВЕ ПЛАНИНЕ 71

Thematic session dedicated to memory of prof. Dušan Gavrilović:

KARST GEOMORPHOLOGY AND SPELEOLOGICAL RESEARCH

Тематска сесија посвећена успомени на проф. Душана Гавриловића

ГЕОМОРФОЛОГИЈА КАРСТА И СПЕЛЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА

..... 77

Dražen Perica, Kristina Krklec & David Domínguez-Villar

RESEARCH OF SURFACE DENUDATION IN THE AREA OF NP "KRKA"

AND NP "SEVERNI VELEBIT" USING THE LIMESTONE TILES METHOD

ИСТРАЖИВАЊЕ ДЕНУДАЦИЈЕ ПОВРШИНЕ НА ПОДРУЧЈУ

NP „KRKA“ I NP „SJEVERNI VELEBIT“ METODOM

VARNENAČKIH PLOČICA 79

Ana Mladenović

AN IMPACT OF REACTIVATED FAULTS ON THE DEVELOPMENT OF KARST

PROCESS: EXAMPLES FROM EAST SERBIAN CARPATHO-BALKANIDES

УТИЦАЈ РЕАКТИВИРАНИХ РАСЕДА НА РАЗВОЈ

КРАШКОГ ПРОЦЕСА: ПРИМЕРИ ИЗ КАРПАТО-БАЛКАНИДА

ИСТОЧНЕ СРБИЈЕ 83

Aleksandar Petrović, Dušica Trnavac Bogdanović, Ivana Carević & Natalija Batočanin

SPELEOLOGICAL GEODIVERSITY OF GOLJIJA NATURE PARK

СПЕЛЕОЛОШКИ ОБЈЕКТИ ГЕОДИВЕРЗИТЕТА ПАРКА

ПРИРОДЕ ГОЛИЈА..... 87

Mihajlo Mandić, Jelena Čalić, Predrag Stošić

BIJELA PEĆINA CAVE IN KAZANCI, MONTENEGRO

БИЈЕЛА ПЕЋИНА У КАЗАНЦИМА, ЦРНА ГОРА 93

Dragan Nešić

INITIAL FORMS OF KAMENITZAS ON ANDESITES OF MALI VIS (MRKONJSKI

VIS, SOUTHERN SERBIA) – CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE ON

SILICATE KARST IN SERBIA

ИНИЦИЈАЛНИ ОБЛИЦИ КАМЕНИЦА НА АНДЕЗИТИМА МАЛОГ ВИСА

(МРКОЊСКИ ВИС, ЈУЖНА СРБИЈА) – ПРИЛОГ ПОЗНАВАЊУ

СИЛИКАТНОГ КАРСТА У СРБИЈИ..... 97

Marko V. Milošević, Jelena Čalić, Milovan Milivojević

GEOGRAPHY OF DOLINES IN SERBIA

ГЕОГРАФИЈА ВРТАЧА СРБИЈЕ..... 101

Saša Milanović

KARST TERRAINS OF PERUVIAN ANDES

КАРСТ ВИСОКИХ АНДА (ПЕРУ) 105

Predrag Đurović & Mirela Đurović

*THE ROLE OF THE LOCAL COMMUNITY IN THE PROMOTION OF
SPELEOLOGY - THE EXAMPLE MUNICIPALITY OF BAR, MONTENEGRO*

УЛОГА ЛОКАЛНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ У ПРОМОЦИЈИ СПЕЛЕОЛОГИЈЕ –
ПРИМЕР ОПШТИНЕ БАР, ЦРНА ГОРА..... 107

Thematic session dedicated to memory of prof. Božidar Čurčić

*BIOSPELEOLOGY, SPELEOARCHEOLOGY, NATURAL HERITAGE AND
CONSERVATION*

Тематска сесија посвећена успомени на проф. Божидара Ћурчића
БИОСПЕЛЕОЛОГИЈА, СПЕЛЕОАРХЕОЛОГИЈА, ПРИРОДНО
НАСЛЕЂЕ И КОНЗЕРВАЦИЈА..... 111

Rajko N. Dimitrijević

PROF. DR BOŽIDAR ČURČIĆ (1946-2015)

ПРОФ. ДР БОЖИДАР ЋУРЧИЋ (1946-2015) 113

Gordan Karaman

*SUBTERRANEAN FAUNA OF BULGARIA: GENUS NIPHARGUS SCHIÖDTE 1849
(CRUSTACEA, AMPHIPODA, FAM. NIPHARGIDAE)*

ПОДЗЕМНА ФАУНА БУГАРСКЕ: РОД *NIPHARGUS* SCHIÖDTE 1849
(CRUSTACEA, AMPHIPODA, FAM. NIPHARGIDAE) 115

Aleksandar Pegan & Sunčana Sokić

INITIATIVE “CLEAN UP THE DARK – SERBIA “

ИНИЦИЈАТИВА „ЧИСТО ПОДЗЕМЉЕ – СРБИЈА“..... 117

Srećko Čurčić, Nikola Vesović & Dragan Pavićević

THE SUBTERRANEAN INSECT FAUNA OF SERBIA

ПОДЗЕМНИ ИНСЕКТИ СРБИЈЕ..... 121

Dragan Antić & Slobodan Makarov

THE CAVERNICOLOUS DIPLOPODA (ARTHROPODA, MYRIAPODA) OF SERBIA

ПЕЋИНСКЕ ДИПЛОПОДЕ (ARTHROPODA, MYRIAPODA) СРБИЈЕ 127

Milan Paunović & Branko Karapandža

BAT FAUNA IN CAVES OF SERBIA

СЛЕПИ МИШЕВИ У ПЕЋИНАМА СРБИЈЕ 133

Rajko N. Dimitrijević

CAVE PSEUDOSCORPIONS OF SERBIA

ПЕЋИНСКЕ ПСЕУДОШКОРПИЈЕ СРБИЈЕ 139

Milorad Kličković

JOVAN IVKO DRAŠKOČI AND RESAVA CAVE

– *A CONTRIBUTION TO THE HISTORY OF THE RESAVA CAVE* –

ЈОВАН ИВКО ДРАШКОЦИ И РЕСАВСКА ПЕЋИНА

– ПРИЛОГ ИСТОРИЈАТУ РЕСАВСКЕ ПЕЋИНЕ – 141



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



PLENARY SESSION

ПЛЕНАРНА ПРЕДАВАЊА



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**UTILISATION OF KARST AQUIFERS IN SERBIA AND
NEIGHBOURING COUNTRIES**

**КОРИШЋЕЊЕ КАРСТНИХ ИЗДАНИ У СРБИЈИ И ОКОЛНИМ
ЗЕМЉАМА**

Zoran Stevanović¹

¹ Prof. Ret. University of Belgrade – Faculty of Mining & Geology, Centre for Karst Hydrogeology of the Department of Hydrogeology, Belgrade, Serbia, e-mail: zstev_2000@yahoo.co.uk

Сажетак: Подземне воде карстних издани у Србији и суседним државама значајан су ресурс квалитетне воде за пиће. Везане су за брдско-планинске терене Алпског орогена и његове гране - Динарски и Карпато-балкански систем. Степен коришћења у водоснабдевању зависи од распрострањења карста и у њему акумулираних вода, и креће се од неколико процената, што је случај у Мађарској, до преко 90% у Црној Гори. Велико распрострањење и интензивни водни биланс који карактерише подручја карста чине да Црна Гора, Босна и Херцеговина, Албанија и Хрватска припадају групи земаља Европе са највећом расположивошћу воде по становнику. С друге стране, динамични режим карстне издани и велика сезонска осцилација протицаја извора и повезаних водотокова, чини да се на великом делу ових терена, осећа оскудица у води током летњих месеци. Мање распрострањење карста у Бугарској, Мађарској, Румунији резултује и мањим учешћем вода карстних издани у водоснабдевању. Србија са око 18% учешћа вода карстних издани у водоснабдевању, је заједно са Северном Македонијом, између ове две групе држава а потенцијал је још увек значајно већи од актуелног коришћења. Овај прилог је наставак анализа и даља актуелизација теме приказане у раду „Карстне издани Југоисточне Европе – есенцијални и богати ресурс воде за пиће“ истог аутора (2021).

Key words: karst aquifer, utilisation, water availability, water stress

Кључне речи: karstna izdan, korišćenje, raspoloživost vode, vodni stres

Introduction

The World Karst Aquifer Mapping project (WOKAM) found that karst covers 15.2% of the continental ice-free land (Goldscheider *et al.* 2020) while Europe with 21.8% is the continent with largest percentage of the karst aquifers distribution (Chen *et al.* 2017). Water from karst aquifers supply approximately 9.2% of the world's population with potable water (Stevanović, 2019). Groundwater use in irrigation ensures food production for almost half of the world's population while use of karst waters is especially extensive in arid part of the world.

This article is extension and upgrade of similar topic discussed by Stevanović in “Karst aquifers of Southeast Europe – Essential and rich resource of potable waters” (2021).

Karst aquifers in Serbia and neighbouring countries

The karst aquifers are widely distributed in the Alpine orogenic belt and its branches in SE Europe (Dinarides, Apennines, Carpathian-Balkanides, Pindes, Hellenides, Fig. 1). Use of precious waters from karst springs is traditional way of water supply since the Roman time. As such, all large cities along the Adriatic Coast (Trieste, Rijeka, Split, Dubrovnik, Kotor) were founded nearby karst springs with abundant discharges. At the final WOKAM map (Goldscheider *et al.* 2020) the number of karst springs in Dinaric karst is denser than in any other part of the world. For instance, in Bosnia & Herzegovina, there are 8 springs that regularly discharge more than 2000 l/s, while in Montenegro there are 5 such springs.



Fig. 1 Alpine orogenic belt and its branches in the SE Europe

Serbia is the only country in the region where both Alpine system branches, Dinarides and Carpathians are situated, the former in the western, and the latter in its eastern part. Western and southern Serbian neighbours Croatia, Bosnia & Herzegovina, Montenegro, Albania and North Macedonia belong to Dinarides and Pindes branches and

have wide distribution of carbonate rocks (Triassic age is prevailing). Eastern and northern Serbian neighbours Bulgaria, Romania and Hungary have relatively smaller extension of outcropped carbonate rocks, which belong to the Carpathian-Balkanides (mainly of Jurassic and Cretaceous ages).

The total areas covered by carbonate rocks vary from 3200 km² (N.Macedonia) to 31200 km² (B&H). Concerning percentage of outcropped karst against total surface of the country the situation is different. The smallest extension is in Romania (2.3%) while by far the largest is in Montenegro, which with 80.1% is among the world's leaders concerning karst distribution (Table 1). The karst outcrops in the Serbian Dinaric and Carpathian karst cover 15800 km², or 17.9% of the national territory (Chen *et al.* 2017).

Water availability per country and contributions of karst aquifers

The karst waters availability and degree of their utilisation is logically closely linked to distribution of karst aquifers. Such relationship at global level has been discussed by Stevanović (2019). When it comes to concrete situation in countries in question it is clear that more intensive water balance and internal water resources have those countries where



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



extension of karst outcrops and aquifer systems is larger (Table 1). However, due to specific water regime and the behaviour of the karst, local population often suffers from water shortages, especially in high mountains or during summer months.

Serbia. The most cities in westernmost and eastern parts of the country satisfy water demands by water from captured karst springs. Those are Prijepolje, Priboj, Sjenica, Nova Varoš in the west, Niš, Bor, Pirot in the east, and Paraćin, Cuprija in central part. The exploitable karst water resources (after subtracting water for dependant ecosystems) in Serbian Dinarides are estimated on 14.6 m³/s, and in Serbian Carpathians on 12.6 m³/s (Stevanović, 1995). This potential is roughly 1/3 of total renewable groundwater resources of Serbia, or about 10% of the total internally renewable water resources according to FAO AQUASTAT (2018).

“Karst countries” – Croatia, Bosnia & Herzegovina, Montenegro, Albania. These four countries are among the globally richest concerning water availability per capita. Each citizen in these countries has more than 10,000 m³ of water available annually (Table 1). This amount is twenty times higher than level which in certain UN documents is indicated as limit for “water stressed countries”. Utilisation rate is even more impressive, the Montenegrin citizen utilises just 1.18 % of this volume. In Bosnia and Herzegovina the utilisation rate is even lower, below 1%. Citizens of Croatia and Albania use less than 5% of water that is available to them per capita (Stevanović, 2021). Another Sustainable Development Goal (SDG) indicator of water stress, so called 6.4.2., is calculated as the ratio between (a) the amount of total freshwater resources withdrawn and (b) the total renewable freshwater resources, after subtracting the amount of water needed to support existing environmental services, also indicated as environmental flows. As SDG 6.4.2. values 0-25 indicate that no stress at all, these four countries are far below upper limit for this category (see column 5 of Table 1). Estimated contribution of karst aquifers’ water in total domestic water supply varies between 38% (Croatia) and 90% (Montenegro).

“Non-karst countries” – North Macedonia, Bulgaria, Romania, Hungary. Subsequent to smaller presence of the karst outcrops, the water availability and utilisation of karst aquifers is also smaller in these countries. In this group there is also some discrepancy between use of karst aquifers in Bulgaria and North Macedonia. Even though extension of karst aquifers in Bulgaria is considerable (27% of the territory), use of their groundwater is small (between 5-10%). In contrast, in North Macedonia only 12.4% or about 260 km² is covered by karst rocks, but contribution in national drinking water supply reaches 40% (Table 1, Fig. 2). These four countries are also more exposed to water stress. Both, North Macedonia and Bulgaria belong to the category “Low Stress” (25-50), while due to presence of large rivers in their territories Romania and Hungary are still in lower category with “No Stress”.

Table 1. Statistical data on water resources, water use and stress, and karst aquifers

Country	Total surface area (km ²)	Total population (x 1000)	Total renewable water resources per capita (m ³ /inhab/yr)	Water stress SDG 6.4.2.	% of karst outcrops vs. territory	Estimated % of karst water use vs. total water use	Major cities - consumers of karst waters
1	2	3	4	5	6	7	8
Albania	27,730	2,883	10,476	5.76	34.3	70	Tirana, Gjurokastr
Bosnia & Herzegovina	51,210	3,324	11,282	2.66	60.5	70	Sarajevo, Mostar
Bulgaria	110,950	7,052	3,021	40.1	27.1	<10	Varna, Banskó Velingrad
Croatia	56,590	4,156	25,383	1.50	40.9	38	Split, Rijeka, Dubrovnik
Hungary	93,030	9,707	10,713	7.65	4.2	<5	Miskolc
Montenegro	13,810	628	21,935	1.18	80.1	90	Podgorica, Nikšić, Coast
North Macedonia	25,710	2,083	3,073	25.27	12.4	40	Skopje, Ohrid
Romania	238,400	19,506	10,869	6.01	2.3	<10	Craiova, Constanza
Serbia	88,360	8,803	18,426	6.26	17.9	18	Niš, Bor, Prijepolje

Sources: Column 1-5 after FAO [2018]. AQUASTAT Database. AQUASTAT Website accessed on [29/08/2022]; Column 6 after WOKAM (Chen et al. 2017); Column 7 (Stevanović, 2019)

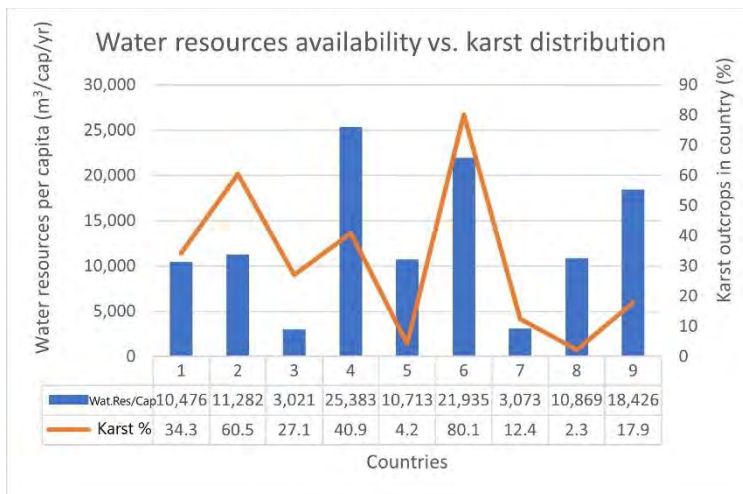


Fig. 2. Ratio - Water resources availability per capita against karst outcrops distribution per country: 1. Albania, 2. Bosnia & Herzegovina, 3. Bulgaria, 4. Croatia, 5. Hungary, 6. Montenegro, 7. North Macedonia, 8. Romania, 9. Serbia



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Conclusion

The distribution of karst aquifers as one of the globally most important water resources reflects on water availability and utilisation rate in all countries of SE Europe, including Serbia and its neighbours. In the western and southern parts of the region the karst aquifers of Dinarides are widely present and they contain abundant water resources. The countries that share Dinaric karst are even among the world's richest concerning water availability per capita. The karst of Carpathian-Balkanides is of lesser extension and accordingly lesser utilised for water supply purpose. Mostly due to broad presence of karst aquifers the countries of the region belong to group with "No Water Stress", with exception of Bulgaria and North Macedonia, which are in group of "Low Water Stress" countries.

References

- Chen Z, Auler, AS, Bakalowicz M, Drew D, Griger F, Hartmann J, Jiang G, Moosdorf N, Richts A, Stevanović Z, Veni G, Goldscheider N, 2017: The World Karst Aquifer Mapping Project – Concept, Mapping Procedure and Map of Europe. *Hydrogeology Journal*, 25/3, 771–785.
- FAO [2018]. AQUASTAT Database. AQUASTAT Website accessed on [29/08/2022]
- Goldscheider N, Chen Z, Auler AS, Bakalowicz M, Broda S, Drew D, Hartmann J, Jiang G, Moosdorf N, Stevanović Z, Veni G, 2020: Global distribution of carbonate rocks and karst water resources, *Hydrogeology Journal*, 28(5), 1661-1677.
- Stevanović Z, 1995: Karstne izdanske vode Srbije – korišćenje i potencijalnost za regionalno vodospredavanje. In: Stevanović Z. (ed.) *Vodni mineralni resursi litosfere Srbije*, Pos. izd. IHG RGF, Beograd, pp. 77-120.
- Stevanović Z, 2019: Karst waters in potable water supply: a global scale overview. *Environmental Earth Science*. Springer, 78: 662; <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8670-9>
- Stevanović Z, 2021: Karst aquifers of Southeast Europe – Essential and rich resource of potable waters, *Zbornik radova Odbora za kras i speleologiju*, sv. 11, Pos. Izd. SANU, knj. DCXCVIII, Odelj za mat. fiz. i geo-nauke, pp. 53-68.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**BEFORE *THE KARST* AND AFTER *THE KARST*:
DEVELOPMENT OF THE THEMATIC KNOWLEDGE IN SERBIA**

**ПРЕ *КАРСТА* И ПОСЛЕ *КАРСТА* –
РАЗВОЈ ТЕМАТског ЗНАЊА У СРБИЈИ**

Jelena Čalić, Jelena Kovačević-Majkić, Marko V. Milošević¹

¹Geographical Institute „Jovan Cvijić“ of the Serbian Academy of Sciences and Arts
(Corresponding author: j.calic@gi.sanu.ac.rs)

Сажетак: Прилог представља кратак осврт на историјски развој знања о карсту у Србији. Алузија на поделу времена на период *пре нове ере* и *нову еру*, односи се на прекретницу у виду објављивања монографије *Das Karstphänomen* Јована Цвијића (1893). Период „пре Карста“ обележила су у далекој прошлости палеолитска пећинска станишта, а у ближој прошлости народна веровања која су се преносила усменом предајом, углавном везана за пећине и проткана митовима и мистицизмом. Почетком 19. века у Србији појављују се писани извори у категорији путописа, који су у највећем броју такође везани за пећине, али и за површински рељеф (вртаче), те циркулацију подземних вода. Из овог времена, у литератури су доступна дела десетак домаћих и страних аутора. У периоду „после Карста“ обогаћивање тематског знања се унапређује и развија, те је тешко издвајати појединце. Уместо тога, носиоци постају институције, организације, медији и различити видови неформалног образовања. Једна од најзначајнијих активности те врсте је глобална иницијатива Међународне спелеолошке уније (UIS) под називом Међународна година пећина и карста.

Key words: karst history, karst education, International Year of Caves and Karst, Serbia

Кључне речи: историја познавања карста, образовање о карсту, Међународна година пећина и карста, Србија

Introduction

The title of this contribution is intentionally used in the associative context of the transition between two historical eras – Before Common Era and Common Era, referring in fact to the time before and after the publication of *Das Karstphänomen* (Cvijić 1893). Considered to be a global-scale milestone between a non-systematic, descriptive approach to karst and systematic, scientific approach, this monograph is widely recognized as the beginning of the integrative scientific discipline – Karstology. However, scientific knowledge on karst is by no means the only way of understanding and protecting these fragile environments. It is necessary to implement various forms of education, in order to reach as many people as possible and teach them about karst values and its significance for human life in general.

Before *The Karst*

In Serbian, similarly as in all other societies living in the areas of karstifiable rocks, the first known notions on what we presently call karst had been veiled into mythology and



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



mysticism and transferred to descendants through oral narratives (Jojić-Pavlovski 2009; Durlić 2017). The first known written record was noted by a writer and linguist Vuk Stefanović Karadžić in 1826, within the list of monasteries in the Zapadna Morava River gorge, one of which is situated next to the Turčinovac Cave. The same year, Joakim Vujić mentioned the entrances to a few caves in eastern Serbia, stating that the local population described them as “horrifying” and “fearful” (these travel notes were published much later, in 1901 and 1902).

Several foreign travellers included the information of caves into their travel records. The first was a Prussian officer Otto Ferdinand von Pirch (1830), who included also the social aspects and utilization of caves by the local population (e.g. during the winter, shepherds lodged the goats in caves; monks from Ravanica monastery went with torches into the cave Ravanička Pećina for 3-4 hours; etc). French/Austrian geologist Ami Boué (1840, 1891), apart from visiting almost the same areas as Pirch, also conducted the first measurement of cave temperature, in the ice cave Ledenica on Mt. Rtanj. He made a step further, by noticing the dolines on plateaus and relating them to the precipitation seepage through the fissures in limestone, occasionally causing collapses and shaft formation.

Among all foreign travellers in the karst of Serbia during the 19th century, it was Felix Kanitz who did the largest amount of work during more than 30 years – from 1856 to 1899 (Kanitz, 1909). He observed both natural and social characteristics, making wise comparisons and problem-solving conclusions in karst areas, related both to surface relief and to caves. In the Prekonoška Pećina Cave, he reached the final passages using the rope, and compared the speleothems (“decorations”) with those that he saw in Adelsberg (Postojna).

Apart from the foreign travellers, significant observations related to karst and caves were made by Serbian intellectuals of that time, particularly Milan Đ. Milićević (1876) and Vladimir Karić (1887). Apart from describing several most important caves (Prekonoška, Petnička, Zlotska), Milićević wrote about surface processes in wider surroundings of Rtanj Mt, reporting that the local people are aware of the dissolution and subsidence processes within the dolines, even saying in a humorous way that, “since Rtanj is dissolving, it may finally become just an ordinary hill”. Another point of Milićević’s interest was the functioning of the Mlava River spring (“muddy after heavy rains on Beljanica Mt.”), as well as intermittent springs in Petnica and Kučevo (Potajnica). Geographer Vladimir Karić, who was the teacher of Jovan Cvijić, published the monograph “Serbia” (1887), in which he provided rather detailed description of speleothems in Prekonoška Pećina Cave, using the term “*kapnik*”, which is regularly used in Slovenian language. The book includes the geological chapter written by Jovan Žujović, explaining the basic principles of groundwater circulation in limestones.

All the mentioned publications, presented with more details by Čalić (2007), represent an introduction to the new era of karst research, which started with *Das Karstphänomen* (Cvijić 1893).



Fig. 1: Entrance to the Dubočka Pećina Cave (sketch by Vladimir Karić, 1887)

After *The Karst*

The beginning of this period is characterized by continuation of Cvijić's activities, through exploration, publications and education (Cvijić 1925), till the end of his life in 1927. His students carried on with karst research and teaching (Borivoje Ž. Milojević, Sima Milojević, Mihajlo Radovanović).

After the WW2, the enrichment of karst thematic knowledge is developing and improving in numbers of people involved, as well as in the variety of scopes. The focus is not on individuals, but on the teams of institutions and organizations. The knowledge is obtained through all three types of education: *formal* (schools, universities – structured program based on legal acts and regulations), *non-formal* (seminars, courses, trainings – structured, but out of the formal system) and *informal* (public media, everyday communication, optional acquisition of knowledge – unstructured).

One of the most significant activities of that kind is the global initiative of the International Speleological Union (UIS): the International Year of Caves and Karst (IYCK 2021/2022). Under the motto *Explore, Understand, Protect*, the initiative has the main aim – to teach the world about karst (see iyck2021.org). Cavers and karst scientists from more than 50 member countries of the UIS choose the best ways to spread the knowledge on significance of karst to their local communities and higher-level official institutions.

Reaching the largest audience possible, the initiative for promotion and protection of caves and karst is thriving to the best possible effects and results.



Fig. 2: Educational brochure available at

[Publikacija "Međunarodna godina pećina i krasa - Srbija" \(geomorfologija.org.rs\)](http://geomorfologija.org.rs)

References

- Boué, A. (1840). La Turquie d'Europe. Paris.
- Boué, A. (1891). Geološka skica evropske Turske (In Serbian; Geological sketch of European Turkey). Translation from French by Jovan Cvijić and Jovan Žujović. Annales géologiques de la péninsule Balkanique, vol. III, Belgrade.
- Ćalić, J. (2007). Karst Research in Serbia before the Time of Jovan Cvijić. Acta Carsologica, 36(2). <https://doi.org/10.3986/ac.v36i2.200>
- Cvijić, J. (1887). Prilog geografskoj terminologiji našoj (In Serbian; Contribution to our geographical terminology). Prosvetni glasnik, Decembar 1887 (p.903-916) – Januar 1888 (p.18-21); Beograd.
- Cvijić, J. (1889). Ka poznavanju krša Istočne Srbije (In Serbian; Towards the notion of karst of Eastern Serbia). Prosvetni glasnik, Januar p.1-18, Februar p.62-73, Mart p.131-139; Beograd
- Cvijić, J. (1893). Das Karstphänomen. Versuch einer morphologischen Monographie. Geographische Abhandlungen, Bd. V. Heft. 3, p.1-114, Wien
- Cvijić, J. (1925). Uputstva za istraživanje pećina (in Serbian: Instructions for cave exploration). Bulletin of the Geographic Society, 11, 102
- Durlić, P.E. (2017). Čudesni svet kamene kapije (in Serbian: Miracle of the stone arch). Manuscript (Odlomak iz rukopisa), Muzej u Majdanpeku (<http://www.paundurlic.com/radovi/prerast.htm>)



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



- Jojić-Pavlovski, J. (2009). Čuda vlaške magije (In Serbian: Miracles of Vallachian magic). 1-165 p. Prometej, Novi Sad.
- Kanitz, F. (1909). Das Königreich Serbien und Das Serbenvolk, von der Römerzeit bis zur Gegenwart. Zweiter band, Land und Bevölkerung. Verlag von Bernh. Meyer, Leipzig (Serbian translation: Feliks Kanic: Srbija. Zemlja i stanovništvo – od rimskog doba do kraja XIX veka. Druga knjiga. Srpska književna zadruga & IRO Rad, Beograd 1985)
- Karadžić, V. (1826). Početak opisanija srpski namastira (In Serbian; Start of descriptions of Serbian monasteries). Danica, 1-40.
<http://digital.bms.rs/ebiblioteka/pageFlip/reader/index.php?>
- Karić, V. (1887). Srbija. Opis zemlje, naroda i države (In Serbian; Serbia. Description of land, people and the state). Kraljevsko-srpska državna štamparija, p. 935, Beograd
- Milićević, M.Đ. (1876). Kneževina Srbija (In Serbian; Principality of Serbia). Državna štamparija, Beograd
- Pirch, O. F. (1830). Reise in Serbien in Spaetherbst 1829.- Berlin bei Ferdinand Dümmler, p. 8+276+2, Berlin. (Serbian translation: Pirh, Oto Dubislav plem.: Putovanje po Srbiji u godini 1829. Srpski prevod Dragiše J. Mijuškovića. Srpska kraljevska akademija, p. VI+247, Beograd 1899)
- Vujić, J. (1901). Putešestvije po Srbiji I (In Serbian; Travels through Serbia). Srpska književna zadruga, Beograd
- Vujić, J. (1902). Putešestvije po Srbiji II (In Serbian; Travels through Serbia). Srpska književna zadruga, Beograd
- Žujović, J. (1889). Osnovi za geologiju Kraljevine Srbije (In Serbian; Basics for the geology of the Kingdom of Serbia). Annales géologiques de la péninsule Balkanique, vol. I, Beograd



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



RECENT RESEARCH ON PALAEOLITHIC CAVE SITES IN SERBIA

**НОВИЈА ИСТРАЖИВАЊА ПАЛЕОЛИТСКИХ ПЕЋИНСКИХ
ЛОКАЛИТЕТА У СРБИЈИ**

Dušan Mihailović¹

¹University of Belgrade – Faculty of Philosophy, Serbia, e-mail: dmihailo@f.bg.ac.rs

Many Paleolithic cave sites have been recorded and explored in Serbia during the last 20 years. Although the research conducted at Velika and Mala Balanica caves in Sićevo, Pešturina Cave near Niš, and Šalitrena Cave near Mionica certainly provided the most important current insights into the Palaeolithic of Serbia, other cave sites in western (Hadži Prodanova Cave near Ivanjica) and eastern Serbia (Velika pećina near Žagubica, Baranica near Knjaževac, Kozja and Mala pećina near Majdanpek) have also yielded significant findings. These sites provided an almost continuous record of the earliest prehistory of the Central Balkans – from more than 400 ka ago (Mala Balanica) to about 15 ka ago (Pećina kod stene in the Jelašnica Gorge). The central part of the Balkan Peninsula is revealed as a key area for understanding cultural changes and population movements in the Palaeolithic of Central and Southeastern Europe and Southwest Asia.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



BOOK OVERVIEW: “THE LANDS OF KARST: A VISUAL STORY”

ПРИКАЗ КЊИГЕ “ЗЕМЉЕ КАРСТА: ПРИЧА У СЛИКАМА”

Neven Kresic¹

¹ Senior Consultant, Geosyntec Consultants, Washington DC, USA, e-mail:
nkresic@geosyntec.com

Сажетак: Књига “*The Lands of Karst: A Visual Story*” је издата поводом међународне године пећина и карста чији су покровитељи разне међународне и националне организације. Уредници књиге, Невен Крешић и Зоран Стевановић, позвали су колеге и све остале заљубљенике карста, спелеологије и сродних природних наука, као и аматерске и професионалне фотографе широм земаља бивше Југославије да се укључе у заједнички пројекат и пошаљу своје омиљене фотографије. Више од 70 аутора из Србије, Словеније, Хрватске, Босне и Херцеговине, Црне Горе и Северне Македоније одазвало се позиву и њихове колор фотографије груписане су у 10 тематских поглавља: (1) Отац модерне карстологије (омаж Јовану Цвијићу); (2) Дивље планине, бучне реке, мирна језера, море; (3) Кречњачки зидови; (4) Рапаве површине; (5) Фонтане живота; (6) Прозори у непознато; (7) Магичне дворане; (8) Подземне креатуре; (9) Природне средине и угрожене животне врсте; (10) Људски становници карста, у прошлости и садашњости. На крају књиге дати су линкови за корисне *web* странице о карсту, националним парковима и споменицима природе где је заступљен карст и разним институцијама које се баве карстом из различитих аспеката, из свих шест земаља карста. Електронска верзија књиге у пуној резолуцији и колору доступна је свима за бесплатно скидање на *web* страници Центра за хидрогеологију карста Рударско-геолошког факултета: <http://www.karst.edu.rs/>

Key words: karst, caves, karst relief, springs

Кључне речи: карст, пећине, карстни рељеф, извори

Introduction

The idea for this book came spontaneously after year 2021 was announced as *The International Year of Caves and Karst*. The authors Neven Kresic and Zoran Stevanović decided to contribute to this celebration by sharing with the world a fascinating visual story from where they grew up, where they were formed professionally, and from where the very word *karst* originated. They reached out to colleagues and asked them to contribute their favorite photographs for this story and spread the word beyond the karst community. The positive response was overwhelming, and from people who all grew up in, and learned to appreciate the many wonders that The Lands of Karst—Slovenia, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Serbia, Montenegro, and North Macedonia have to offer. The book is prepared sticking to the widely accepted wisdom that “A picture is worth a thousand words”. The narrative for individual chapters is quite short, acting as a “glue” loosely holding together the photographs that follow. More than 70 contributors were asked to

provide their own captions with no word limits. Consequently, the descriptions vary in length; some felt like sharing more with the reader, and some let their photographs speak for themselves.

Book Chapters

The book is divided into ten chapters covering all aspects of karst geomorphology, geology, hydrogeology, speleology, biology or wildlife above and below karst surface, archaeology, and modern life including engineering structures in karst: (1) Father of Modern Karstology (tribute to Jovan Cvijić); (2) Wild Mountains, Noisy Rivers, Silent Lakes, the Sea; (3) Limestone Walls; (4) Rough Surfaces; (5) Fountains of Life; (6) Windows to Unknown; (7) Magic Chambers; (8) Underground Life; (9) Wildlife Habitats and Endangered Species; (10) Humans in Karst, Past and Present. Web resources with useful links to various organizations and institutions, including national parks and national monuments with karst, are provided at the end of the book for all six lands of karst.



Fig. 1. *Left:* Jovan Cvijić (sitting in the middle) and his research team. *Right:* Areas with fully developed karst in The Lands of Karst



Fig. 2. *Left:* Sinkhole lakes near Imotski, Herzegovina (Branimir Jukić) *Right:* Ovčiji brod bridge on Zalomka River, Herzegovina (Natalija Samardžić)



Fig 3. *Left*: The Saddle, Durmitor Mountain, Montenegro (Srdjan Marinčić). *Right*: Uvac River canyon, Serbia (Saša Preradović).



Fig. 4. *Left*: Arnautovac near Tomislavgrad, Herzegovina (Vinko Ljubas). *Right*: Paklenica National Park, Croatia (Dražen Perica)



Fig. 5. *Left*: Krupaja Spring, Serbia (Ljiljana Vasić). *Right* : Sopot Spring, Montenegro (Saša Milanović)



Fig. 6 *Left*: Jama Munižaba, Croatia (Dinko Stopić). *Right*: Škocjan Caves, Slovenia (Borut Lozej)

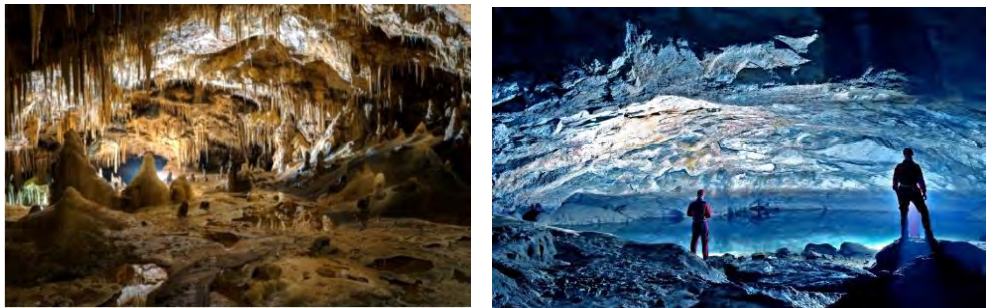


Fig. 7. *Left*: Vladikine ploče cave, Serbia (Martin Ristić & Ivan Savić). *Right*: Tounjčica Cave, Croatia (Mladen Garašić)



Fig 8. *Left*: Momiček Cave, N. Macedonia (S.C. Peoni, Skopje). *Right*: Bogovina Cave, Serbia (Jelena Čalić)

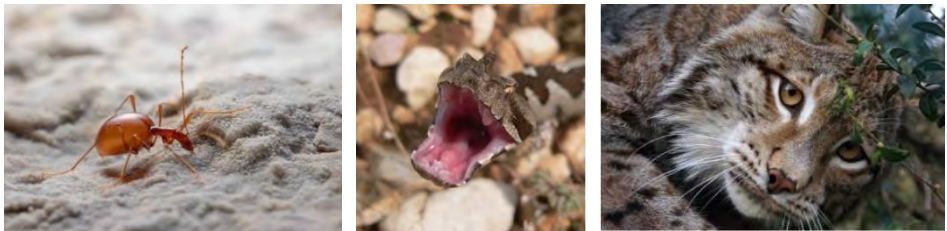


Fig. 9 *Left*: *Laptodirus hochenwartii* Schmidt (Teo Delić). *Middle*: *Vipera ammodytes* (Ana Paunović). *Right*: *Lynx lynx balcanicus* (Dragan Bosnić).



Fig. 10. *Left*: *Ramonda serbica* Pančić (Marjan Niketić). *Middle*: Archaeological excavation in Mala Balanica cave, Serbia (Ljubica Stajić). *Right*: Speleo-kindergarden (Predrag Stošić).



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



Thematic session dedicated to memory of Prof. Borivoje Mijatović:

**RESEARCH, UTILIZATION AND PROTECTION OF GEODIVERSITY AND
WATER RESOURCES IN KARST**

Тематска сесија посвећена успомени на проф. Боривоја Мијатовића:

**ИСТРАЖИВАЊЕ, КОРИШЋЕЊЕ И ЗАШТИТА ГЕОДИВЕРЗИТЕТА
И ВОДНИХ РЕСУРСА У КАРСТУ**



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



CAPTURE OF WATER FROM KARST CHANNELS

КАПТИРАЊЕ ВОДЕ ИЗ КАРСТНИХ КАНАЛА

Петар Милановић¹

¹ President of the National Committee of IAH for Serbia, e-mail: petar.mi@eunet.rs

Abstract. Some very specific approaches and techniques have been applied in the case of tapping of underground water in karstified rock masses. Direct extraction from springs has been used since ancient times. Beside construction of commonly applied tapping structures, from the spring outlet, the frequently used approach is extraction of groundwater directly from karst channel. For many reasons this approach is much more acceptable. Successfully located tapping well or gallery make it possible to extract more water directly from channel than is minimum of the natural spring discharge. The specific yield of wells in a dry period is higher than corresponding spring discharge because of possibility the static aquifer reserves extraction. Water quality is better and temperature is constant. From an environmental and landscape point of view, the spring zone is not disturbed. However, very serious investigations are needed. One of key problems is definition of space position of karst channel. At some cases cave divers are needed to select proper locations for wells. If spring zone is submerged by reservoir appears problem of water quality deterioration. At article are presented some selected examples.

Key words: tapping structure, karst channel, karst aquifer, karst spring, water quality
Кључне речи: водозахват, карстни канал, карстна издан, врело, квалитет воде

Примери каптирања воде из карстних канала

Карст у целини, а поготово карст Динарида, има карактеристике природног екстрема и има карактеристике негостољубивог животног простора. Поред низа параметара који га тако карактеришу најзначајнији је свакако сиромашво питком водом, што је парадокс у односу на често велике, а нагде, чак и енормне падавине. Проблем воде, чак и за најелементарније животне потребе је стално присутан. А у тим случајевима се није мислило на заштиту, о томе се бринула природа. Често су пећине и јаме са сифонским излазним каналом биле једина места на којима се у сушном периоду могло доћи до воде. То је био случај на више локалитета у карсту Динарида. У бројним случајевима било да се ради о повременим изворима или еставелама уређени су приступи до минималног нивоа природног акумулационог простора који се формира у делу карстног канала у облику обрнутог сифона (Слика 1).

Одавно је уочено да тунели омогућују приступ водоносним карстним каналима и приступ значајнијим количинама воде од оне која може да се захвати на месту где она извире. Такође је уочено да што је захват удаљенији од места истицања проблеми са квалитетом су мањи. Тако је ~ 700 година пре нове ере у Јерусалиму, урађен *Siloam* тунел, дужине 533 m. То је један од најстаријих инжењерских захвата са циљем

каптирања карстног извора *Gihon*, који се помиње и у Библији (Frumkin & Shirmon, 2006). Излазни канал извора *Atashkadeh (Firuzabad, Iran)* је каптиран са 17 m дубоком циркуларним цилиндричним шахтом са хоризонталним дренажним дреновима на дну („*ghanats*“), у подручју карстног тока. То је урађено у периоду царства *Sasanida* (229 година п.н.е.). За водоснабдевање Трста (Италија) урађене су 1898 и 1911 две галерије дужина 650 m и 250 m ради каптирања великог карстног извора *Timavo (Galli, 1999)*.

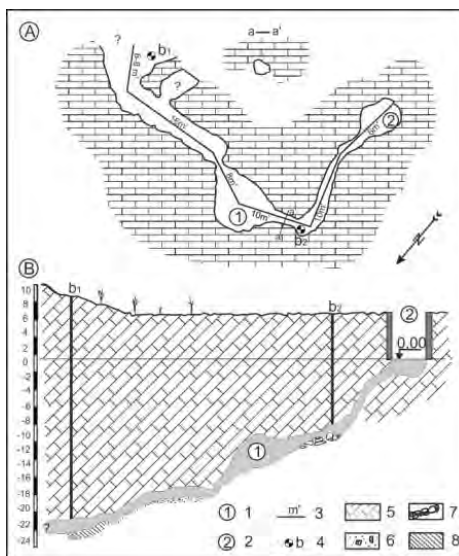


Слика 1. Јаме са водом у Мокром пољу код Требиња

Галерије су коришћене и за каптирање карстних извора *Lez*, за водоснабдевање Монтпељеа у Француској, Звир за водоснабдевање Ријеке и на бројним другим локацијама у карсту.

Бројни воклишки извори од Буне у долини Неретве до Котора истражени су ронилачки а неки од њих и каптирани. Улога спелео-ронилаца је била пресудна код каптирања извора Опачице код Херцег Новог (Слика 2) и извора Јаме код Удбине између Невесињског и Лукавачког поља.

Са оригиналним решењима захватања вода предњаче кинески хидрогеолози. На слици 3 приказана су две могућности каптирања директно из карстног канала са великим осцилацијама воде. У једном случају ради се о вертикалном карстном каналу у коме је пумпа смештена на сплаву и креће се вертикално како осцилује вода. Прикључци за транспорт воде према кориснику налазе се на сваких пар метара. У другом случају дуж карстног канала постављене су шине дуж којих се помера пумпа пратећи ниво воде. Дуж зида канала налази се одводна цев са честим прикључцима. Обзиром на начин каптирања квалитет воде је био доста упитан па се ова вода користила углавном за наводњавање.



Слика 2. Каптажа извора Опачица код Херцег Новог. Б. Паљетак 1969

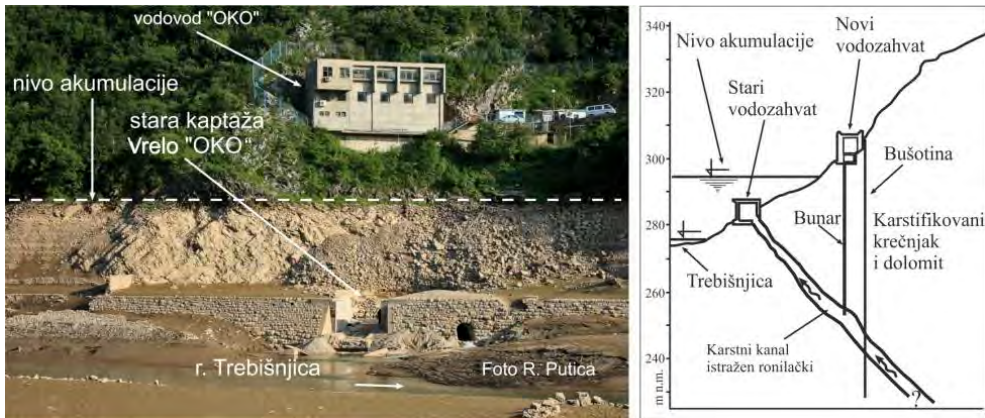


Слика 3. Кина. Покретна каптажа која прати осцилације воде у карстном каналу

Посебан проблем представља потапање великих карстних извора са вештачким акумулацијама. У већини случајева ови извори се користе за воснабдевање. Тако су, након изградње бране Гранчарево, извори Требишњице код Билеће потопљени стубом воде од 75 метара; извор *Dumanli* у Турској је потопљен са акумулацијом Оимапинар са 120 m; извор *Neraida* у Грчкој са акумулацијом *Polifiton* са 40 m; извор Пивско око (Сињац) је потопљено са акумулацијом Пива 70 m; извори Раме су потопљени са воденим стубом 40 и 60 m; извор *Yarg* у акумулацији *Salman Farsi* у Ирану потопљен је са 27 m воденог стуба; врело Око код Требиња потопљено је акумулацијом Горица са 17 m, а карстни извор *Bel* у Ирану је потопљен, са изградњом бране *Darijan*на реци *Sirvan* стубом воде 128 метара.

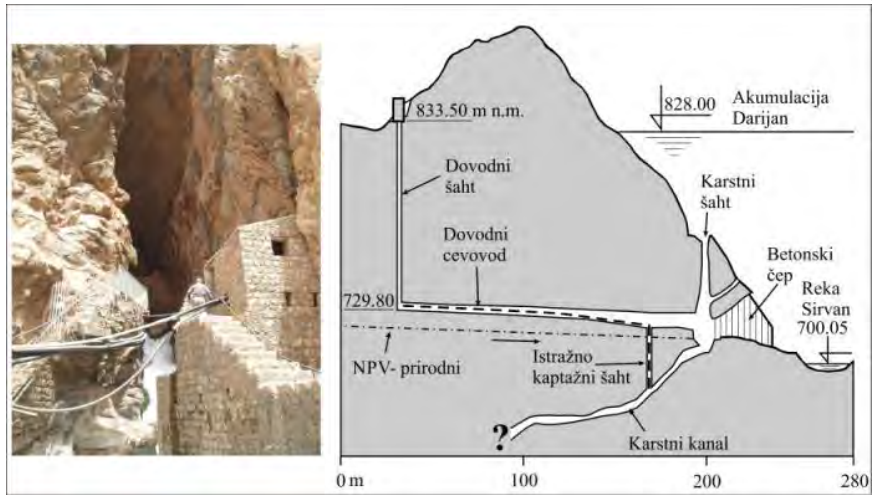
Посебно су интересантни извори Око и *Bel* јер су каптирани на самом извору али су, због потапања извора, морали да буду измештени и рекаптирани. У оба случаја вода се сада црпи директно из карстног канала у залеђу извора.

За потребе водоснабдевања Требиња врело Око је каптирано 1899 (Milanović 2004). Његова издашност се креће од 0,5 до 25 m³/s. Са изградњом бране Горица (1963) врело је потопљено 17 метара воденог стуба. На слици 4 су приказани положаји старог (фотографија) и постојећег водозахвата. Да би се одабрала нова локација обављени су обимни истражни радови који укључују геолошко картирање, истражно бушење, геофизичка истраживања. Са више бушотина утврђен је положај сифонског канала на дубини око 50 m висине око 2 m и ширине око 9 m. Избушен је бунар и спуштена пумпа са водопријемним делом у каналу. Није познато до које дубине се спушта канал. Пошто је слив (Бијела гора) практично без могућих загађивача утицај на квалитет воде је могућ једино из правца акумулације. Досадашње искуство је показало да се проблем са квалитетом воде јавља у периоду када након потпуног пражњења акумулације (због ремонта на брани Горица) почне њено нагло пуњење.



Слика 4. Врело Око у време празне акумулације и упрошћени пресек

Воде извора *Bel* у Ирану су користили бројни конзументи као воду за пиће и наводњавање укључујући и две мање фабрике за флаширање воде. Максимална издашност не прелази 6 m³/s док у сушном периоду спадне на 0,2 m³/s. Са изградњом бране *Darijan* извор је потопљен са 128 m воденог стуба. Пошто је претила опасност да вода из акумулације знатно угрози квалитет воде урађен је захват који треба да спречи директан продор воде из акумулације у главни карстни канала извора. Узлазни део карстног канала су снимили рониоци. Излазни отвор карстног канала је пломбиран са масивним бетонским чепом (Слика 5). Сада се вода захвата у узлазном делу карстног канала на месту где је он цца 20 метара нижи од дна реке *Сирван*. Даље се вода транспортује галеријом која се налази изнад природног нивоа подземне воде и кроз вертикални шахт пумпа на коту 833,50 m.n.m.



Слика 5. Извор Bel, Иран. Заштита извора у условима потопљености акумулацијом Darijan

Проблем заштите вода у карсту постаје актуелнији изградњом већих водовода. Када је за потребе Дуровника каптирано више карстних врела а вода, покривеним каналом дужине 11km, доведена до познате Онофријевој чесме (1443) донет је закон којим се штити њен квалитет и квантитет. По том закону онај чијом кривицом дође до оштећена канала или ко загади воду кажњава се високом новчаном казном (што је била вредност полугодишње плате мајстора који одржава канал), а онај ко намерно оштети водовод кажњава се одузимањем десне руке. Касније, 1836 донет је закон по коме је забрањено вађење камена на удаљености 132 метра од извора, а минирање на удаљености 380 m. Формирана је група од три дубровачка племића која је бринула о стриктном спровођењу закона и сталној оперативности система (Beretić, 1963).

Literatura

- Beretić, L. 1963. Dubrovački vodovod. Dubrovnik
- Паљетак, Б. 1969. Извештај о ронилачким истражним радовима извора Опачица, поред Херцег Новог Рад није публикован.
- Frumkin, A. and Shirmon, A. 2006. Tunnel engineering in the Iron Age: geoArcheological Science 33: 227/237
- Galli, M. 1999. Timavo, Esplozione e studi. Suplemento no. 23 di Atti e Memorie della Commissione Grote Eugenio Boeagan, Trieste
- Milanović, P. 2004. Water Resources Engineering in Karst. CRC Press. Boca Raton, Florida.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**A CONTRIBUTION TO THE TRANSFORMATION OF OPAČICA
SPRING (HERCEG NOVI MUNICIPALITY) INTO A MODERN WATER
SUPPLY SOURCE**

**ДОПРИНОС ТРАНСФОРМАЦИЈИ ВРЕЛА ОПАЧИЦА (ОПШТИНА
ХЕРЦЕГ НОВИ) У САВРЕМЕНИ ВОДОВОДНИ СИСТЕМ**

Zoran Nikić¹, Olivera Doklešić², Vaso Mrvaljević³, & Nenad Marić¹

¹University of Belgrade, Faculty of Forestry, Kneza Višeslava 1, Belgrade, Serbia

²Water Supply and Sanitation Corp., Herceg Novi, Montenegro

³Quince M Pro, Belgrade, Serbia

Сажетак: Карстно врело Опачица налази се у Кутском пољу, општина Херцег Нови. У функцији је јавног водоснабдевања становништва од шездесетих година прошлог века. Воде врела истичу из изворске пећине чија ката прелива је на око 7 m n.m., а налази се на око 1,3 km од линије обале мора. Врело је асцедентно, контактано, са максималном издашношћу до 3-4 m³/s. Карстна издан која се дренира преко врела формирана је у карстификованим и испуцалим масивним кречњацима горње креде у оквиру геотектонске јединице Будва-Цукали зона. У непосредној близини врела, на водоизворишту Опачица, до сада је урађено седам бушених бунара дубине од 19,5 m до 35 m, од којих су у четири уграђене потапајуће пумпе. Садашње стање коришћења вода је само током летњег периода када се у зависности од потреба може црпити до 160 l/s. Током периода црпења потпуно престаје истицање вода из врела, а због црпења долази до обарања нивоа подземних вода до око 18 m од површине терена, односно око 8-9 m испод нивоа мора, при чему су пећински канали у дубљим нивоима са водом и није регистровано заслађивање изданских вода.

Key words: karst, spring, groundwater, public water supply, Опаџица, Montenegro

Кључне речи: карст, извор, подземна вода, јавно водоснабдевање, Опачица, Црна Гора

Introduction

A pumping station of Q=50-55 l/s was built back in 1964 at Opačica Spring to create a public water supply source for Herceg Novi Municipality in Montenegro. As the water demand grew over time, pumping wells were drilled in 1972 and the capacity of the pumping station increased to 100-120 l/s. At present, there are seven drilled wells in the immediate vicinity of the spring. They are 19.5 m to 35 m deep and four have been outfitted with submersible pumps. These four wells are pumped only during the summer months, at a rate of up to 160 l/s, depending on the water demand. As a result, the water table is lowered to about 18 m from the land surface and 8-9 m below sea level. Pumping during the recession period additionally decreases the spring water level, down to the elevation of the well pumps. The deeper parts of the cave conduits remain filled with water and no seawater intrusion has been registered. For practical reasons and the small drilling depth to



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



ensure safe entry of the borehole directly into the karst aquifer, the wells are in the immediate vicinity of the spring, above the cave conduit that delivers water to the spring. As a result of this approach, the wells are spaced only a few meters apart.

Subject of investigations

Opačica spring and the water supply source of the same name are located in Kutsko Polje, adjacent to the town of Zelenika, Herceg Novi Municipality. Kutsko Polje is an attractive geomorphological feature resembling a spacious amphitheater, surrounded by steep mountains whose peaks are at elevations of up to 890 m. The terrain is flat and slightly rolling, open only towards the sea. The elevation of the flat land is from 6 m to 20 m, with alluvial and proluvial formations of variable thicknesses of up to about 20 m (Glavatović et al. 1995). Opačica Spring is on the eastern edge of Kutsko Polje, 1.3 km from the coastline. Its overflow elevation is at about 7 m. A specific feature of the spring is that despite the proximity of the sea, it is the only seaside spring in the Bay of Kotor, and beyond, which does not experience seawater intrusion in the summer months (Bešić, 1969).

Characteristics of Opačica Spring

Opačica is a karst spring with an intricate system of cave conduits that after the point of discharge continue to the east. There is constant groundwater flow in the conduits, formed in karstified Upper Cretaceous limestones, along a contact with impermeable blocks of Lower Cretaceous limestone and flysch. The karst aquifer drained by the spring is formed in massive karstified and fractured Upper Cretaceous limestones, which build the eastern edge and in a small part the western fringe of Kutsko Polje (Antonijević et al. 1973). Groundwater circulation close to the surface and down to a depth of several hundred meters is generally vertical, except in the saturated zone of the aquifer, where it is predominantly horizontal, with a relatively high flow velocity. Groundwater is accumulated in the deepest reaches. Towards the south, or the sea, the karst aquifer is bounded by an underlying lateral hydrogeological barrier composed of impermeable thin layers and blocs of Lower Cretaceous limestone and flysch (Radulović and Radulović, 1977).

Due to this hydrogeologic framework and spatial position relative to the Upper Cretaceous water-bearing limestones, the flysch formations cause drainage via Opačica Spring and prevent mixing of groundwater and seawater. Opačica Spring and Opačica water supply source are located within the Budva-Cukali geotectonic zone, separated from the Parautochton by impermeable flysch sediments that prevent saltwater intrusion into the water supply source (Bešić, 1969). The multiyear average precipitation in this area is 1900 mm. The karst aquifer is recharged by precipitation and intermittent sinking streams in the mountains that are located along the edges of Kutsko Polje and beyond. There is a significant difference between the topographic and hydrogeological catchment area of Opačica Spring.



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Under natural conditions, the maximum discharge of Opačica Spring is 3-4 m³/s, with no flow during the summer months. The spring is of the ascending, siphonal and contact type. Depending on the time of year and hydrogeological circumstances, over a length of 20-25 m of the stream flowing out of the spring pool there are several occurrences of diffuse discharge along the left bank and the bottom of the major channel of the stream (Nikić, 2022). The pH level of the spring water ranges from 7.1 to 7.9 and the temperature from 12.5°C to 18.0°C. A slight turbidity of the water has been noted after heavy rainfall in the catchment area. However, in recent years there has been a permanent microbial load of fecal origin (Grubač, 2020).

Condition of the water supply source from a hydrogeological perspective

The waters of Opačica Spring are a natural treasure in Herceg Novi Municipality, whose value and significance can only increase in the foreseeable future. Opačica Spring is the heart of the Opačica water supply source. The current condition of the source and human activity in the catchment constitute major issues. The way this water resource has been treated and the circumstances in the catchment area are such that the public water supply function can easily be lost. Following is an overview of some of the problems (Nikić, 2022):

- Within and along the edges of Kutsko Polje, upstream from Opačica Spring, there are several settlements comprised of private houses, rural properties, and a few small businesses. About 500 of the households and businesses are not connected to a sewer system to receive and evacuate wastewater. Each household has a septic tank for wastewater disposal. Most of these septic tanks are permeable, of the infiltration type, dug in alluvial and proluvial sediments which in Kutsko Polje overlie limestones. The same applies to the edges of Kutsko Polje and higher elevations, where septic tanks have been dug in karstified and fractured Upper Cretaceous limestones.
- There is a paved road, from Zelenika to Kuti, which runs between the pumping wells of the water supply system (1st sanitary protection zone). There are three wells on one side of the road and four on the other, with two pumped wells used for the public water supply on each side. The paved road has no drainage features, so that rain is infiltrated into the ground along the edges of the road. For example, at 0.7 m from the edge of the road there is a shaft with a drilled well that taps the karst aquifer through a cave conduit.
- Below the paved road that runs between the pumped wells (1st sanitary protection zone), there is a large-diameter sewer that collects wastewater from the surrounding buildings. It is part of the wastewater evacuation system, but it has not yet been connected to the main sewer.
- There is a relatively old pumping station directly above the spring and its transformer station is located close to the edge of the spring pool.

However, dry season pumping suggests that Opačica Spring could benefit from karst spring regulation based on modern water resource management approaches. Modern management of the Opačica water resource would involve sustainable use of groundwater intended for



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



the public water supply. This means protection and conservation of water quality and quantity, possibility of redistribution of the water resource during the year, and planned development of the water supply source to respond to increasing urbanization of the catchment area.

To properly understand the importance and value of water for public water supply, the following needs to be taken into account: quality water is not available everywhere, it is a resource that needs to be budgeted because of decreasing water resources that are readily available.

Conclusion

The karstified and fractured Upper Cretaceous limestones in the extended area of the Opačica water supply source are able to accommodate surface runoff, to transport and store water in the deeper reaches, and to sustain a thick karst aquifer in the deepest limestone formations. Under natural conditions, the aquifer is drained by Opačica Spring on the edge of Kutsko Polje, which has been part of the public water supply system since the 1960's. The discharge capacity of the spring is high, the water quality is still relatively good, there is no seawater intrusion into the aquifer, it is possible to redistribute the water resource by pumping water from the aquifer, and the location is good for economical public water supply. However, despite the numerous advantages, many of the important hydrogeological elements needed for proper and modern management of a water supply source remain unknown. One of the possible reasons is that the hydrogeological system of Opačica Spring in karst is highly complex. The first step of Herceg Novi Municipality in the right direction, to adequately treat this water resource and transform it into a modern public water supply source, would be to establish and implement a monitoring program for Opačica Spring and Opačica water supply source.

References

- Antonijević R, Pavić A, Karović J, Dimitrijević M, Radoičić R, Pejović D, Pantić S, Roksandić M, 1973: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 list Kotor K 34-50 i Tumač OGK 1:100 000 za listove Kotor i Budva. Savezni geološki zavod, Beograd, str. 64.
- Bešić Z, 1969: Geologija Crne Gore – karst Crne Gore, knjiga 2. Zavod za geološka istraživanja Crne Gore, Titograd, str. 304.
- Glavatović B, Radulović M, Šupić V, Gošević D, 1995: Izveštaj o rezultatima geofizičkih ispitivanja Kućanskog polja – Herceg Novi sa predlogom istražnih radova. Hidroinženjering, Podgorica.
- Grubač D, 2020: Studija za određivanje zona sanitarne zaštite vodoizvorišta Opačica. Vodovod i kanalizacija d.o.o, Herceg Novi.
- Nikić Z, 2022: Program merenja i registrovanja (monitoring) voda izvorišta Opačica, Kutsko polje – opština Herceg Novi. GeoInženjering BGP, Beograd.
- Radulović V, Radulović M, 1997: Karst Crne Gore. U monografija: 100 godina hidrogeologije u Jugoslaviji. Univerzitet u Beogradu Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, str. 147-186.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**MAPPING OF FLOODED KARST AREAS AND BASIC
MORPHOMETRIC CALCULATION USING SENTINEL-1 SATELLITE
IMAGES AND EU-DEM MODEL - CASE STUDY FROM 2019 IN
BROĆANAC AND SRNI DO (NIKŠIĆ, MONTENEGRO)**

**КАРТИРАЊЕ ПОПЛАВЉЕНИХ КАРСТНИХ ПОДРУЧЈА И
ОСНОВНИ МОРФОМЕТРИЈСКИ ПРОРАЧУН УЗ КОРИШЋЕЊЕ
САТЕЛИТСКИХ СНИМАКА СЕНТИНЕЛ-1 И ЕУ-ДЕМ МОДЕЛА -
СТУДИЈА СЛУЧАЈА ИЗ 2019. У БРОЋАНЦУ И СРНОМ ДОЛУ
(НИКШИЋ, ЦРНА ГОРА)**

Gojko Nikolić¹, Filip Vujović², Milan Vlahović³ & Vaso Mrvaljević⁴

¹University of Montenegro, Faculty of Philosophy, Department of Geography, Nikšić, Montenegro, e-mail: gojkorn@ucg.ac.me

²University of Montenegro, Faculty of Philosophy, Department of Geography, Nikšić, Montenegro, e-mail: vujovicfilip@hotmail.com

³Electric Power Company of Montenegro, Nikšić, Montenegro, e-mail: milan.vlahovic@epcg.me

⁴Ingerop MN, Podgorica, Montenegro, e-mail: vasomrvaljevic@gmail.com

Сажетак: У новембру 2019. екстремне и до сада незабиљежене падавине у западном дијелу Црне Горе узроковале су поплаве у ширем карстном подручју слива Никшићког поља, а посебно у карстним увалама Броћанцу и Срном долу. Као разлог томе ова студија има за циљ картирати поплаве у овом карстном подручју коришћењем активних сателитских снимака са радарске платформе Сентинел-1. Методолошки поступак имплементиран у студији састоји се од неколико корака обраде, гдје је најбитнији корак предобрада и постобрада улазних података, те визуелни картографски приказ добијених резултата. Након картирања поплављених подручја коришћењем EU-DEM модела обрачунати су основни морфометријски параметри: површина, запремина, максимална дубина и просјечна дубина. Добијени резултати показују да површина под водом у карстној ували Броћанац заузима 571.309 m², запремина 3.498.918 m³, максимална дубина 23 m, просјечну дубина 6.1 m. Док у карстној ували Срни до заузима површину од 253.127 m², запремину 1.762.547 m³, максималну дубину 20 m, и просјечну дубину 7 m. Иако добијени резултати имају своје предности и недостатке. Ова студија има значај, јер су по први пут добијени и израчунати морфометријски параметри о поплављеним карстним подручјима у овом дијелу слива Никшићког поља и као такви ушли у званичну базу података Електропривреде Црне Горе (ЕРСГ).

Key words: Sentinel-1, flooded karst area, EU-DEM, Nikšić polje, GIS, karst uvala

Кључне ријечи: Сентинел-1, поплављена карстна подручја, EU-DEM, Никшићко поље, GIS, карстна увала

Introduction

Flooding is a commonly occurring geo-hazard in karst terrains (Dragičević and Filipović, 2016). It causes enormous damage to property, roads, businesses, as well as other infrastructure systems. It can lead to the formation of cover-collapse sinkholes, surface water and groundwater contamination (Zhou, 2007).

Floods are associated with natural disasters that are difficult to stop and control in karst terrains (Stevanović and Milanović, 2015). However, what can be done is related to reducing damage and consequences. In that context, timely geospatial information is essential for managing and developing strategies. In order for spatial information to be timely available and processed, it is necessary to use modern geoinformatic solutions such as remote detection and geographic information systems (Milanović et al., 2020; Sabljčić and Bajić, 2021).

Study Area

In November 2019, extreme and so far unprecedented rainfall in the western part of Montenegro caused flooding in the wider karst area of Nikšić polje basin (Fig. 1), especially in the karst uvalas of Broćanac (Fig. 2a) and Srni Do (Fig. 2b).

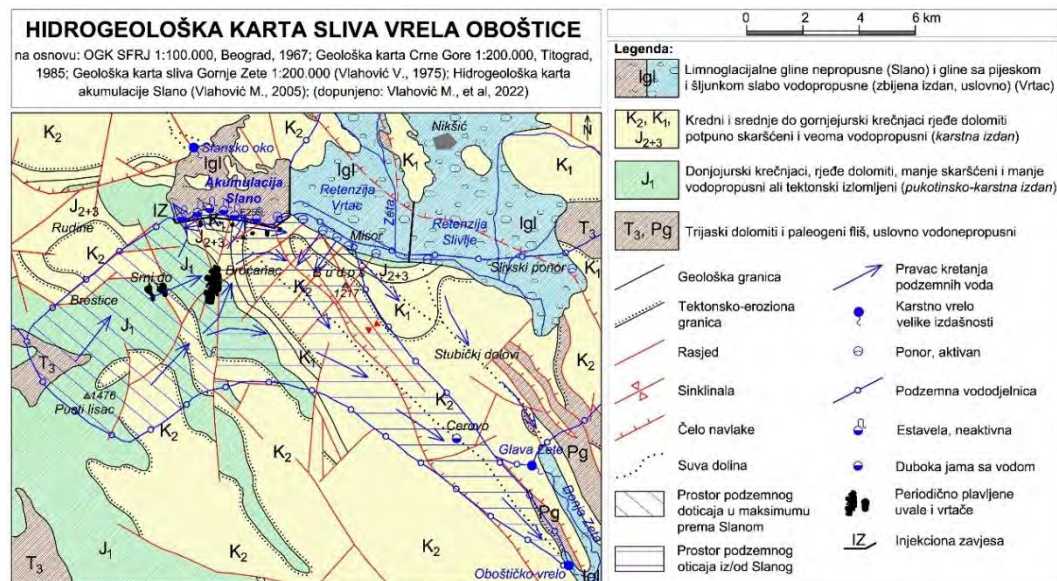


Fig. 1. Geographical position karst uvalas of Broćanac and Srni Do on hydrogeological map of wider west karst area of Nikšić polje basin

The gradients of these rainfall were highly unfavourable, as shown by their hourly data for November 4 at Krupac (Blace) - Electric Power Company of Montenegro rain gauge station: from 7 am to 5 pm, 70 l/m² fell; from 17:00 to 23:00, 51 l/m²; and from 11 pm to 7 am 181 l/m² or a total of 312.0 l/m² of rain. These quantities have not been registered 24 hours since 1925 when there is data in Electric Power Company of Montenegro (EPCM). Likewise, from November 1 to November 11, according to EPCM data, 780 l/m² fell, which has never been registered in a month.

Observed on piezometers Ps-7 and P-171, where the fluctuation of the output is most pronounced, the lifting height of the underground water level goes from extreme min 570m to an extreme max of 645m and lasts up to 22 days or 80cm/h (20m/24h). Underground water level stagnation is occurring at a similar pace.

The flooding of Broćanac and Srni Do karst uvalas, in addition to filling from the karst, was partly influenced by torrential flows over the impermeable Lower Jurassic dolomites. These rocks caused the floods to last longer (Vlahović, 2019).



Fig. 2. Photo from terrain (a) Broćanac, (b) Srni do

Materials and Methods

Flood mapping in this karst area is based on using active satellite imagery from the free and accessible to all to use Sentinel-1 radar platform distributed by the European Space Agency (ESA) in Quantum GIS (QGIS) environment. Due to their high spatial (10 m) and temporal (5 days) resolutions, the time series of Copernicus satellite images SAR Sentinel-1 (S-1) provide a great opportunity to monitor flooded areas. The methodological procedure implemented in the study consists of several processing steps, where the most crucial step is the pre-processing and post-processing of the input data and the visual cartographic display of the obtained results. After mapping the flooded areas using also free and available to all data from Digital Elevation Model over Europe (EU-DEM) model distributed by the European Environmental Agency (EEA) in GIS software Surfer, the following basic morphometric parameters were calculated: surface area, volume, maximum depth and average depth. The accuracy of EU-DEM was evaluated using different reference values such as trigonometric points, LIDAR data and NEXT map data. Therefore, the

approximate value of the squared error for the vertical accuracy of EU-DEM is about 7m (Mouratidis and Ampatzidis, 2019).

Results

The obtained results (Tab. 1) show that the area flooded in karst uvala Bročanac (Fig. 3a) occupies 571,309 m², volume 3,498,918 m³, maximum depth 23 m, average depth 6 m. While in the karst uvala Srni do (Fig. 3b) occupy an area of 253,127 m², a volume of 1,762,547 m³, a maximum depth of 20 m, and an average depth of 7 m.

Table 1. Results of basic morphometric parameters

Morphometric parameters	Bročanac	Srni do
Area	571,309 m ²	253,127 m ²
Volume	3,498,918 m ³	1,762,547 m ³
Maximum depth	23 m	20 m
Average depth	6 m	7 m

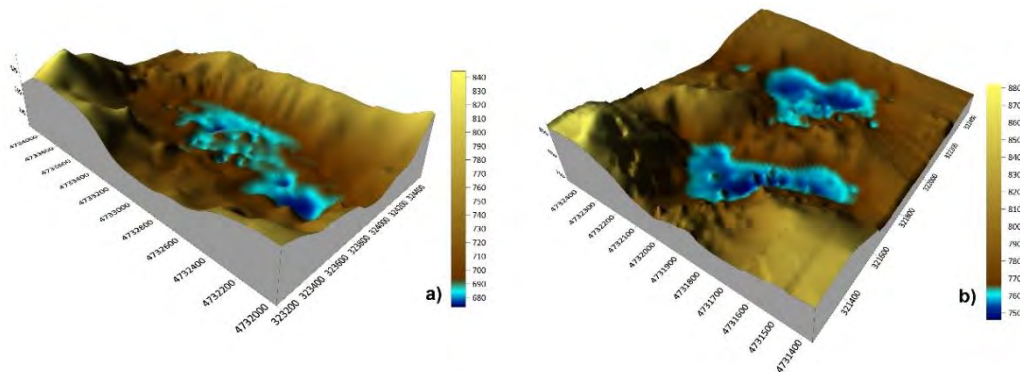


Fig. 3. Maps of flooded areas according to EU-DEM model (a) Bročanac, (b) Srni do

Discussion and Conclusion

Although measurements in the field (in situ) indeed give more relevant results, these measurements are time-consuming, expensive and cover small research areas. Thus, through modern open geospatial solutions, spatial analysis for larger areas becomes more accessible, reasonable, cost-effective and available in real-time after a natural disaster, such as a flood. However, due to open geospatial data, such estimates have shortcomings in terms of resolution and accuracy. In the end, it is essential to point out that this study is necessary because, for the first time, basic morphometric parameters of flooded karst areas in this part of Nikšić polje basin were obtained and calculated and, as such, were entered into the official database of Electric Power Company of Montenegro (EPCM).



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



References

- Dragicević S, Filipović D, 2016: Prirodni uslovi i nepogode u planiranju i zaštiti prostora – drugo dopunjeno izdanje, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Belgrade, p. 202-221.
- Milanović M, Valjarević A, Lukić T, 2020: Daljinska detekcija u životnoj sredini, Univerzitet u Beogradu - Geografski fakultet, Beograd, p. 11-51.
- Mouratidis A, Ampatzidis D, 2019: European digital elevation model validation against extensive global navigation satellite systems data and comparison with SRTM DEM and ASTER GDEM in Central Macedonia (Greece), ISPRS, 8(3), 108.
- Sabljić L, Bajić D, 2021: Mapping of flooded areas using remote sensing on the example of the Sana River, Herald, 25, 109-120.
- Stevanović Z, Milanović P, 2015: Engineering challenges in karst, Acta Carsologica, 44(3), 381-399.
- Vlahović M, 2019: Površinske akumulacije u karstu Nikšićkog polja: hidrogeološki i inženjersko - geološki aspekti, EPCG, Nikšić, p. 351.
- Zhou W, 2007: Drainage and flooding in karst terranes. Environmental Geology, 51(6), 963-973.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



THE ROLE OF ISOTOPES IN KARST GROUNDWATER PROTECTION

УЛОГА ИЗОТОПА У ЗАШТИТИ ПОДЗЕМНИХ ВОДА У КАРСТУ

Љиљана Васић¹

¹Центар за хидрогеологију карста, Департман за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Ђушина 7, Србија; ljiljana.vasic@rgf.bg.ac.rs

Extract of the manuscript: The karst environment is known as an extremely sensitive system to change in natural characteristics, and its response to disturbance is quick and, often, very drastic. The protection of groundwater in karst terrains is gaining increasing importance as one of the key parameters of regional planning and development of karst areas. Due to the high sensitivity of the environment and the vulnerability of groundwater, it is necessary to apply different methodological approaches in order to define groundwater recharge, circulation and drainage mechanisms that prevail within the system. The isotopic research method is widely used in hydrogeology, and it is especially applicable in the karst hydrogeology, since that different isotopes, stable and radioactive, might give an insight into the groundwater mean residence time, the genesis, recharge mechanisms, and groundwater velocity and path directions, thus also the velocity and path directions of the polluting substances in it. Isotopes can easily indicate, in addition to the knowledge of existence of the channels with typical gravity circulation, the existence of channels with very deep siphonal circulation in which water remain for tens, hundreds, and even thousands of years. For this reason, this methodological approach is preferred in the research and protection of groundwater in karst.

Key words: isotopes, mean residence time, groundwater protection, groundwater age

Кључне речи: изотопи, средње време боравка, заштита подземних вода, старост подземних вода

Увод

Карстни терени садрже значајне резерве квалитетних вода које се користе за водоснабдевање у многим градовима у Србији и свету, те њихова заштита представља обавезан и озбиљан задатак. Загађења која се јављају у карстним теренима најчешће могу бити физичког, хемијског и бактериолошког порекла. Поменута загађења се најчешће дешавају инфилтрацијом површинских вода, када падавине спирају са површине земље загађујуће супстанце настале дејством пољопривреде или сточарства, као и распаднути суспендовани материјал, али у одређеним екстремним случајевима и процуривањем из цистерни или неких фабрика или фарми (Kelly et al. 2009, Davraz and Varol 2012, Sinreich et al. 2014, Vasić, 2016). Правилно успостављање зона санитарне заштите основни је корак ка заштити подземних вода карста. Како карстне подземне воде попримају све већи значај, посебно у функцији водоснабдевања, то је и истраживање у ту сврху крајем двадесетог века постало детаљније и интензивније. Опитима обележавања подземних вода у карсту лако се може утврдити веза понор-извор и на тај начин



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



успоставити строга зона заштите у околини понорске зоне. Како се активно прихрањивање карстне издани не врши само преко понора и вртача, односно пукотина мањих и већих димензија, заштита подземних вода се заснива на заштити целокупне површине прихрањивања, али такође и уже зоне дренарања (Milanović & Vasić 2011, Vasić, 2016). Примена изотопских метода у хидрогеологији представља посебну дисциплину која изучава хидрогеолошке системе користећи технике на бази одређивања распрострањења изотопа и њихових промена у води и животној средини. Овакав метод истраживања је идеалан за карстне терене, обзиром да се применом различитих врста изотопа (стабилних и радиоактивних) могу добити и различити подаци о функционисању карстне издани, као што је утврђивање порекла подземних вода, правци кретања, боравак воде у подземљу и мешање са водама других издани, као и дефинисање геохемијских процеса унутар геолошке средине, који могу знатно утицати на квалитативне карактеристике вода (Mook, 2006).

Стабилни изотопи у сврси заштите подземних вода

Стабилни изотопи су веома заступљени у природи, нарочито изотопи кисеоника и водоника, који представљају компоненте молекула воде, а чији садржај и варијације пружају значајне могућности за проучавање процеса који се дешавају у циклусу кружења воде у природи. Поред изотопа деутеријума ^2H и кисеоника ^{18}O , у хидрогеологији карста често се користи и стабилни изотоп угљеника ^{13}C , који је веома значајан за сагледавање геохемијских процеса који су се одиграли у систему, као и за утврђивање дужине контакта воде са стенском масом. Садржај стабилних изотопа се мења код сваке промене агрегатног стања воде (кондензација или евапорација), што представља изотопску фракционацију, а која је од велике важности за проучавање карстних система. Када су у питању стабилни изотопи, први и најважнији одговор који они пружају је порекло подземних вода, што подразумева одређивање зоне прихрањивања подземних вода (надморска висина и географска ширина) и дефинисање начина прихрањивања, директном инфилтрацијом падавина или (делом) површинских вода (реке, језера и мора). Такође, стабилни изотопи, комплексним прорачунима, могу дати и одговор колико је вода времена провела у оквиру карстног система, што је посебно значајно код вода које проводе у систему неколико месеци и више, а што се не може поуздано утврдити методом трасирања подземних вода. За прецизно тумачење хидрогеолошких карактеристика и решавања проблема у хидрогеологији карста и заштите подземних вода, неопходно је да се за сваки локалитет формира сопствена локална метеорска линија (ЛМЛ), прикупљањем падавина најмање на месечном нивоу, што је и најћешћа фреквентност када су у питању неприступачни карстни терени на вишим надморским висинама. Узорковање треба вршити у трајању од најмање годину дана, при чему је пожељно да то буду три године, и дуже. Такође, узорковање је потребно вршити и на различитим надморским висинама и географским ширинама, ради добијања прецизнијих резултата. Поређењем стабилних изотопа у води са изотопима који формирају ЛМЛ, добија се



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022

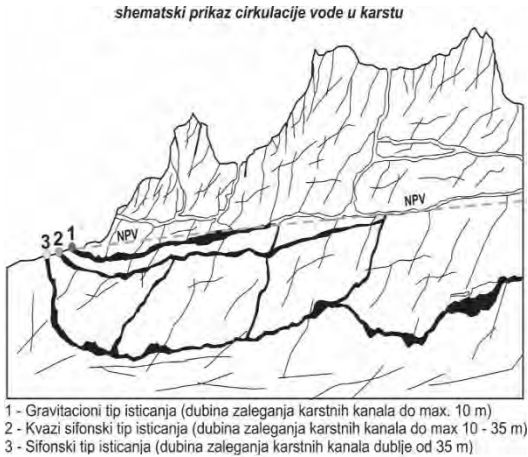


одговор везе површинских и подземних вода. Најчешће карстне воде, које имају брзу или релативно брзу водозаммену, у потпуности рефлектују изотопски састав падавина, или површинских токова са којима су у директној или непосредној вези. Из тог разлога, изотопски састав већине карстних вода лежи директно или веома близу локалне метеорске линије. Управо такви подаци чине битну компоненту заштите карстних подземних вода, јер указује на брзину водозамене и неопходност постављања зона санитарне заштите, како у зони прихрањивања, тако и у зони дренажања подземних вода. Уколико резултати стабилних изотопа леже далеко од ЛМЛ, то може да укаже на старе воде које немају активан дотицај из атмосфере, односно воде које су се у подземље инфилтрирале у неким климатским условима који више не постоје, што може да пружи информацију да није неопходно успоставити строге зоне санитарне заштите у зони прихрањивања, али исто тако и да укаже на будуће евентуалне социолошке проблеме око расподеле воде, као и на евентуалне политичке конфликте (Clark & Fritz, 1999).

Радиоактивни изотопи у сврси заштите подземних вода

Познавање „старости“ подземних вода је од великог значаја за управљање и заштиту овог геолошког ресурса. На основу дефинисања степена полураспада одређених изотопа у води, може се дефинисати старост тих вода, самим тим и извести закључак у којој мери је ресурс обновљив, или пак дефинисати да ли се ради о ограниченим дубоким изданима, које немају активног контакта са атмосферским водама, као ни са водама из суседних издани. Воде дубоке циркулације, нарочито у карсту, могу бити мешавина веома старих и млађих вода, па детекција и веома малих количина младих вода може бити значајна, јер даје увид у постојање хидрауличке везе са активним системом циркулације, али и пружа информацију о значају успостављања зона санитарне заштите у изворишној зони. Изотопи који се користе за датирање младих вода у карсту најчешће су кратко-живећи изотопи ^3H , ^{32}Si , ^{37}Ar , ^{85}Kr и ^{222}Rn , обзиром да је период њиховог полураспада мали. Највећу примену од 50-тих година прошлог века за датирање вода у карсту има трицијум, али, обзиром да су се концентрације трицијума вештачки избаченог у атмосферу тестирањем нуклеарног оружја средином прошлог века већ распале, његова примена је смањена и замењена методом Т - ^3He , којом се добијају знатно прецизнији подаци везани за старост карстних вода (од неколико месеци до неколико десетина година боравка воде у систему). За воде које су дуже време провеле у систему, најчешће се користе изотопи ^{14}C , ^{36}Cl , ^{39}Ar и ^{81}Kr , од којих је изотоп угљеника ^{14}C најзаступљенији у датирању вода у карсту. Његовом анализом може се потврдити старост вода које су у систему провеле до 40 000 година (као нпр. воде из бушотине у Сијаринској бањи, чија је старост, добијена анализом ^{14}C , око 46 000 година). Оно што је важно истаћи код датирања подземних вода у карсту јесте да приликом узорковања воде за датирање, треба узети узорак за дефинисање и младе и старе компоненте у води, јер управо подаци постајања младих, али и старих вода, могу указати на зоналност у

распрострањењу карстних канала, што у многоме може помоћи при дефинисању зона санитарне заштите (Слика 1).



Слика 1. Схематски приказ циркулације воде у карсту Кучајско-Бељаничког масива (положај и дубина канала заснована на основу истраживања 2013. године) (Vasić, 2016)

Важно је нагласити да код средње старих вода у карсту, старости од око 10-50 година, које се на површину терена дренажују у периоду минимума, ипак у себи садрже и младу компоненту, односно воде које су у систему провеле неколико десетина дана до неколико месеци. Из тог разлога, у случају гравитационог типа и „квази“

сифоналног типа истицања подземних вода (Слика 1), важно је правилно успоставити зоне санитарне заштите, како у зони прихрањивања, тако и у зони дренажања подземних вода. Изузетак представљају палео воде које се дренажују у оквиру карстних терена и имају изразито сифонски тип истицања. То су воде изузетно велике старости, од неколико стотина, неколико хиљада година, до неколико десетина хиљада година. Пример таквих извора представљају субтермални и термални извори Кучајско-бељаничког масива (Vasić, 2017), чија се старост креће од 432 године, колико су старе воде Кривовирске бањице на самом југу масива, затим 3990 година, колико су старе воде Крупајског термалног извора на западном ободу масива, до чак 5979 година, што је старост вода Суводолске бањице на северозападу масива. Међутим, иако су ове воде изузетно старе, у њима је детектована компонента полу младе воде, обзиром да су ипак садржале одређену мању количину нераствореног трицијума, указујући на то да и у веома старим водама ипак долази до мешања са млађим водама, старости неколико десетина година. У оваквим случајевима, пажња се мора примарно усмерити на заштиту саме изворишне зоне, док заштита зоне прихрањивања није од круцијалне важности за очување доброг квалитета ресурса.

Закључак

Када је у питању заштита вода у карсту, посебна пажња се усмерава на изражене тачке утицаја загађења без могућности пречишћавања, а то су зона инфилтрације кроз поноре, понорске зоне или пукотинске системе, као и зона дренажања, односно зона где на веома малом растојању може доћи до мешања подземних и површинских вода непосредно пре истицања. Из тог разлога, информација о локацији и начину



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



прихрањивања, као и о боравку воде у систему је веома драгоцен, јер уколико се ради о карстним водама брзе, чак рапидне циркулације, у оквиру карстних проводника где вода проведе од неколико сати до неколико дана, односно пар месеци, неопходно је посветити велику пажњу при дефинисању зона санитарне заштите, како понорској зони, зони прихрањивања, тако и зони дренажања. Случај вода из карста чија старост износи неколико хиљада година, преусмериће пажњу на заштиту изворишне зоне и проверу хидрохемијског састава подземних вода, јер услед овако дугог боравка воде у систему, може се доста изменити примарни садржај вода, уз јављање неког од елемената који у повишеним концентрацијама представља „природни“ загађивач. Важно је истаћи и да се са дужим периодом задржавања воде у систему канала, повећава моћ аутопурификационих својства средине, што наводи на закључак да ће и уколико дође до загађења подземних вода на улазу у систем, концентрација загађујуће супстанце знатно опасти током циркулације кроз систем.

Литература

- Clark I, Fritz P, 1999: Environmental isotopes in hydrogeology, 2nd print, Taylor & Francis Group
- Davraz A, Varol S (2012) Microbiological risk assessment and sanitary inspection survey of Tefenni (Burdur/Turkey) region Envi. Earth Sci. doi: 10.1007/s12665-011-1332-1
- Kelly WR, Panno SV, Hackley KC et al (2009) Bacteria Contamination of Groundwater in a Mixed Land-Use Karst Region [Water Quality, Exposure and Health](#) doi: 10.1007/s12403-009-0006-7
- Milanović S, Vasić Lj, 2011: Hidrogeološka osnova zaštite podzemnih voda u karstu na primeru Beljanice, Vodoprivreda 2011, 0350-0519, vol. 43, br. 4-6, str. 165-173, Beograd
- Mook W. G, 2006: Introduction to isotope hydrology-stable and radioactive isotopes of hydrogen, oxygen and carbon, Taylor & Francis Group
- Sinreich M, Pronk M, Kozel R (2014) Microbiological monitoring and classification of karst springs Envi. Earth Sci. doi: 10.1007/s12665-013-2508-7
- Vasić Lj, (2016) Primena izotopskih metoda u hidrogeologiji sa aspekta zaštite podzemnih voda u karstu, seminarski rad, fondovska dokumentacija, DHG-RGF, Beograd
- Vasić Lj, (2017) Geneza i uslovi cirkulacije kompleksnih karstnih Sistema Kučajsko-beljaničkog masiva, doktorska disertacija u rukopisu, DHG, RGF, Beograd



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**УТИЦАЈ ХИДРОГЕОЛОШКИХ УСЛОВА НА КАРАКТЕРИСТИКЕ
ПОЈАВЉИВАЊА МАЛИХ ВОДА МОРАЧЕ**

**IMPACT OF THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS ON THE
CHARACTERISTICS OF THE APPEARANCES LOW WATER OF
MORAČA**

Голуб Ђулафић¹ & Филип Вујовић²

¹ Завод за хидрометеорологију и сеизмологију Црне Горе, IV Пролетерске 19, 81000
Подгорица, Црна Гора, e-mail: golub.culafic@meteo.co.cg

² Филозофски факултет Никшић, Студијски програм за географију, Д. Бојовића бб, 84000
Никшић, Црна Гора, e-mail: vujovicfilip@hotmail.com

Extract of the manuscript: Guided by the saying "water flows in a river", the focus of this paper, is on the river course and its geological and hydrogeological characteristics as fundamental processes, which determine the size, shape, structure and dynamics of fluctuations of small waters, on the example of the Morača River in Adriatic basin of Montenegro (middle and upper catchment, without Zeta River). The study area characterized by complex geological and geomorphological conditions. The waters of Morača basin, via surface or underground, are drain towards the Lake Skadar. Flows (characteristic values) can be used as indicators of certain changes and variations because they represent the reaction of the entire river basin to certain factors (meteorological, geomorphological, geological). The river flow consists of the surface runoff of precipitation from the basin, then the base flow (recharge at the expense of hydrogeological collectors) and a combination of these two factors. This paper emphasises the appearance of different values of low-water flow under the influence of hydrogeological forms and shapes. Due to the high degree of karstification, a certain amount of water is losing along the stretch of the stream around the Duga monastery, i.e. one part flows directly and the other indirectly underground through very porous alluvial sediments.

Key words: minimum discharges, low water, karstification, Morača, Montenegro

Кључне речи: минимални протицај, мале воде, карстификација, Морача, Црна Гора

Увод

Ријека Морача настаје изнад села Љевишта (970 mm), спајањем воде која долази из извора Грло (налази се у плеистоценском цирку Врагодо, на 1370 mm), те Коритског и Рупочајског потока, да би после 2,5 km прихватила воде Јаворског потока, са лијеве стране. Поред бројних мањих потока који хране водом Морачу, особито у кишном периоду, значајне су њене лијеве притоке: Коштаница, Сјеверница ($F=73,8 \text{ km}^2$), Крушевачки поток, Мала Ријека ($F=156,9 \text{ km}^2$), Рибица и Цијевна, као и десне: Ратња Ријека, Пожња, Мртвица ($F=207,7 \text{ km}^2$), Ибриштица, Боготовски поток, Зета ($F=1597,3 \text{ km}^2$) и Ситница. Нигдје као на овом, релативно малом простору, рељеф није тако динамичан и рашчлањен. Најнижа тачка истраживаног подручја је ХС



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Златица (53 mnm) а највисочија Капа Морачка (2226 mnm). Површина слива Мораче до ушћа Зете износи 1023,7 km², док укупна површина слива до ушћа у Скадарско језеро износи 3260 km² (Хрвачевић, 2004).

Долина Мораче само у горњем току има динарски правац тока (сјеверозапад – југоисток), док у средњем дијелу ријека тече правцем сјевер – југ, а сличног је правца течења и кроз Зетску равницу, до свог ушћа у Скадарско језеро. Овај простор украшавају кањони: Мораче – Платије (дуг 38 km а просјечно дубок око 1000 m), Мртвице, Ибриштице и Мале Ријеке, као и мањи: Боготовски поток, Крушевачки поток, Требјешица итд. Дужина тока Мораче од извора па до улијевања Зете (Вранићке Њиве) износи 69 km, а до њеног ушћа у Скадарско језеро 102 km (Хрвачевић, 2004).

Терен слива Мораче изграђују седиментне, магматске и метаморфне стијенске масе млађег палеозоика, мезозоика и кенозоика. Изворишно подручје изграђују седименти Дурмиторског флиша, у којима је ријека урезала своје корито (Радуловић, 2000). Флишну фацију чине глинци, лапорци, пјешчари и кречњаци са сочивима и прослојцима конгломерата и бреча. Вулканогена фација се јавља на сјеверозападним дјеловима терена (Јаворје) као и дио око села Љута, гдје су ерозијом слојеви откривени на површини терена. Представљени су андезитима, дацитима, кварцкератофирима и вулканитима средњег тријаса (Радојичић, 2008). Карбонатну фацију чине стратификовани, а рјеђе и масивни кречњаци, доломитични кречњаци и доломити тријаса, јуре и креде (мезозоик). Ове стијенске масе имају највеће распрострањење у сливу и према геотектонској подјели припадају простору југоисточних (спољашњих) Динарида. Кластична фација је представљена глацијалним, глациофлувијалним, алувијалним и делувијалним седиментима.

Истраживани простор се одликује специфичним климатским режимом, на који посебан утицај има близина Скадарског језера и Јадранског мора, те високе планине, које га окружују (изразито велика рашчлањеност рељефа на релативном малом простору са карактеристичним промјенама надморских висина), што доприноси да се овај простор одликује изразито интензивним плувиометријским и хидролошким режимом. Подгоричко-скадарска котлина представља област у којој влада медитеранска клима, коју карактеришу дуга, топла и сува лjeta и релативно благе и кишовите зиме. Овај простор се нарочито истиче по високим лjetњим температурама, и овдје је регистрован апсолутни максимум температуре ваздуха у Црној Гори (Подгорица). Према режиму падавина на територији Црне Горе разликујемо медитерански и умјерено-континентални режим. Медитерански режим се одликује максималним количинама падавина у новембру и децембру, а минимумом у јулу и августу мјесецу. Умјерено-континентални режим се одликује чешћим падавинама у другој половини лjeta, споредним максимумом у октобру и минимумом у фебруару. Истраживано подручје карактерише маритимни (Подгорица



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



1683 mm, Манастир Морача 1590 mm) и модификовани планински тј. умјерено-континентални режим падавина (Колашин 2044 mm, Никшић 1883 mm). Такође, на овом простору су карактеристичне и врло високе вриједности годишњих сума падавина, које могу износити и преко 3000 mm/год (нпр. Манастир Морача 3846 mm, 2010 година).

Подаци и методе

Хидролошке карактеристике Мораче су анализирани на два профила: Златица (42°29'01.64" и 19°18'25.04"; "0"=53 mm) и Перница (42°42'46.34" и 19°22' 15.87"; "0"=178,7 mm) за период 1991-2019 година. Анализа се односи само на карактеристичне вриједности протицаја ($Q_{\text{мин1дн}}$ - минимални протицај трајања један дан; $Q_{\text{мин10дн}}$ - средња вриједност 10 најмањих узастопних вриједности и $Q_{\text{минсрм}}$ - минималне средњемјесечне вриједности) јер оне представљају реакцију маловодног (базног) отицаја. Подаци о водостајима, у овом случају нијесу анализирани, без обзира што они заједно са протицајем чине главне карактеристике водног режима водотока, јер су ипак протицаји много поузданији за приказ одређених карактеристика, какав је случај у овом раду.

Резултати и дискусија

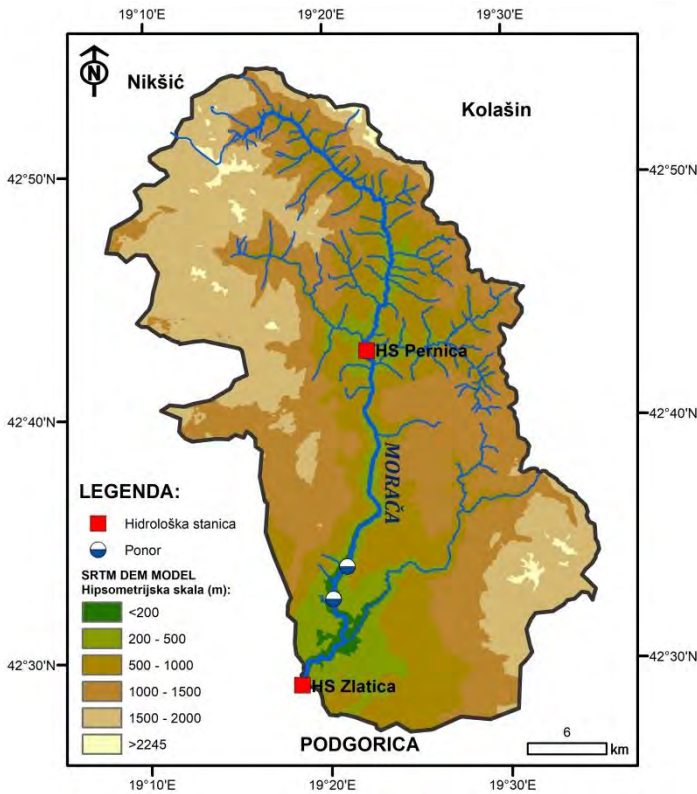
Вишегодишњи просјек анализираних протицаја Мораче на ХС Златица износи 60,2 m³/s а на ХС Перница 27,5 m³/s. Оба профила карактерише појављивање максималних вода у новембру (Перница 48,9 m³/s) и децембру (Златица 117,7 m³/s) када се јављају апсолутни максимуми, док се секундарни максимуми јављају у априлу мјесецу (Златица 100,2 m³/s и Перница 46,1 m³/s) што је последица пораста температуре и топљења снијежног покривача у горњем току Мораче. На оба профила, минималне средњемјесечне воде се јављају у августу мјесецу (5,7 m³/s и 4,9 m³/s).

Да би смо имали увид у карактер колебања водног режима на анализираним профилима, извршено је поређење одређених карактеристичних протицаја, помоћу модула специфичног отицаја (q). Његова се вриједност, по правилу смањује од извора ка ушћу (Дукић & Гавриловић, 2008). У табели 1 дати су прикази осредњених вриједности између карактеристичних протицаја (Q) и њихових специфичних отицаја (q).

Табела 1. Однос између карактеристичних вриједности протицаја (Q) и њихових специфичних отицаја (q)

Станица	F km ²	Q srg	q srg	Q min	q min	Q max	q max	Q min 1dan	q min 1dan
Златица	772,4	59,6	77,1	3,6	4,7	918,8	1188,7	1,8	2,3
Перница	440,0	27,5	62,5	4,1	9,4	470,1	1068,4	2,9	6,6

На основу табеле 1, можемо видјети, да је овај начин рачунања веома погодан код анализирања сливова у карстним теренима, какав је слив Мораче (средњи и доњи ток), јер смањује разлике између екстремних и специфичних протицаја, имајући у виду, да се водоток током рецесионог периода, углавном храни захваљујући подземним водама из хидрогеолошких колектора. Што је мањи однос између екстремних вриједности протицаја и специфичног отицаја, утолико је режим равномјернији. Због геолошког састава и хипсометријских карактеристика слива, овдје су јако изражени односи између малих (вјероватноће појављивања 95%) и великих вода (вјероватноће појављивања 1%), гдје однос на ХС Златица прелази разлику и од 1:250, док је тај однос на Перници нешто блажи и износи 1:115.



Слика 1. Сливно подручје Мораче (до профила ХС Златица)

Сложеност хидрогеолошке средине и могућност да сваки квадратни метар слива може имати другачије вриједности хидролошких параметара, чини овакав простор веома захтјевним за истраживање. Велики степен карстификације који се јавља на потезу око Манастира Дуга (понор Манастирски Млини, чијим је бојењем утврђена веза са Пилетића извором, са оствареном фиктивном брзином од 1,64 cm/s (Радуловић, 2000)), утиче да у овом дијелу Морача скоро пресуши, тј. да један дио



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



тече директно а други индиректно, подземним путем кроз веома порозне алувијалне седименте. Сходно наведеном, не изненађују добијене разлике између профила Перница (узводни) и Златица (низводни) у појављивању најмањих узастопних вриједности минималних протицаја трајања 1 дан (6:1), 10 дана (5:1), 20 дана (4:1) и 30 дана (3:1).

Закључак

Идентификација појава колебања режима рјечног тока као и његових могућих промјена, изазваних одређеним факторима, данас представља једно од главних питања током детаљних хидролошких истраживања. Приликом анализе унутаргодишњих варијација протицаја, често се занемарује утицај хидрогеолошке средине, посебно током истраживања маловодних периода. У овом раду је дат приказ утицаја карстне подлоге кроз коју тече ријека Морача (у одређеном дијелу) и њен утицај на појављивање "нелогичних" вриједности протицаја тј. разлике које се јављају између узводније (Перница) и низводније (Златица) анализирани станице. Овдје су хидрогеолошки фактори посматрани као баријера, док ће позитивни ефекти тј. удио базног отицаја бити предмет неких наредних истраживања. Ако би се приликом анализе искључио хидрогеолошки утицај (већином се раде регионалне анализе зависности) у овом случају би се лако могао извести погрешан закључак, тј. да серије мјерења и осматрања хидролошких и климатолошких елемената, нијесу довољно прецизне и да не дају поуздане податке, што није случај.

Литература

- Dukić D. & Gavrilović Lj., (2008): Hidrologija, Zavod za udžbenike, Beograd
- Živaljević R., (1992): Hidrogeološka analiza kretanja kraških voda na primjeru sliva Rijeke Crnojevića, Doktorska disertacija, Univerzitet "Veljko Vlahović", Građevinski fakultet, Titograd
- Nikić Z., (2003): Hidrogeološka analiza formiranja i regionalizacija malih voda, Zadužbina Andrejević, Posebna izdanja, Beograd
- Radulović M., (2000): Hidrogeologija karsta Crne Gore, JU Republički zavod za geološka istraživanja Podgorica, Posebna izdanja Geološkog Glasnika, Knjiga XVIII, Podgorica
- Radulović V., (1989): Hidrogeologija sliva Skadarskog jezera, Zavod za geološka istraživanja SR Crne Gore, Posebna izdanja Geološkog glasnika, Knjiga IX, Titograd
- Radojičić B., (2008): Geografija Crne Gore – prirodna osnova DANU, Podgorica
- Hrvavčević S., (2004): Resursi površinskih voda Crne Gore, EPCG, Nikšić



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**INITIALIZATION OF KARST SPRINGS' SISTEMATIZATION IN THE
ADRIATIC BASIN OF MONTENEGRO**

**ИНИЦИЈАЛИЗАЦИЈА СИСТЕМАТИЗАЦИЈЕ КАРСТНИХ ИЗВОРА
ЈАДРАНСКОГ СЛИВА ЦРНЕ ГОРЕ**

Јелена Крастајић¹ & Биљана Меденица²

¹Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Department of Hydrogeology, Serbia, e-mail: krstajicj@yahoo.com

² Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Geoinformatics and Geo-ecology, Serbia, e-mail: biljana.medenica@yahoo.com

Extract of the manuscript: Systematisation of karst springs in this paper aims to facilitate further karst spring research for the Adriatic Basin area of Montenegro (ABM). This is initial, practical step, planning to contribute to the very complex studies which will take place in future. Sorting out certain number of springs by categories gives the opportunity for researcher to tackle less monitored springs by transferring the knowledge from springs with longer series of data (eg. discharge, GW levels etc). At this point, about 1324 springs in the Adriatic Basin of Montenegro were vectorised through GIS and thus properly geo-located. There are several important factors which should be considered while categorising karst springs, such as hydrogeological and hydraulic characteristics, discharge pattern (magnitude, fluctuation, and seasonality), geologic and geomorphologic structure and the physical and chemical properties of groundwaters. As a core part of this paper the systematisation method of the karst springs in ABM will be presented.

Key words: karst springs, systematisation, Adriatic Basin, Montenegro

Кључне речи: карстни извори, систематизација, Јадрански басен, Црна Гора

Увод

Јадрански слив Црне Горе одређен је сливом ријеке Зете на сјеверозападу и сливом ријеке Мораче на сјевероистоку, док јужну границу представља обала Јадранског мора. Површина Јадранског слива покрива територију од 6650 km² којој територијално припада 11 црногорских општина. Приобалним дијелом Јадранског слива влада медитеранска клима, што значи да то подручје карактеришу дуга, врела и сува лjeta и релативно благе и кишовите зиме. Карактеристично топлим лjetима истиче се долина Зете на чијем подручју је регистрован апсолутни максимум температуре ваздуха у Црној Гори и највећи просјечни број тропских дана. Сјеверни дио Јадранског слива карактерише знатно оштрија клима, у подручју карстних поља, која се налазе на вишим надморским висинама (Цетињско и Никшићко поље). На простору црногорског Јадранског слива, заступљене су палеозојске, мезозојске и кенозојске стијене. Углавном се ради о седиментним стијенама, а заступљене су још и стијене вулканског поријекла. У грађи терена Јадранског слива првенствено учествују мезозојске стијене (Т, Ј, К).



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Карбонатне стијене у оквиру којих су формиране карстне и карстно-пукотински тип издани имају доминантно распрострањење на овом подручју (преко 70%). Прихрањивање карстне издани се одвија највећим дијелом инфилтрацијом атмосферских вода, међутим заступљено је и прихрањивање издани на рачун површинских вода (понирање ријека Зете, Мораче, Мале ријеке, Цијевне и др.). Прихрањивање карстне издани атмосферским водама се углавном одвија на теренима са већим надморским висинама, тј. на карстним површима Старе Црне Горе, Рудина и Бањана, као и на теренима Озрнићко-Бјелопавлићко-Пиперско-Братоножићко-Кучке карстне површи (Радуловић М, 2000, Радуловић ММ, 2011). Пражњење карстне издани се највећим дијелом одвија по ободима депресија Скадарског језера, Зетске равнице, Бјелопавлићке равнице и Никшићког поља, Бококоторског залива као и дуж кањона Цијевне, Мораче, Мале ријеке, Мртвице и др., гдје се јављају бројне хидрогеолошке појаве као што су извори, вруће и еставеле. Карстна издан формирана у оквиру карстификованих карбонатних стијена је на овом подручју углавном средње до добрих филтрационих карактеристика. Ове стијене имају улогу хидрогеолошких колектора (спроводника и резервоара). Правци кретања подземних вода на овом подручју су различити, али углавном воде се крећу од зона прихрањивања према најближим ерозионим базисима тј. према поменутих кањонима и депресијама по чијим ободима се одвија пражњење издани. Подземне воде карстне издани су релативно доброг квалитета, и углавном према саставу припадају водама хидрокарбонатне класе и калцијумске групе. При систематизацији карстних извора посебно треба обратити пажњу на развијеност карстификације, како она није истог интензитета на цијелој територији Црне Горе. Када је у питању Јадрански слив Црне Горе посебно треба имати у виду карактеристике приморског и континенталног карста, тј. разлике у функционисању карстних извора у оквиру ових предјела. Сама систематизација или категоризација карстних извора налази практични значај не само у бољем прегледу постојећих извора, већ и у формирању базе која може допринијети даљим научним и привредним усавршавањима. Тако је мотив за формирање система свих карстних извора на подручју Јадранског слива Црне Горе настао приликом истраживања утицаја климатских промјена на карстне изданске воде овог подручја. Том приликом, примјећено је да су одређени извори недовољно или нимало осматрани, тј. да серије података од издашности ових појава недостају. Како би се успјешно покрила цијела територија слива, систематизација извора по одређеном типу би олакшала могућност примјене методе аналогije између подручја карстног извора добре изучености и карстног извора сличних карактеристика о којем не постоје документовани подаци. Још једна практична страна ове систематизација огледа се и кроз коришћење *GIS* база у којима је могуће дати преглед и визуелни приказ свих карстних извора што би могло да олакша управљање овим ресурсима и на општинском нивоу.

Критеријуми систематизације карстних извора

Постоји више класификација карстних извора у зависности од њихове величине, издашности, морфологије карста и генезе њиховог настанка. Класификација која је посебно блиска подручју истраживања које се приказује у оквиру овог рада је класификација карстних извора предложена од стране *Yuan* (1994) и *Stevanović* (2015), гдје се посебно истичу генеза извора, услови истицања, флукуација издашности извора и њихова периодичност. Коначни критеријум који ће се користити приликом систематизације карстних извора у Јадранском сливу Црне Горе приказан је у табели 1.

Табела 1. Критеријуми систематизације карстних извора у Јадранском сливу Црне Горе (по узору на *Yuan* (1994) и *Stevanović* (2015))

Критеријум	Тип извора	Опис извора	
1	Генетски	Контактни	Литолошки предиспониран, на контакту са непропусном подином
		Расједни	Предиспониран постојањем линеарног дисконтинуитета
		Висећи	Истицање изнад главног ерозионог базиса
		Антиклинални	Истицање по рубовима антиклинале, тектонски предиспонирано
		Депресиони	Предиспониран топографијом или чешће усјецањем ријеке
2	Услови притиска и истицања	Подводни	Потопљени извори, испод површине слатке или слане воде
		Гравитациони	Слободни гравитационо силазни ток
		Артески (узлазни)	Узлазни ток под притиском
3	Особине мјеста истицања	Преливни	Повремено активан прелив, најчешће слободног нивоа
		Пећински	Хидролошки активне пећине
		Сифонски	Сифон или сифонски резервоар, најчешће узлазни ток
		Језерски	Истицање под јаким притиском из љевкастих вертикалних канала, при чему се на излазу услед ерозије формира језеро
4	Периодичност	Зајезерени	Изданска ока, истицање из плићих удубљења
		Сталини	Вишегодишњи, перманентног истицања
		Интерминентни	Повремени извори, зависни од атмосферских талога
		Периодични	Истицање зависно од промјењивог притиска и НПВ у сифонском каналу
5	Режим истицања	Еставеле	Имају двојаку функцију, периодично раде као врело или као попор
		Стабилан	Q_{min}/Q_{max} је обично 1:10
		Варијабилан	Q_{min}/Q_{max} је обично између 1:10 и 1:100
		Екстремно варијабилан	Q_{min}/Q_{max} је обично преко 1:100

Преглед осталих класификација извора дат је у оквиру *Krešić & Stevanović* (2010), а које су базиране на специфичним карактеристикама извора (температура, квалитет воде, генетски тип, издашност извора и њихова величина итд).

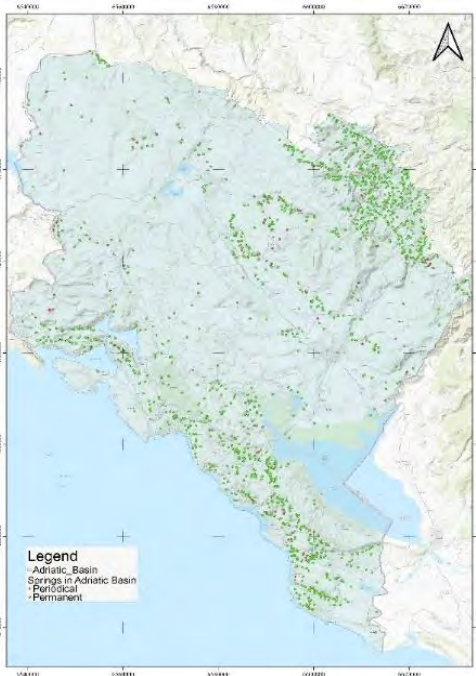
Преглед досадашњих резултата

До сада је векторизовано и гео-лоцирано 1324 извора на подручју Јадранског слива Црне Горе. Од систематизацијских корака, одређен је само тип извора према њиховој

периодичности (слика 1.). Према подацима UNDP (2009), може се примјетити да је нешто учесталија појава извора у сјевероисточном и југоисточном приморском дијелу слива, а затим и по ободу језерских басена и крашких поља.



Слика 2. Пет одабраних тест подручја са којих ће се по изведеној систематизацији карстних извора, пренијети знање на неизучене дјелове Јадранског слива Црне Горе



Слика 1. Векторизовани извори у Јадранском сливу (према подацима UNDP, 2009)

Како би се што боље идентификовале групе карактеристичних карстних појава, један од корака је био и избор пет локација у оквиру Јадранског слива за који постоји довољан сет података који би допринијели њиховом детаљном изучавању. Тиме би се, по детаљној анализи ових извора и њихових сливних подручја, методом аналогije, пренијела оцјена понашања тих карстних врела на врела Јадранског слива која нису до сада осматрана. Одабрана пилот подручја могу се видјети на слици 2.

Полази се од претпоставке да на цијелом Јадранском сливу долази до релативно брзе пропагације ефективних падавина чиме се и велике воде везују за прољећне мјесеце узроковане топљењем снијежног покривача или интензивним падавинама. Посебна пажња ће се дати интерференцији тј. спајању пикова услед истовременог утицаја топљења снијега и кишних падавина. Друга претпоставка (на основу претходних



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



истраживања) је и да је заједничка карактеристика врела на подручју слива појава јесењег пика као и присуство сушних љета када наступа период минималног протицаја на врелима.

Закључак

Геолоцирање великог броја извора је извршено као почетни корак систематизације карстних извора у Јадранском сливу Црне Горе. Одређено је пет критеријума систематизације карстних извора, за које се сматра да су од важности за дато подручје. Од 1324 издвојена извора, диференцијација је извршена само по категорији периодичности. Према томе, лако је закључити да је њихова класификација према остала четири критеријума један од наредних корака, поред допуњавања векторизованих извора тамо гдје је потребно. Тиме ће се формирати и табела атрибута која ће пратити сваки карстни извор, кроз употребу GIS програма. Након додијелљивања одговарајућих атрибута груписаће се извори са сличним хидрогеолошким карактеристима, а потом и употребити у даље научне сврхе или практичне сврхе. У конкретном случају, пронаћи ће се сличност, аналогизом, између одабраних пет добро истражених подручја и остатка карстних врела истражног подручја.

Литература

- Радуловић М, 2000: Хидрогеологија карста Црне Горе, ЈУ Републички завод за геолошка истраживања Подгорица, Посебна издања Геолошког Гласника, Књига XVIII, Подгорица
- Радуловић В, 1989: Хидрогеологија слива Скадарског језера, Завод за геолошка истраживања СР Црне Горе, Посебна издања Геолошког гласника, Књига IX, Титоград
- Krešić N, Stevanović Z, (Eds), 2010: Groundwater Hydrology of Springs – Engineering, Theory, Management and Sustainability. Butterworth-Heinemann, Burlington USA & Oxford UK, p. 500 – 554
- Stevanović Z., 2015: Characterization of Karst Aquifer, In: Stevanovic, Z (Ed.) Karst Aquifers – Characterization and Enginering; Series, Springer International Publishing Switzerland, pp. 89 – 100
- UNDP, 2009: Environmental GIS for Montenegro, implemented by UNDP office in Montenegro, financed by Finland
- Yuan, D, 1994: China karstology. Geological Publishing House, Beijing, China.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**DEFINING THE HYDRAULIC MECHANISM OF KARST
GROUNDWATER DISCHARGE USING BIVARIATE TIME SERIES
ANALYSIS**

**ДЕФИНИСАЊЕ ХИДРАУЛИЧКОГ МЕХАНИЗМА ИСТИЦАЊА
КАРСТНИХ ПОДЗЕМНИХ ВОДА ПРИМЕНОМ БИВАРИЈАНТНЕ
АНАЛИЗЕ ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА**

Вељко Мариновић¹

¹ Центар за хидрогеологију карста, Департман за хидрогеологију Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Ђушина 7, Србија; veljko.marinovic@rgf.bg.ac.rs

Extract of the manuscript: Bivariate analysis was applied within the cross-correlation in time and the gain function as part of the cross-spectral function in the frequency domain, to the time series of precipitation and discharge of the Oko Bijele (Montenegro) and Vrelo Bosne (Bosnia and Herzegovina) karst springs in the period 2015-2020. Bivariate analysis showed a very fast reaction of the Oko Bijela spring and a reaction delay at the Bosna spring, which indicate a very weak amortization of the input signal within the Oko Bijela system and a good attenuation of the precipitation of the Bosna system, which proved the hydraulic mechanism of the discharge of both springs - gravitationally at Oko Bijela and siphonally at Vrelo Bosne spring. Also, low storage capacity of the Oko Bijela karst system was confirmed, while the Bosna karst system has significant storage capacity of groundwater reserves.

Key words: karst, groundwater, discharge mechanism, cross correlation, spectral analysis

Кључне речи: карст, подземне воде, механизам истицања, крос-корелација, спектрална анализа

Увод

Познавање хидрауличког механизма истицања карстних подземних вода може прелиминарно указати на акумулативност карстног хидрогеолошког система, односно на његове ретенционе способности. Другим речима, у зависности од тога да ли је реч о гравитационом врелу са брзом пропагацијом вода од зоне прихрањивања до зоне истицања или је реч о узлазном врелу са дубоком сифоналном циркулацијом, могу се очекивати различити сценарији по питању резерви подземних вода. Стога, анализа временских серија истицања подземних вода у довољно дугом периоду осматрања може дати врло корисне информације о способности карстног система да задржи и акумулира подземну воду у виду резерви, које се могу искористити у различите сврхе. То је посебно важно имајући у виду висок проценат експлоатације карстних подземних вода у Србији, Црној Гори и Босни и Херцеговини за водоснабдевање становништва пијаћом водом.



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Опште карактеристике истражних подручја

Биваријантна анализа временских серија истицања подземних вода примењена је на примерима врела Око Бијеле у Црној Гори и врело Босне у Федерацији БиХ. Ова два карстна система одабрана су као репрезенти гравитационог (Око Бијеле) и узлазног (врело Босне) механизма истицања, како би разлика у њиховој акумулативности била лакше уочљива. Карстни систем врела Око Бијеле налази се у селу Горња Бијела у централном делу Црне Горе, у близини Шавника и према хидрогеолошкој рејонизацији припада Динаридима Црне Горе и црноморском сливу. Клима слива врела Око Бијеле садржи континентални и планински тип са просечном годишњом сумом кише од 1559,3 mm, температуром ваздуха од 6,27°C и значајним снежним покривачем који може износити и преко 150 cm (МС Жабљак, период 2015-2020). Врело Око Бијеле истиче из сенонских кречњака, на контакту са флишном сенонском серијом. Зајезерени изглед врела на први поглед указује на постојање сифонског канала и узлазну циркулацију. Карстни систем врела Босне налази се у централном делу Босне и Херцеговине код Сарајева, у подножју планина Игман и Бјелашница. Сливно подручје врела Босне одликује се умереним типом климата, зависном од планинских врхова Игмана и Бјелашнице и близине Јадранског мора са просечном годишњом сумом кише од 1192,3 mm, температуром ваздуха од 2,4°C и кумулативним снегом који може бити висине преко 300 cm и који је актуелан од септембра до јуна (МС Бјелашница, период 2015-2020). Врело Босне истиче у виду разбијеног изворишта, на најнижој хипсометријској тачки контакта планине Игман (кречњаци и доломити горњег тријаса) и Сарајевског поља. Узлазни карактер врела предиспониран је спуштањем северозападног крила синклинале Игмана.

Примењена методологија

Биваријантна анализа временских серија подразумева анализу улазних и излазних елемената карстних система и дефинисање њихове узрочно-последичне везе. Биваријантна анализа је примењена на временске серије падавина са станица Жабљак и Бјелашница и истицања на врелима Око Бијеле и врела Босне у периоду 2015-2020. година, према подацима Федералног хидрометеоролошког завода из Сарајева и Завода за хидрометеорологију и сеизмологију Црне Горе. У склопу ове анализе, крос-корелациона функција у временском и крос-спектрална функција у фреквентном домену су примењене на низове временских серија падавина у виду кише, као улазног параметра и истицања подземних вода врела Око Бијеле и врела Босне, као излазног параметра. Крос-корелациона функција подразумева одређивање међусобне зависности две дискретизоване променљиве од којих је једна зависна (истицање подземних вода), а друга независна променљива (падавине), тј. разматрање утицаја падавина (улазног сигнала у систем) и истицања подземних вода на врелу (излазног сигнала из система) и дефинисања времена потребног за реакцију система на прихрањивање (Krešić, 1991; Larocque, 1998; Jemcov, 2008; Ristić



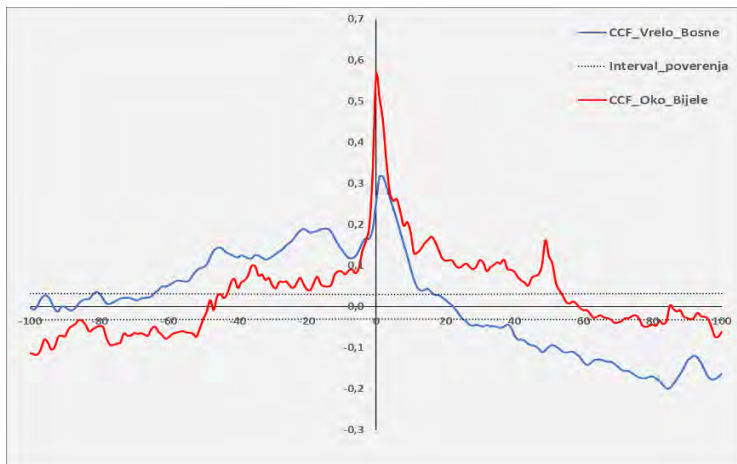
Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Vakanjac, 2015). Период потребан за реакцију врела на прихрањивање (кашњење реакције) указује на брзину трансфера подземних вода у систему - мање кашњење сигнала имплицира промтну реакцију на улазни сигнал, где се индиректно систем може тумачити као јако развијен и карстификован, док је веће кашњење сигнала последица највероватније слабије развијеног система са ниским степеном карстификације или дубоке сифоналне циркулације. Крос-спектрална функција густине укључује конвертовање крос-корелационе функције из временског у фреквентни домен помоћу Фуријеових трансформационих редова, која, такође поред излазног сигнала (истицања) укључује и улазни сигнал (падавине) (Padilla & Pulido-Bosh, 1995; Jemcov, 2008). На основу ове функције може се дефинисати кашњење и трајање одзива система на улазни сигнал у фреквентном домену, а обично укључује крос-амплитудну, кохерентну, функцију фазе и функцију раста. Функција раста указује на повећање или смањење излазног у односу на улазни сигнал, што се са аспекта квантитативне карактеризације система може тумачити као промена динамичких резерви у времену, односно на могућност атенуације и амортизације падавина и њихову трансформацију у резерве подземних вода, на основу чега се може дати процена акумулативности система (Padilla & Pulido-Bosh, 1995; Larocque et al. 1998; Jemcov, 2008).

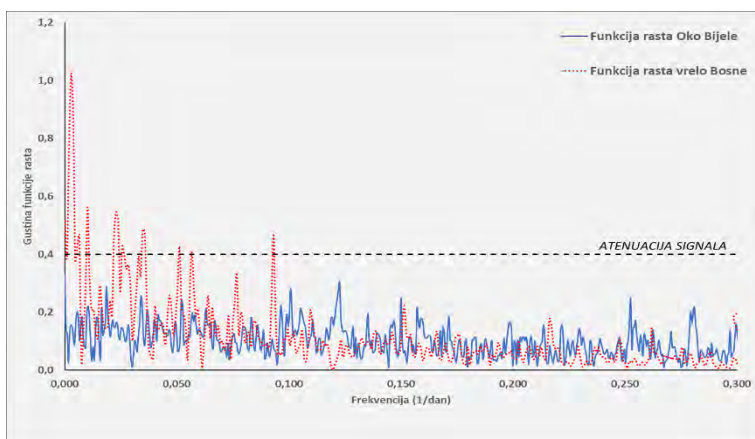
Резултати и дискусија

Крос-корелограм кишних падавина и истицања на врелу Око Бијеле показује центрираност крос-корелационе функције за цео период осматрања, што указује на генерално инстантну реакцију система на улазни импулс, тј. са временским кораком од 0 дана (Сл. 1). То наводи на претпоставку да се ради о релативно малом резервоару карстног система, тако да се новоинфилтрирана вода веома брзо транспортује до места истицања, с обзиром на мале резерве подземних вода у том периоду. Крос-корелограм кишних падавина са истицањем врела Босне за период 2015-2020 година, има позитивну асиметрију, указујући на период закашњења реакције система на улазни сигнал од једног дана (Сл. 1). Кашњење реакције система од једног дана може указивати на попуњеност резерви и период неопходан за повећање хидростатичког притиска у систему који ће узроковати повећање издашности на врелу услед дубоке сифоналне циркулације. Уколико се усвоји праг значајности од 0.2 (Mangin, 1984; Ristić Vakanjac, 2015), статистичка значајност коефицијента корелације за врело Око Бијеле престаје након 10 дана, а за врело Босне након 7 дана, што показује на време реакције сливног подручја на интензивну кишну епизоду. Такође, нагиб крос-корелограма врела Босне је веома стрм првих 12 дана, док после тога долази до амортизације улазног сигнала у виду попуњавања резерви у систему.



Сл. 1. Крос-корелограми падавина и истицања врела Босне и Ока Бијеле за период 2015-2020

Функција раста на основу вредности падавина и истицања врела Око Бијеле (Сл. 2) показује да су све вредности мање од 1, односно 0.4, што би теоретски указивало на потпуну атенуацију система. Међутим, функција раста јасно показује да је реч о потпуно несортираном и нефилтрираном сигналу, што указује на то да карстни систем врела Око Бијеле има веома ниску могућност атенуације улазног импулса, тј. да се инфилтриране падавине веома брзо транспортују до врела указујући на претпоставке о релативно малом резервоару подземних вода. Функција раста истицања подземних вода врела Босне (Сл. 2) показује пик изнад вредности 1 при фреквенцији од 0.002737, што одговара годишњем циклусу, указујући на доминацију базног отицаја и високу акумулативну моћ система. Јасно се уочава и сортираност и филтрирање сигнала, наводећи на закључак о потпуној атенуацији и амортизацији инфилтрираних падавина и њихову трансформацију у резерве подземних вода овог система.



Сл. 2. Функције раста истицања врела Око Бијеле и врела Босне за период 2015-2020. год.



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Закључак

Применом биваријантне анализе у виду крос-корелационе функције у временском и фазне функције у оквиру крос-спектралне функције у фреквентном домену могуће је анализирати хидрауличке механизме истицања карстних подземних вода и дефинисати акумулативну способност карстних система. Период кашњења реакције врела на кишну епизоду која изазива прихрањивање система може указати на интерну структуру и развијеност система. Реакција врела Око Бијеле на интензивну кишу мери се у часовима, што указује на веома брз трансфер вода од зоне прихрањивања до зоне истицања. На тај начин, могуће је закључити да се ради о гравитационом врелу, са доминантним доводним каналом којим се воде брзо транспортују до врела. Са друге стране, реакција врела Босне касни 1 дан, што указује на већу ретенциону моћ овог система. Функција раста врела Око Бијеле показује да овај систем нема способност пригушивања улазног сигнала, што указује на то да се ефективно инфилтриране воде брзо појављују на врелу и да је акумулација резерви врло вероватно мала. То међутим није случај код врела Босне, где се јасно види амортизација падавина и њихова трансформација у резерве и истицање подземних вода, на основу чега се може закључити да се ради о узлазном врелу са дубоком сифоналном циркулацијом и могућношћу акумулације великих количина подземних вода у систему.

Литература

- Jemcov I, 2008: Bilans karstnih izdanskih voda i optimizacija rešenja njihovog zahvata na primerima iz Srbije, doktorska disertacije, RGF, UoB, p. 377
- Krešić N, 1991: Kvantitativna hidrogeologija karsta sa elementima zaštite. Naučna knjiga, p. 179
- Larocque M., Mangin A., Razack M., Banton O, 1998: Contribution of correlation and spectral analyses to the regional study of a large karst aquifer (Charente, France). J. Hydrol. 205. 217-231
- Mangin A, 1984: Pour une meilleure connaissance des systèmes hydrologiques à partir des analyses corrélatoire et spectrale. J. Hydrol., 67 pp. 25-43
- Padilla, A, Pulido-Bosh A. 1995: Study hydrographs of karstic aquifers by means of correlation and cross-spectral analysis. J Hydrol. 168. Elsevier Sci. pp.73-89
- Ristić Vakanjac V, 2015: Forecasting Long-Term Spring Discharge; In: Stevanović Z. (ed.) Karst Aquifers-Characterization and Engineering. Prof. Practice in Earth Sciences, Springer, pp. 435-455, Cham. 10.1007/978-3-319-12850-4_15



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**ASSESSMENT OF THE WATER PERMEABILITY OF THE ŠUKOVIĆI
PONOR AREA (CERNIČKO POLJE) USING THE LUGEON TEST**

**ОЦЕНА ВОДОПРОПУСНОСТИ ПОНОРСКЕ ЗОНЕ ШУКОВИЋИ
(ЦЕРНИЧКО ПОЉЕ) ПОМОЋУ ЛИЖОНОВОГ ТЕСТА**

Петар Војновић¹, Саша Милановић¹, Љиљана Васић¹

¹Центар за хидрогеологију карста, Департман за хидрогеологију, Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду, Ђушина 7, Србија, e-mail: petarpodosoje@gmail.com

Extract of the manuscript: One of the specificities of reservoirs forming in highly karstified terrains is reflected in the wide range of unknowns, specifically during reservoir formation, filling and operation. Unfortunately, despite complex research, many reservoirs constructed in karst terrains have problems with water losses from the reservoir to other aquifers due to ponor and ponor zones which are a common in the karst of Eastern Herzegovina. One of such zones is Šuković ponor located in the southern part of the Cerničko polje (future reservoir area). The wider area of Šuković ponor is located at the contact of the Turonian limestones and the Pliocene-Eocene flysch, which forms the Cerničko polje. Still, most of the area is formed on karstified limestones. During July 2018, hydrogeological investigations of the ponor zone were carried out with the goal to define the water permeability of the limestone rocks. Four boreholes, with a depth of max. 40 meters, were drilled within this location. Based on borehole logging, data on lithology, as well as water permeability of the rocks were obtained. The results of the tests in boreholes indicate a high degree of heterogeneity and karstification of the rocks. According to data from WPT (water pressure tests) some remediation works will be needed in this zone with the aim of solving the problem of water leakage from the future reservoir. The applied methodology, together with the analysis and synthesis of previous results, provides a good basis for further research in this area, primarily with the aim of surface reservoir forming in the Cerničko polje.

Key words: karst, Šuković ponor, Cerničko polje, rock water permeability, Lugeon test

Кључне речи: карст, Шуковића понор, Церничко поље, водопропусност, Лижонов тест

Увод

Генерално, рад се односи на хидрогеолошке карактеристике јужне понорске зоне Церничког поља са посебним освртом на резултате добијене тестовима ВДП (VDP) - водопропусности (Лижонов тест) изведеним у четири истражне бушотине. Ради се о типичном карстном пољу, гдје се на сјеверном дијелу јављају дренажне зоне-извори, док се на јужним и југоиточним дијеловима појајављају понори. Шуковића понор има повремени карактер и служи за прихватање вода које се услед превазилажења капацитета гутања Кључког понора преливају у правцу села Степен. Претходна истраживања говоре да се: „Резултати вишегодишњих истраживања шире зоне Церничког поља односе на концепцију коришћења овог простора за акумулирање вода које се природним и дијелом вјештачким путем транспортују из

зоне Гатачког поља које је хипсометријски више ка Фатничком пољу и врелима Требишњице на хипсометријски нижим котима од Церничког поља¹. Управо, за потребе дефинисања могућности формирања површинске акумулације у Церничком пољу изведен је одређени број хидрогеолошких истраживања: опит обележавања, истажно бушење као и геофизичка испитивања дебљине флишних наслага, са циљем осматрања флукуације подземних вода зоне Церничког поља у различитим хидрогеолошким и хидролошким условима. Изведена истраживања дала су добру подлогу за будућа детаљнија истраживања овог подручја.

Опште карактеристике истражног подручја

Шира зона подручја истраживања представља југоисточни дио Републике Српске. Церничко поље (Слика 1.), спада међу мања карстна поља са површином од око 3 km². Подручје је брдско-планинско са великим бројем увала, брда, вртача, понора, извора, пећина као и свих других подземних и површинских морфолошких облика карактеристичних за карст. Надморска висина поља креће од 817 до око 855 m.n.m.



Слика 1. Географски положај понорске зоне Шуковић са приказом геолошке грађе и локацијама нових истражних бушотина (K₂- туронски кречњаци, Pc, E- плиоценско-еоценски флиш)

Простор припада режиму измјењене маритимне климе, на прелазу према континенталној. Просјечне годишње падавине су уједначене и износе од 1500 до 2000 mm воденог талога. Просјечна температура износи 9,2 °C. Претходна истраживања показала су да се: „Подручје истраживања налази у граничном дијелу Спољашњих и Унутрашњих Динарида. Одликује се сложеном геолошком и тектонском грађом². Издвајају се три тектонске јединице: Тектонска јединица Мека

¹ Сорајић С., Милановић С. (2018). Елаборат о хидрогеолошким карактеристикама функционисања Церничког поља у периоду малих и великих вода, стр. 1

² Мирковић М., et al.: Тумач за лист Гацко К34-26, стр. 11

Груда – Сњијежница, Тектонска јединица Бјеласице и Кучка тектонска јединица. Шуковића понор формиран је у оквиру туронских кречњака, док његов сјеверни дио, тј. ободни дио Церничког поља, изграђује плиоценско-еоценски флиш. Ранијим опитом обиљежавања Шуковића понора утврђена је подземна веза са повременим врелима Ободом и Бабом у Фатничком пољу и врелима Требишњице, (Милановић П., 2021).

Примјењена методологија

Истраживања описаног подручја реализована су кроз теоретски приступ и детаљна теренска истраживања. Теоретски приступ се односио на синтезу, класификацију и анализу расположиве фондовске документације. Реконгосцирање терена, као почетна теренска активност, обухватала је дефинисање тачног координатног положаја будућих истражних бушотина. На љето 2018. године израђене су 4 истражне бушотине (ИБП 1/18, ИБП 2/18, ИБП 3/18 и ИБП 4/18) у зони Шуковића понора (слика 2. и 3.), на ободу Церничког поља, (Сорајић & Милановић, 2018). Бушотине су изведене до дубине од 40

m, са континуалним језгровањем, картирањем језгра као и извођењем теста водопрпусности (VDP). Након испитивања у њима је изведена и уградња пијезометарских конструкција, пречника Ø 2’’).



Слика 2. Бушење истражних бушотина на пројектованим локацијама Церничког поља (Сорајић & Милановић (2018))

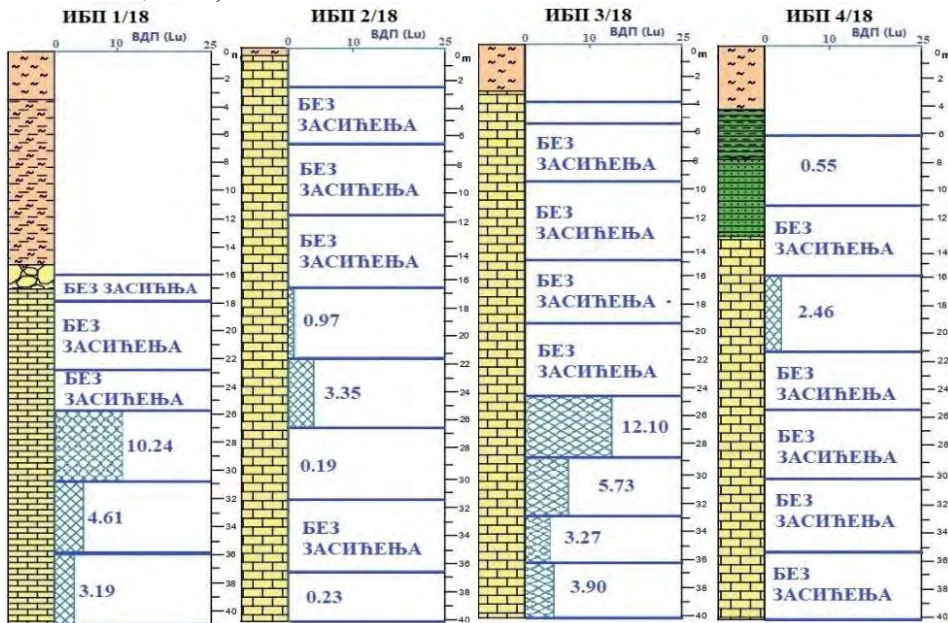


Слика 3. Извођење опита ВДП на новоизбушеним бушотинама (Сорајић & Милановић (2018))

Испитивање водопрпусности изведено је на свим истражним бушотинама помоћу Лижоновог теста и то у етажама појединачних дужина од 5 м силазним поступком и притисцима на манометру од 2-4-6-8-10-8-6-4-2 бара. Бушотине су прво бушене до дубине доње границе првог интервала, затим су се заптивала уста бушотине, након чега се приступало извођењу опита ВДП-а.

Резултати и дискусија

Литолошки профил изведених бушотина је поприлично једноличан, а у највећој мјери га изграђују туронски кречњаци. Они су најчешће покривени глином и лапорцима, док се на неким мјестима сусрећу прослојци лапорца и пјешчара. У највећем дијелу бушотина није се могло постићи засићење, што указује на велики степен карстификације стијена. Вриједности Лижонових јединица (Lu) крећу се од готово хомогених водонепропусних дијелова до потпуно карстификованих интервала. На слици 4. дати су литолошки профили свих бушотина са приказаним интервалима испитивања водопропусности и њеним вриједностима датим у Лижонима (Lu). Спровођење оваквих тестова са циљем одређивања водопропусности средине, са собом носи и одређене проблеме, посебно везане за немогућност дефинисања квантитативне (бројчане) вриједности. Етаже у којима није могуће постићи засићење генерално се везују за екстремно водопрпусне дијелове односно за постојање каверни, канала и пуктина већег зијева. У таквим случајевима примања воде су толико велика да није могуће остварити било какав притисак (Енергопројект, 2021). Посматрано у вертикалном профилу, најизраженија водопрпусност налази се у зони највеће карстификације и испуцалости која је уједно и зона најизраженијих осцилација нивоа. У тој зони се налазе канали, каверне и пукотине под сталним динамичким утицајем вода које се крећу кроз издан,



Слика 4. Истражне бушотине (са лијева на десно ИБП 1/18, ИБП 2/18, ИБП 3/18, ИБП 4/18) са приказаном литологијом, етажама испитивања водопропусности и приказим вриједностим у Лижонима (Lu)



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Оваква испитавања имају посебан значај за прогнозу понашања стјенске масе у односу на инжењерска рјешења и објекте. Тако да се може дати процјена да ли је оправдано градити објекат на предложеној локацији, те утврдити које мјере санације могу да буду примјењене (Милановић П., 1999).

Закључак

Још од средине двадесетог вијека, па до данас, на подручју Церничког поља примјењиване су различите методе хидрогеолошких истраживања, а чији су резултати и добијени подаци често упућивали на потребе за новим испитивањима, прије свега оним који ће прецизније дефинисати водопропусност стијенских маса у неким значајним локацијама будуће акумулације. Спроведени опити водопропусности указали су на значајну хетерогеност кречњачких стијена у погледу њихове водопропусности. Добијене вриједности водопропусности су биле веома различите, од готово хомогених водонепропусних дијелова, до потпуно карстификованих интервала, што и указује на потребу за интервенцијама у понорској зони које би требале да обухвате антифилтрационе радове, односно радове који ће смањити губитке воде из будуће акумулације. Сагледавањем цјелокупне слике и узимајући у обзир циљ прикупљања података, а то је могућност формирања површинске акумулације, уочава се потреба за извођење нових истраживања, од којих се очекује да ће пружити додатне одговоре везане за питања која су од значајна за израду даљих хидрогеолошких и хидротехничких идејних рјешења

Литература

- Милановић П. (1979). Хидрогеологија карста И методе истраживања. Требиње: ХЕ на Требишњици
- Милановић П., (1999). Геолошко инжењерство у карсту, Београд: Енергопројект
- Милановић П., (2021). Карст Источне Херцеговине и Дубровачког приобаља, Бања Лука: Бина
- Мирковић М, Калвезић М., Пајовић М., Рашковић С., Чепић М., Вујисић П., (1980). Тумач на лист Гацко К 34-26, Београд: Савезни геолошки завод
- Сорајић С., Милановић С., (2018). Елаборат о хидрогеолошким карактеристикама функционисања Церничког поља у периоду малих И великих вода, Билећа: *Geo Eco Group d.o.o*
- Енергопројект-Хидроинжењеринг. (2021). Извјештај о геолошким и хидрогеолошким условима за потребе акумулације Церница, Требиње: МХ ЕРС, ЗП: Хидроелектране на Требишњици



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN EPIKARST
GROUNDWATER OF THE EASTERN SUVA PLANINA MT.**

**СПЕЦИФИЧНА ЕЛЕКТРИЧНА ПРОВОДЉИВОСТ ПОДЗЕМНЕ
ВОДЕ У ЕПИКАРСТУ ИСТОЧНИХ ПАДИНА СУВЕ ПЛАНИНЕ**

Бранислав Петровић¹

¹Центар за хидрогеологију карста, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Србија, e-mail: branislav.petrovic@rgf.bg.ac.rs

Extract of the manuscript: The epikarst is a part of the karst outcrop that is located within the unsaturated zone and represents a complex point of contact and mixing of unconsolidated material from the terrain surface. The correct and complete perception of epikarst, its degree of development and the presence on the limestone terrain can be achieved with a multidisciplinary approach. The study area for the applied multidisciplinary research was the Eastern part of karst massif Suva Planina Mt. One important part of the research was dye tracing test at Peč cave microlocation, with temperature -T and specific electrical conductivity -Ec monitoring. The results of Ec measurements show a certain constancy of the specific electrical conductivity at one location, but also the difference between "neighboring" locations. In accordance with the measured values, 3 groups with similar values were distinguished that somewhat correspond to the different types of water flow occurring in the unsaturated (epikarst) zone.

Key words: epikarst, specific electrical conductivity, Suva Planina Mt., Peč cave

Кључне речи: епикарст, специфична електрична проводљивост, Сува Планина, пећина Печ

Увод

Постојање епикарста у оквиру већ комплексне карстне издани, почело је да се намеће истраживачима средином седамдесетих година прошлог века (Mangin, 1973, 1975). У већини карстних области и карстних изданских система треба очекивати присуство епикарст зоне. Дебљина зоне епикарста може варирати у широком дијапазону, од 10 cm до 30 m, а уобичајено се процењује од неколико метара па до 10-15 метара (Klimchouk, 2000, 2004). Главне карактеристике епикарста су акумулирање подземне воде и стварање услова за формирање концентрисаних токова ка подини – правој карстној издани. Дренажање кроз епикарст може бити веома брзо, посматрано у вертикалном правцу, али изузетно споро у хоризонталном. Одређене количине инфилтрираних вода могу бити акумулиране у епикарстној издани неколико година, а могу да константно мигрирају на одређену удаљеност, хоризонтално унутар зоне епикарста.

Настанком епикарста у оквиру надизданске зоне карстног система у процесу карстификације и еволуцијом процеса уз развој свих пратећих елемената бавили су

се: Klimchouk & Andrejchuk (1996), Klimchouk et al (1996), Atkinson (1997), Hudson & Harrison (1997), Price & Knill (2009), Price & de Freitas (2009). Међутим, најзначајније закључке о еволуцији карстног процеса (самим тим и епикарста) донели су: Gunn (1985); Williams (1983, 1985), тј. Ford & Williams (2007); Klimchouk (1987, 1995, 2000, 2004). Концепт епикарста је још увек подложен научној расправи, а то се најбоље огледа у великом броју дефиниција којим се описује ова природна појава (Klimchouk, 2004). Разлог је велика просторна варијабилност епикарста посматрано локално, регионално или на нивоу целог света, али и лоше познавање еволуционе променљивости епикарста.

Геолошка грађа Суве планине је комплексна и последица је вишеструких тектонских догађаја, који су довели до настанка антиклинале правца пружања северозапад-југоисток и каснијег издизања њеног северозападног дела (Vujišić et al, 1971; Petrović, 2020; Petrović & Marinović, 2021). Карбонатни седименти, најчешће кречњаци различитог степена чистоће и доломити, изграђују крила антиклинале, чији пад слојева је ка североистоку и југозападу. Тектонски склоп и чистоћа кречњака утицали су и на степен карстификације карбонатних стена доњотријаске, горњојурске и доњокредне старости, па се у оквиру њих могу издвојити карстно-пукотински и карстни тип издани (Petrović, 2020). Истражно подручје је обухватило источне падине Суве планине, док је микролокација истраживања била пећина Печ, изнад села Бежиште, око 2,3 km од села и истоименог карстног извора. Улазни отвор пећине Печ (Слика 1а) налази се на висини од 885 m.n.m., пећински канал је једноставног тунеластог облика, дуг око 20 метара, улазни отвор пећине има изглед елипсе, широк је 7,5 m, висине 2-2,5 m, док је дворана на највишем делу висока 10,43 m. Изнад самог улаза у пећину се до висине од 10,5 m пружа кречњачки одсек.



Слика 1. а) улаз у пећину Печ; б) посуде за прикупљање воде; ц) план пећине и распоред посуде за прикупљање воде



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



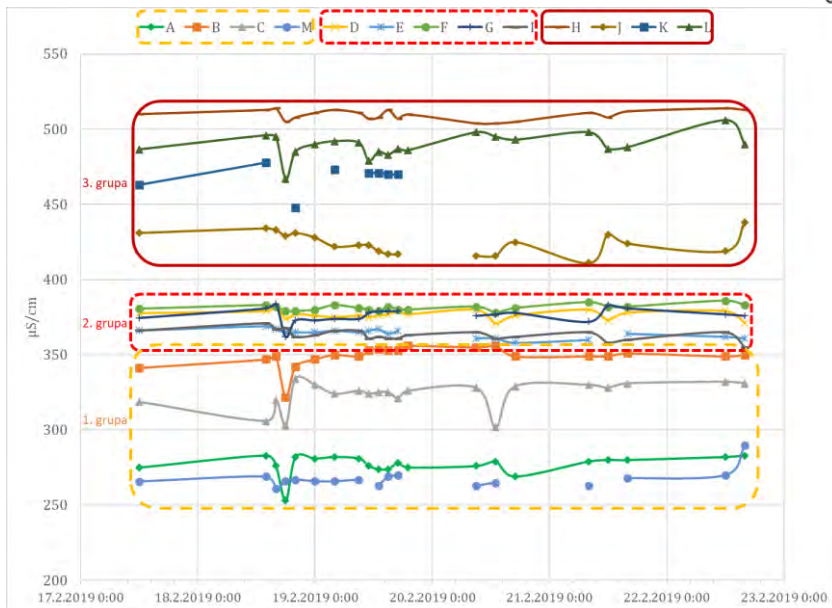
Методe

У циљу дефинисања утицаја епикарста на функционисање карстног изданског система, а у погледу режима квантитета и квалитета воде, као и одређивања способности епикарста да пречисти подземне воде примењен је мултидисциплинарни приступ. Теренска истраживања као и експерименти на локацији пећине Печ, спроведени су ради дефинисања основних параметара епикарста. Током теренског експеримента трасирања је одређена брзина кретања инфилтриране воде кроз повлату пећине Печ, у овом случају слој епикарста, помоћу инертног обележивача (Na-флуоресцеин). Трасер је примењен за потребе дефинисања брзине инфилтрације површинске воде и брзине циркулације у зони епикарста на локацији пећине Печ (Petrović, 2020).

Током опита, осим узимања узорака за прецизно одређивање концентрације трасера, вршен је и мониторинг температуре процедурне воде (Т) и специфичне електричне проводљивост (Ес) уз помоћ теренског уређаја: WTW - Cond 340i/set. Локација је одабрана, јер омогућава да се на малом простору изведе трасирање тока подземне воде кроз повлатне слојеве пећине сачињене од земљишта, епикарста и карстификованог кречњака, и њено прикупљање на местима где је вода капала са таванице пећине. На локацијама унутар пећине Печ постављене су посуде (Слика 1б) да би се одредиле количине воде које се процеђују, и на тај начин дефинисале локације (на крају 13 позиција) на којима ће бити могуће вршити узорковање воде тј. локације на којима се процеди довољно воде за мерење Ес (Слика 1б и 1ц).

Резултати

Мерења специфичне електричне проводљивости (Ес) су вршена у истим временским интервалима, када је вршено и узорковање воде за мерење концентрације обележивача. Резултати мерења Ес показују одређену константност величине специфичне електричне проводљивости на једној локацији током мониторинга, али и разлику између „суседних“ локација (Слика 2). У складу са резултатима креиране су 3 групе са сличним вредностима Ес: **1. група:** локације А, В, С и М, са вредностима Ес испод 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$; **2. група:** D, E, F, G и I, са вредностима Ес између 355 и 390 $\mu\text{S}/\text{cm}$; и **3. група:** H, J, K, L, са вредностима Ес изнад 410 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Слика 2. Дијаграм вредности специфичне електричне проводљивости измерених у пећини Печ током експеримента

Закључак

Група 1 условно се може посматрати као најближа улазу, а истовремено то су локације изнад којих се налази најдебљи слој карстификованог кречњака. Вода која се дренира на локацијама 2. групе је имала довољно времена да хомогенизује свој састав у погледу растворених минералних материја, што видимо и по јако малим променама у вредностима Ес током експеримента. Измерене вредности Ес у том делу пећине су више и највероватније последица присуства развијенијег епикарста у повлати пећине. Иако је дебљина надслоја изнад локација 3. групе око пет метара, вода на свом путу пролази кроз дебљи слој земљишта и епикарста него изнад других делова пећине, па се обогатила минералним и органским материјама, самим тим је и просечна вредност Ес у овој групи највиша. Групе донекле кореспондирају и распореду примарних и других канала и пукотина којима подземна вода циркулише кроз овај слој, али са одређеним одступањима чије узроке треба тражити у дебљини слоја епикарста, удела различите количине кластичног материјала, дебљине и врсте земљишта, као и типа вегетационог покривача на наведеној локацији.

Литература

Atkinson TC, 1997: Diffuse flow and conduit flow in limestone terrain in the Mendip Hills. Somerset (Great Britain), J. Hydrol., 35, 93-103.



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



- Вујисић Т. et al, 1971: ОГК СФР Југославије, лист Бела Паланка К 34-33 тумач и карта, Р=1:100.000, Савезни геолошки завод (СГЗ), Београд, п. 69
- Hudson J.A. & Harrison J.P., 1997: Engineering rock mechanics: an introduction to the principles, Pergamon, Tarrytown, NY, p. 444
- Kiraly L., 2003: Karstification and Groundwater Flow, Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, Vol 1, Issue 3, pp. (Republished from Gabrovšek, F. (Ed.). 2002. Evolution of karst: from prekarst to cessation. Postojna-Ljubljana, Založba ZRC, 155-190.)
- Klimchouk A.B., 1987: Conditions and peculiarities of karstification in the shallow subsurface zone of carbonaceous massifs, Caves of Georgia, v. 11, (In Russian, res. Engl.), pp. 54-65.
- Klimchouk A.B., 1995: Karst Morphogenesis in the epikarstic zone, Cave and Karst Science, Vol. 21, No. 2, Transactions of the British Cave Research Association, pp. 45-50
- Klimchouk A.B., 2000: The formation of epikarst and its role in vadose speleogenesis, In: Speleogenesis: Evolution of karst aquifers (Eds. Klimchouk A.B., Ford D.C., Palmer A.N. and Dreybrodt W.), National Speleological Society of America, pp. 261-273, Huntsville, AL-USA
- Klimchouk A.B., 2004: Towards defining, delimiting and classifying epikarst: Its origin, processes and variants of geomorphic evolution, Speleogenesis and evolution of karst aquifers, The Virtual Scientific Journal, pp. 1-13
- Klimchouk A.B. & Andrejchuk V.N. 1996: Breakdown development in cover beds, and landscape features induced by intrastratal gypsum karst. In: Gypsum Karst of the World (Klimchouk A.B., Lowe D., Cooper A., and Sauro U. (eds.)), , International Journal of Speleology Theme issue 25 (3-4), pp. 127-144
- Klimchouk A.B., Ford D.C., Palmer A.N., Dreybrodt W. (eds), 1996: Speleogenesis; Evolution of Karst Aquifers, National Speleological Society Press, Huntsville, AL, 527 pp.
- Mangin A., 1973: Sur la dynamiques des transferts en aquifere karstique, Proceedings of the 6th International Congress of Speleology, Olomouc, CSSR, Vol. 6, 157-62
- Mangin A., 1975: Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques, 3eme partie, Constitution et fonctionnement des aquifères karstiques. Ann Spéléol 30(1):21-124
- Petrović B., 2020: Funkcionisanje i uticaj epikarsta na režim, bilans i kvalitet podzemnih voda istočnog dela karstnog sistema Suve planine, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
- Петровић Б., Мариновић В., 2021: Примена дискретног ауторегресивно – кросрегресивног модела покретног просека за прогнозу дневних вредности издашности врела Мокра и Дивљана, Zapisnici Srpskog Geološkog Društva, Srpsko geološko društvo, Beograd, ISSN: 0372-9966, pp. 1-14
- Price D.G. & Knill J., 2009: Ground Response to Engineering and Natural Processes, in: Engineering Geology - Principles and Practice (ed. de Freitas M. H.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 229-246
- Price D.G. & de Freitas M. H., 2009: Withdrawal of Support by Surface Excavations, in: Engineering Geology - Principles and Practice (ed. de Freitas M. H.), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 247-294
- Williams P.W., 1983: The role of the subcutaneous zone in karst hydrology, Journal of Hydrology, 61, pp. 45-67
- Williams P.W., 1985: Subcutaneous hydrology and the development of doline and cockpit karst. Zeitschrift für Geomorphologie, 29(4), pp. 463-482



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



Thematic session dedicated to memory of prof. Dušan Gavrilović:

KARST GEOMORPHOLOGY AND SPELEOLOGICAL RESEARCH

Тематска сесија посвећена успомени на проф. Душана Гавриловића:

ГЕОМОРФОЛОГИЈА КАРСТА И СПЕЛЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**RESEARCH OF SURFACE DENUDATION IN THE AREA OF NP
"KRKA" AND NP "SEVERNI VELEBIT" USING THE LIMESTONE
TILES METHOD**

**ISTRAŽIVANJE DENUDACIJE POVRŠINE NA PODRUČJU NP „KRKA“
I NP „SJEVERNI VELEBIT“ METODOM VAPNENAČKIH PLOČICA**

Dražen Perica¹, Kristina Krklec² & David Domínguez-Villar³

¹ Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru, Hrvatska, dperica@unizd.hr

² Zavod za pedologiju, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska, kkrklec@agr.hr

³ Geološki odsjek, Prirodoslovni fakultet, Sveučilište u Salamanci, Španjolska, ddvillar@hotmail.com

Extract of the manuscript: Rock weathering plays important role in landscape formation, especially in carbonate areas. Here, soluble carbonate rocks are being chemically weathered (dissolved) resulting in development of karst landscape. Rock dissolution products are quickly removed from the surface (mostly transported underground), allowing measurements of surface denudation. Northern Velebit National Park and Krka National Park are built from carbonate rocks of different susceptibility to weathering, resulting in their differential weathering and formation of the karst relief. To measure the intensity of rock weathering and the rate of surface denudation, we used two methods: (1) the method of measuring the mass loss of rock tablets exposed to natural environment and (2) direct measurements on exposed surfaces using micro-erosion meter. In rock tablet method we used (a) "standard" limestone tablets and (b) tablets of local rocks, placing the sets of tablets on the surface, but also in the ground, i.e., at the soil-rock contact. Preliminary results show that the intensity of rock weathering measured using rock plates depends on their lithology, but also on local environmental factors. Furthermore, the intensity of denudation measured with a micro-erosion meter is lower than that measured with rock tablets.

Key words: rock wear, denudation, rock tiles, micro-erosion meter, NP Krka, NP Sjeverni Velebit
Ključne riječi: trošenje stijena, denudacija, stijenske pločice, mikro-erozijski metar, NP Krka, NP Sjeverni Velebit

Uvod

Trošenje stijena ključna je komponenta stijenskog ciklusa koja transformira stijene u sedimente, tlo i/ili otapa minerale, te igra važnu ulogu u razvoju reljefa i evoluciji krajolika. Krški se reljef uglavnom razvija na karbonatnim stijenama, te se proces kemijskog trošenja (otapanja) često smatra glavnim procesom oblikovanja, iako mehaničko trošenje stijena ne smije biti zanemareno. Razvoj krškog reljefa stoga je rezultat složenih interakcija između litologije, klime, hidrologije, tla, vegetacije i tektonike.

Dinarsko područje dominantno je izgrađeno od kemijski „čistih“ vapnenaca, te su produkti kemijskog trošenja (ioni) momentalno transportirani vodom u podzemlje, bez zadržavanja



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



na trošenoj površini. Stoga je na karbonatnim područjima moguće mjeriti intenzitet denudacije, odnosno snižavanja (i razvoja) krškog reljefa. S obzirom da intenzitet trošenja stijena (i denudacije) ovisi o nizu lokalnih čimbenika a koji u novije vrijeme uključuju i antropogene utjecaje, cilj ovog istraživanja bio je dobiti uvid u intenzitet denudacije na dva znatno različita područja dinarskog krša. Područje NP Krka i područje NP Sjeverni Velebit dio su dinarskog krškog područja, a izgrađuju ih uglavnom karbonatne stijene različite podložnosti trošenju, te dolazi do njihova diferencijalnog trošenja i oblikovanja krškog reljefa.

Područje istraživanja

Područje NP Krka, smješteno je u središnjem dijelu Sjevernodalmatinske zaravni., a grade ga uglavnom karbonatne stijene (vapnenci, dolomiti, konglomerati, te lapori). Prosječna godišnja temperatura zraka na području NP Krka varira između 16,0 i 12,0 °C. Prosječna godišnja količina oborina uglavnom ne prelazi 1000 mm, uz nepovoljan pluviometrički raspored. Najveća količina oborina karakterizira hladniji dio godine, dok su minimalne količine oborina zabilježene tijekom ljetnih mjeseci.

Područje NP Sjeverni Velebit, obuhvaća vršnu, sjevernu zonu planine Velebit. U građi ovog područja također dominiraju karbonatne stijene (vapnenci, dolomiti i breče). Prosječna godišnja temperatura zraka na području NP Sjeverni Velebit varira između 3,0 i 12,0 °C. Ukupna godišnja količina oborina na ovom području znatno je viša i varira između 1200 i 2600 mm. Iako i ovo područje karakterizira sezonski raspored oborina (maksimum oborina tijekom hladnijeg dijela godine), razlike u količini oborina između hladnijeg i toplijeg dijela godine znatno su manje nego na području NP Krka.

Mjerenja intenziteta denudacije

Intenzitet trošenja stijena i denudacije površine na područjima NP „Krka“ i NP „Sjeverni Velebit“ mjenen je upotrebom dviju metoda: (1) metodom mjerenja gubitka mase stijenskih pločica izloženih otapanju u različitim okolišima i (2) direktnim mjerenjima na izloženim površinama s mikro-erozijskim metrom.

Metoda stijenskih pločica počinje se primjenjivati 50-ih godina prošlog stoljeća (Chevalier, 1953; Gams, 1959), a zbog jednostavnosti primjene ubrzo je postala jedna od osnovnih metoda za mjerenje denudacije krških područja (Krklec et al., 2021). U ovom istraživanju korištene su (a) „standardne“ vapnenačke pločice i (b) pločice od autohtonih stijena. „Standardne“ vapnenačke pločice izrađene su od gornjekrednog (senonskog) vapnenca iz kamenoloma pokraj Lipice (Slovenija). Ovi vapnenci sadrže 97,9 - 98,7 % CaCO_3 , a pločice su promjera su 42 mm, te debljine 3 - 4 mm (Gams, 1985). Njihova upotreba omogućava usporedbu rezultata s drugim istraživanjima regionalno (npr. Gams, 1985; Gavrilović, 1986), ali i globalno (npr. Ivanov et al., 1983; Day, 1984; Delannoy, 1981; Droppa, 1985; Zhang, 1989).



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Također, korištene su i „autohtone” stijenske pločice izrađene od lokalnih stijena kako bi se dobile točne vrijednosti intenziteta denudacije koje odgovaraju pojedinom okolišu. Setovi pločica postavljeni su na nekoliko lokacija unutar svakog nacionalnog parka, na površini, ali i u profil tla, odnosno na kontakt tlo/stijena. Dubina postavljanja pločica ovisila je o dubini pedološkog pokrova i skeletnosti tla.

Modificirana verzija mikro-erozijskog metra korištena je za direktna mjerenja intenziteta denudacije. Mikro-erozijski metar (Trudgill et al., 1981) baziran je na mikrometru montiranom na metalni jednakostranični trokut, nožicama (koje se nalaze u svakom uglu tog trokuta) položen na vijke od nehrđajućeg čelika. Vijci su fiksirani u površinu stijene, a oblik nožica prečavanja pomicanja mikro-erozijskog metra tijekom mjerenja.

Preliminarni rezultati istraživanja pokazali su da intenzitet trošenja stijena izmjeren korištenjem stijenskih pločica ovisi o njihovoj litologiji, ali i o značajkama lokacije na kojoj su pločice postavljene. Nadalje, intenzitet denudacije izmjeren mikrometrom niži je od onoga izmjerenog stijenskim pločicama.

Zaključak

Intenzitet denudacije istražen je na dvije lokacije na području dinarskog krša, na području NP Krka i području NP Sjeverni Velebit korištenjem metode stijenskih pločica u kombinaciji s mjerenjima mikro-erozijskim metrom. Uz stijenske pločice izrađene od lokalnih stijena, korištene su i „standardne” vapnenačke pločice, omogućujući usporedbu rezultata s podacima iz drugih krških područja.

Zahvala: Ova istraživanja dio su znanstvenog projekta IP-2018-01-7080 „Međusporedba metoda mjerenja denudacije krša” (KADEME), financiranog od strane Hrvatske zaklade za znanost.

Literatura:

- Chevalier P, 1953: Erosion ou corrosion? Essai de controle du mode de creusement des reseaux souterrains, Communications, 1er Congress Internationale Speleologique. Paris 35–39.
- Day M, 1984: Carbonate erosion rates in southwestern Wisconsin. *Physical Geography*. 5 (2), 142–149.
- Delannoy J J, 1981: Le Vercors septentrional: le karst de surface et le karst souterrain, Doktorska disertacija, Institut de Géographie Alpine, Grenoble, 528 str.
- Droppa A, 1985: Quelques expériences de mesures de la corrosion dans le karst de Demänova (Carpathes occidentales) Tchécoslovaquie, *Annales de la Société géologique de Belgique* 108, 209–212.
- Gams I., 1959. Poskus s ploščicami v Podpeški jami. *Naše Jame* 12, 76–77.
- Gams I, 1985: Mednarodne primerjalne meritve površinske korozije s pomočjo standardnih apneniških tablet. *Razprave IV. reda SAZU*, 361–386.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



- Gavrilović D, 1986: Utjecaj klime na intenzitet kraškog procesa u Srbiji i Crnoj Gori.. Naš krš 12, 9-15.
- Ivanov V N, Sevastjanov, E. M., Šutov, J. I., Mamatkilov, M. M., Cikin, R. A. 1983: Pervie rezultati eksperimentalnogo issledovanja karstovoi denudacii v SSSR, Geologičeskij žurnal 3-43.
- Krklec K, Domínguez-Villar D, Perica D, 2021: Use of rock tablet method to measure rock weathering and landscape denudation. Earth-Science Reviews 212, 103449.
- Trudgill S T, High C J, Hanna F K, 1981: Improvements to the micro-erosion meter, Br. Geomorphol. Res. Group Tech. Bull. 29, 3-17.
- Zhang S, 1989: The measurement of karst denudation in Xizang (Tibet) and Zhejiang, China. In: Proceedings of the 10th International Congress of Speleology, 1, p. 60.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Karst
Belgrade, 2022**



**AN IMPACT OF REACTIVATED FAULTS ON THE DEVELOPMENT OF
KARST PROCESS: EXAMPLES FROM EAST SERBIAN CARPATHO-
BALKANIDES**

**УТИЦАЈ РЕАКТИВИРАНИХ РАСЕДА НА РАЗВОЈ КРАШКОГ
ПРОЦЕСА: ПРИМЕРИ ИЗ КАРПАТО-БАЛКАНИДА ИСТОЧНЕ
СРБИЈЕ**

Ана Младеновић^{1,2}

¹Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет, Србија,
e-mail: ana.mladenovic@rgf.bg.ac.rs

²Академски спелеолошко-алпинистички клуб Београд, Србија

Extract of the manuscript: Carpatho-Balkanides represent part of the complex Dinaric-Carpatho-Balkan orogenic system, that geomorphologically dominates the central part of the Balkan peninsula. The existence of this orogenic system is a result of closure of the Neotethys ocean and subsequent convergence of the Adriatic microplate and the Eurasian continent, that has been still active in the recent times. Such geodynamic characteristics conditioned complex tectonic structures, multiply reactivated during Late Cretaceous and Cenozoic. The main aim of this research is to determine impact of these reactivated faults on the formation and evolution of karst process in the area of the East Serbian Carpatho-Balkanides. This was done by studying the relationship of the evolution of karst caves or their specific conduits and mapped tectonic structures. Preliminary results from several karst caves show that proto-conduits are mainly formed along regionally important fault structures, occasionally assisted with mechanical erosion in areas of fault-related rocks.

Key words: Carpatho-balkan orogen; reactivated fault, speleological object, karst process

Кључне речи: Карпато-балкански ороген, реактивирани расед, спелеолошки објекат, крашки процес

Увод

Карпато-балканиди део су Динарско-карпато-балканског орогеног система, који заузима централно место на Балканском полуострву. Настанак и еволуција овог, двоструко вергентног орогеног система, везује се затварање океана Неотетиса крајем јуре и почетком креде, као и даљу конвергенцију Јадранске микроплоче и Евроазијског континента, која, уз промене у интензитету, траје и данас. Овакве геодинамичке карактеристике условиле су формирање комплексног сета тектонских структура, које су током горње креде и кенозоика биле активне више пута, с обзиром на то да је конвергенција током читавог овог периода имала готово непромењен правац (Mladenović et al. 2019).



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Главна структура Карпато-балканског орогена, која подразумева систем источно-вергентних навлака, формирана је у доњој креди, а исти системи навлака били су активни и током компресије у периоду од горње креде до почетка олигоцена (Сцхмид ет ал. 2008). Даља конвергенција, као и чињеница да се релативно близу на истоку налази ригидна Мезијска платформа, довела је до додатног сужења подручја Карпато-балканида и ротације тектонских јединица, које изграђују овај ороген, око Мезијске платформе. Ова ротација акомодирана је формирањем великих транскурентних раседа (*Cerna-Jiu* или Поречки расед који је био активан током олигоцена и Тимочки расед, активан у периоду миоцена), са кумулативним помаком од преко 100 km (*Sikošek* 1955). У западном делу орогена, ова деформација изазвала је екстензију великих размера, па осим транскурентних раседа, овде доминирају нормални раседи пружања исток – запад до североисток – југозапад (*Mladenović et al.* 2019).

Циљ овог рада је утврђивање значаја претходно поменутих, вишеструко активних раседних структура, на развој крашког процеса у подручју Карпато-балканида источне Србије, кроз проучавање зависности еволуције спелеолошких објеката или њихових појединачних канала и тектонских структура.

Геолошке и геоморфолошке карактеристике

Тектонски посматрано, подручје истраживања изграђују две регионално значајне јединице – Гетикум на западу, и Данубикум у источном делу истраживаног подручја. Гетикум структурно лежи преко Данубикума, а у тај положај ова тектонска јединица доведена је навлачењем у доњој креди. Литолошки, обе тектонске јединице изграђене су од палеозојских метаморфита и мета-седимената, преко којих леже доњотријаски кластити, а преко њих карбонати са више или мање кластичне компоненте, од средњотријаске до кредне старости (*Dimitrijević* 1997, *Kräutner and Krstić* 2003).

Геоморфолошки процес који доминира на истраживаном подручју је флувијални, с обзиром на геолошку грађу. Ипак у карбонатима су заступљени облици крашког рељефа. Узевши у обзир то да су карбонатне стене релативно дуго изложене на површини терена, као и чињеницу да су тектонски процеси били врло активни и формирали велики број механичких дисконтинуитета, крашки процес је у неким деловима истраживаног подручја веома интензиван, и на површини терена, али и у подземљу.

Резултати истраживања и дискусија

Прелиминарни резултати из неколико спелеолошких објеката указују на то да се почетна фаза формирања крашких канала махом одвијала дуж значајних раседних



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



структура, најчешће потпомогнута механичком ерозијом у подручјима интензивно развијених раседних стена. У даљој еволуцији крашких канала, као и самих пећина и јама, важну улогу имали су готово сви механички дисконтинуитети, а не само раседне структуре. Поред тектонских елемената, најважнију улогу има слојевитост, с обзиром на то да је често убрана. Баш у овим, наборним структурама, слично као и у подручјима интензивно развијених раседних стена, хемијска ерозија умногоме је потпомогнута и механичком ерозијом, тако да се на местима пресека регионално значајних раседа и слојевитости, или у теменим деловима набора (пресек слојевитости/фолијације и кливажа), често јављају дворане.

Овакве, тектонске импликације на развој спелеолошких објеката од великог су значаја код истраживања пећина и јама, јер могу да помогну у одлучивању о потенцијалу истраживања појединачних канала унутар самих објеката. Имајући у виду релативно комплексну геолошку грађу истраживаног подручја, овај тип истраживања треба извести систематски и формирати опште закључке, те на тај начин усмерити даља спелеолошка истраживања.

Литература

- Dimitrijević MD, 1997: Geology of Yugoslavia, Geological Institute GEMINI, Belgrade.
- Kräutner HG, Krstić B, 2003: Geological map of the Carpatho-Balkanides between Mehadia, Oravita, Niš and Sofia, Geoinstitut, Belgrade.
- Mladenović A, Antić MD, Trivić B, Cvetković V, 2019: Investigating distant effects of the Moesian promontory: brittle tectonics along the western boundary of the Getic unit (East Serbia), *Swiss Journal of Geosciences*, 112, 143-161.
- Schmid SM, Bernoulli D, Fügenschuh B, Maženco L, Schefer S, Schuster R, Tischler M, Ustaszewski K, 2008: The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: Correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 139-183.
- Sikošek B, 1955: Einige geotektonische beobachtungen im Ostteil Ostserbiens. *Recueil des travaux de l'institut de geologie Jovan Žujović*, 8, 11-19.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



SPELEOLOGICAL GEODIVERSITY OF GOLIJ A NATURE PARK

**СПЕЛЕОЛОШКИ ОБЈЕКТИ ГЕОДИВЕРЗИТЕТА ПАРКА ПРИРОДЕ
ГОЛИЈА**

**Александар Петровић¹, Душица Трнавац Богдановић¹, Ивана Царевић¹
& Наталија Батоћанин¹**

¹Географски факултет Универзитета у Београду, Србија, e-mail:
(aleksandar.petrovic@gef.bg.ac.rs)

Extract of the manuscript: Mount Golija was originally protected as a nature park in 2001, and in the same year its larger part was declared a Biosphere Reserve under the protection of UNESCO. Golija is protected due to its significant biodiversity values. However, there are a large number of protected geosites on the territory of the Nature Park. In recent years, detailed research has been carried out in order to register all geodiversity objects. Special attention was paid to the few but interesting speleological objects of geodiversity. So far, five objects have been investigated, mapped and recorded. They are smaller in size, but of very interesting genesis and geological structure.

Key words: geodiversity, Golija nature park, caves, sustainable speleotourism

Кључне речи: геодиверзитет, Парк природе Голија, пећине, одрживи спелеотуризам

Увод

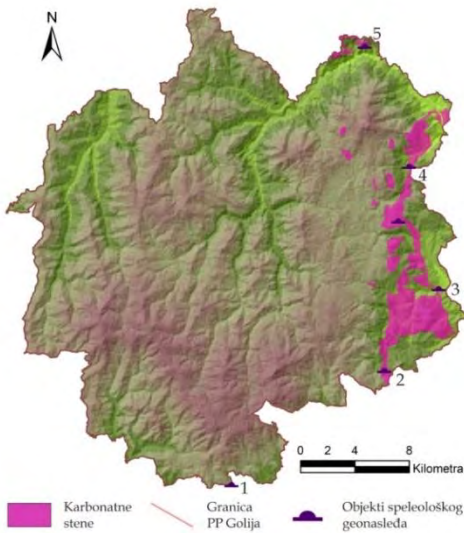
Планински масив Голије највиши је у југозападној Србији (Јанков камен, 1833 m n.v.). Ограничен је долинама Рашке и Људске реке на југу, средњим током Студенице на северу и североистоку, Ибра на истоку и Моравице на западу. Изворишни део Студенице усекао је долину кроз северни део Голије и разбио га у две целине. Услед тога је планински масив најшири у јужном делу (23 km), док највећу дужину простирања има правцем југ-североисток (32 km) (Слика 1). Због своји природних карактеристика, посебно биолошких, Голија је 2001. године проглашена за парк природе. Парк природе Голија обухвата читаву палнину и простира се на 75.183 ha површине (Уредба, 2001).

Специфичне природне, али и антропогене вредности допринеле су да већи део парка природе буде исте године проглашен Резерватом биосфере UNESCO-а, под називом „Голија-Студеница“.

Последњих година ради се на идентификацији и евидентирању геонаслеђа на простору Парка природе Голија, на иницијативу управљача природним добром. У оквиру тих истраживања посебна пажња је била посвећена и спелеолошким објектима.

Геолошке и геоморфолошке карактеристике

Карбонатне стене, као основа за развој крашких облика у рељефу, налазе се у уском појасу на истоку Парка природе (Урошевић и др., 1973; Мојсиловић и др., 1973). Највећа ширина овог појаса меридијанског правца пружања је око 4 km, док у најужим деловима износи свега неколико стотина метара (Слика 1). Уз крашки појас постоји и неколико мањих крашких оаза у којима су развијени специфични крашки облици.

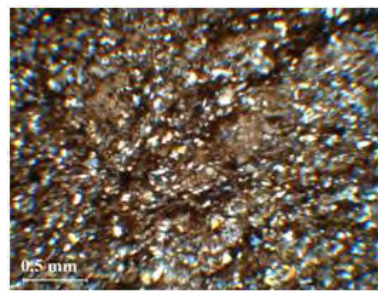


Слика 1. Рељеф Парка природе Голија и објекти спелеолошког геодиверзитета у њему (1 – Пећина у Тењкову; 2 – Пећина у Тлачини; 3 – Пећина у брду Петров кри; 4 – Пећина испод Стрмца; 5 – Испосница Св. Саве)

Већина од истраживаних спелеолошких објеката није изграђена у класичним карбонатним стенама. Само је пећина у Тлачини смештена у тријаским масивним и банковитим кречњацима. Пећина у Стрмцу и горња испосница Св. Саве изграђене су у мермерисаним кречњацима. Мала пећина у Петровом кршу је у бигру (Слика 2), док је пећина у Тењкову изграђена у органогеним пешчарима са CaCO_3 везивом (Слика 3).



Слика 2. Бигар Петровог криша



Слика 3. Теригени кварц и CaCO_3 везиво

Пећине Голије

Крашки рељеф на Голији није значајније развијен. Од површинских облика уочљив је мањи број сувих долина, дужине неколико стотина метара. Разлог за ово лежи у чињеници да карбонати на површину избијају на гребенима или на стрмим странама клисура. Други разлог јесте тип карбонатних стена заступљених на Голији. Исти је случај и са подземним облицима. Малобројни су и нису великих димензија. Међутим, и као такви спадају у специфичне облике спелеолошког геонаслеђа због генезе и типа стена у којима су настали (Петровић и др., 2022). Сви објекти су били познати само локалном становништву, осим пећине у Петровом кршу (Маринчић и др., 2019).



Пећина у Тлачини најдужи је од пет истраживаних објекта (Слика 4). Укупна дужина канала износи 252 m. Пећина има јамски улаз који води у Велику дворану, вештачки запуњен стеновитим материјалом. Активни улаз у пећину налази се 25 m низбрдо. Главни канал се протеже од улаза до силаска у Велику дворану. Пролази кроз две мање дворане. Нижи ниво чини канал истог правца пружања као главни канал и слепо се завршава испод улазне дворане. Главни канал и дворане у њему плитко су испод површине, што доказују многобројни пробоји кореновог система кроз пукотине у стени. Пећина у Тлачини је уједно најбогатија накитом.

Слика 4. Канал у средишњем делу пећине у Тлачини (фото: Д. Томић)

Друга по дужини је **пећина у Тењкову** (Слика 5). Налази се на самом ободу Парка природе у веома уском појасу спрудних бреча (Мојсиловић и др., 1973). Ово је пећина развијена на неколико раседа меридијанског правца пружања. Улаз у пећину изграђен је на једном од ових раседа и има висину од 11 m а ширину од 1,5 m. Пећина се простире у три нивоа са централном Двораном блокова. Уски канали пуни резидуалне глине слепо се завршавају у више праваца. Највиши и најнижи ниво повезани су вертикалним каналом висине 9 m. Лавиринт пећинских канала има укупну дужину 167 m.

Пећина под Стрмцем налази се по средини одсека који чини десну страну клисуре Бравине. До улаза (Слика 6) је могуће доћи само техничким пењањем. Пећина је развијена по међуслојној пукотини нагиба 38° и правца пружања 78° . Дуга је свега 20 m и простире се готово у меридијанском правцу.

Још један од специфичних пећина Парка природе је **пећина у брду Петров крш**. Брдо представља велику палеоакумулацију бигра, на којој је изграђен и средњевековни манастир Градац. Бигар је додатно калцитисан и изразито је

компактан (Слика 2). Пећински канали су изграђени по међуслојној пукотини правца пружања југоисток-северозапад и нагиба 60° . Ова мала пећина се након 3,5 m дугог улазног дела рачва у два канала, леви и десни. Десни канал је дужи (Слика 7) и у свом крајњем делу се пење стрмо уз пукотину ка површини. Укупна дужина пећине износи свега 12,5 m.



Слика 5. Канал у најнижем нивоу пећине у Тењковоу (фото: Д. Томић)

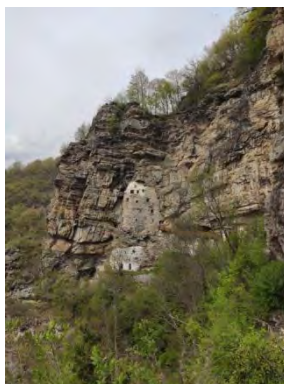


Слика 6. Улаз у пећину под Стрмцем (фото: Д. Томић)

Последњи објекат представља више окапину него пећину. Недоступан је за истраживање јер је око њега изграђена испосница Светог Саве (Слика 8). Налази се у по средини 100 m високог стрмог одсека, који се у горњем делу састоји од мермерисаних кречњака а у доњем од шкриљаца. Контакт између ова два типа стена идеалан је за појаву процедних вода и малих извора. То је основни разлог, поред постојања окапине која је природно склониште, за изградњу испоснице. Још једна од повољности је и јужна експозиција одсека.



Слика 7. Десни канал пећине у брду Петров криш (фото: А. Петровић)



Слика 8. Стрми одсек и испосница Св. Саве у њему (фото: А. Петровић)



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Спелеолошки објекти геодиверзитета Парка природе Голија нису многобројни али су по својој генези изразито интересантни. Представљају додатак на велико природно богатство овог парка и могуће их је искористити, како за промоцију геодиверзитета, тако и за развој авантуристичког спелеотуризма. Након првобитне фазе евиденције и истраживања потребно је ићи ка њиховој даљој валоризацији као објеката геонаслеђа и одрживог спелеотуризма.

Литература

- Marinčić S., Ilić M., Nešić D., Kličković M., Savovski B., Šehovac E., Sarić N., 2019: Idetifikacija i evidentiranje objekata geonasleđa na području Parka prirode Golija. Zavod za zaštitu prirode Srbije, Beograd, p. 56.
- Mojsilović S., Baklaić D., Đoković I. 1973: Tumač za list Sjenica K 34-29. Savezni geološki zavod, Beograd, p. 71.
- Petrović A., Carević I., Batočanin N., Trnavac Bogdanović D., Bogdanović N., Tomić D., 2022: Idetifikacija i evidentiranje objekata geonasleđa na području Parka prirode Golija – speleološko geonasleđe (izveštaj o realizaciji projekta). Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Beograd, p. 24.
- Uredba o zaštiti Parka prirode Golija. Službeni glasnik RS, br. 45/2001 i 47/2009, Beograd.
- Urošević M., Pavlović Z., Klisić M., Malešević M., Stefanović M., Marković O., Trifunović S., 1973: Tumač za list Vrnjci K 34-18. Savezni geološki zavod, Beograd, p. 71.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



BIJELA PEĆINA CAVE IN KAZANCI, MONTENEGRO

БИЈЕЛА ПЕЋИНА У КАЗАНЦИМА, ЦРНА ГОРА

Михајло Мандић¹, Јелена Ђалић^{1,2}, Предраг Стошић¹

¹Академски спелеолошко-алпинистички клуб (АСАК), Београд, e-mail: zis@beotel.rs

²Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Београд

Extract of the manuscript: Bijela Pećina Cave is situated in the village of Kazanci in western Montenegro. For a long time, it was known only to the local population, but recently a biospeleological team reported about extraordinary speleomorphology, particularly speleothems, which subsequently triggered a thorough topographical and geomorphological survey. Lower Cretaceous bedded limestones are dominant in lithological composition. From the entrance to the most distant reachable point there is only 300 m in plan view, but the complex topography of wide chambers with huge collapsed blocks and speleothem columns made the survey rather difficult and time-consuming. Traces of strong tectonic activity are visible in most parts of the cave, not only as collapsed limestone boulders, but also as numerous broken speleothems. This part of the story is yet to be studied.

Key words: karst, cave, speleothem, Kazanci, Montenegro

Кључне речи: карстни процес, спелеолошки објекат, спелеотеми, Казанци, Црна Гора

Увод

Рад приказује резултате спелеолошких истраживања Бијеле пећине. Иако пећина по својим карактеристикама заслужује далеко комплекснија истраживања, на овом месту ће бити приказане превасходно њене морфолошке карактеристике. Свакако, мора се истаћи да представља једну од најатрактивнијих пећина које су до сада истражене на територији Републике Црне Горе.

Пећина се налази у крајњем западном делу општине Никшић, у атару села Горњи Казанци. Екипе биоспелеолога су у више наврата истраживале пећинску фауну, док је екипа АСАК-а из Београда позвана да изврши детаљна спелеоморфолошка истраживања овог објекта.

Геолошке карактеристике

Шира зона пећине је изграђена од стена јурске и кредне старости које су у литолошком смислу доминантно карбонатног састава. Стене јурске старости су представљене лапоровитим и доломитичним кречњацима нерашчлањене доње и средње јуре и спрудним горњојурским кречњацима. Седименти кредне старости су, такође, представљени карбонатним стенама, слојевитим до банковитим кречњацима. Подручје истраживања се налази у зони контакта Спољашњих и Унутрашњих

Динарида, што му даје одређене специфичности, посебно у тектонском смислу. Последица тога је постојање низа руптура чије постојање и оријентација су имали пресудан значај за формирање и развој каналског система пећине.

Резултати истраживања и дискусија

Као што је речено, основни циљ истраживања је било прикупљање података о морфолошким карактеристикама пећине. Иако пећина на први поглед припада групи једноставних објеката са само једним каналом, са удаљеношћу улаза од најудаљеније тачке канала око 300 м, велика количина материјала урушеног са таванице објекта условила је потребу за дефинисањем преко 1000 м полигоног влака. Детаљнија анализа резултата, посебно након израде нацрта, указала је на комплексну структуру објекта која одражава веома различите доминантне агенсе.

На основу тога се могу издвојити три сегмента:

1. **Улазна пећина** обухвата релативно кратак канал, настао примарно сагласно са локалном тектоником, али у условима постојања фреатског воденог тока који је извирао из објекта у једној од фаза развоја, што потврђује постојање фасета на зидовима;
2. **Саломни део објекта** обухвата Саломни канал и Црну дворану. Овде је иницијални канал потпуно уништен саламањем таванице, те се може рећи да је иницијални ниво пећине у нижим, сада недоступним деловима канала. Иако је овде процес урушавања таванице доминантан, дуг период егзистирања овог нивоа канала омогућио је повезивање блокова метарских димензија калцитним везивом и формирање пећинског накита значајних димензија. Потврда интензивног процеса урушавања таванице је и то да нема значајнијих појава пећинског накита на таваници, као и то да је уочен велики број оштећеног и поломљеног подног накита. Димензије варирају у широком дијапазону, пречници сталагмита од 0,5 до преко 2 m, а висине се крећу од 0,3 до преко 5 m;
3. **Акумулативни део објекта** обухвата сегменте назване Велика и Висока дворана, Дворана са кадама и Дворана блокова. У овим деловима димензије канала су значајне и овде се може рећи да је основни фактор обликовања канала саламање таванице. Велике димензије канала, који представља низ дворана међусобно одвојених краћим сужењима, праћене су метарски високим блоковима потпуно везаних калцитним везивом. У овим деловима је формиран велики број подних и зидних форми пећинског накита, пре свега сталагмита и стубова. Присутан је, мада подређено, и накит у таваници, представљен низовима сталактита мањих димензија. Пречници појединих стубова су већи од 4 m, а сталагмита и 6 m. Висине стубова се крећу и до преко 10 m, а велики број има висину преко 6 m. У овим дворанама је уочено



*Слика 2. Сталагмит у Високој дворани Бијеле пећине.
(фото: Љиљана Црногорац)*



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**INITIAL FORMS OF KAMENITZAS ON ANDESITES OF MALI VIS
(MRKONJSKI VIS, SOUTHERN SERBIA) – CONTRIBUTION TO THE
KNOWLEDGE ON SILICATE KARST IN SERBIA**

**ИНИЦИЈАЛНИ ОБЛИЦИ КАМЕНИЦА НА АНДЕЗИТИМА МАЛОГ
ВИСА (МРКОЊСКИ ВИС, ЈУЖНА СРБИЈА) – ПРИЛОГ
ПОЗНАВАЊУ СИЛИКАТНОГ КАРСТА У СРБИЈИ**

Драган Нешић¹

¹Завод за заштиту природе Србије, Канцеларија у Нишу, Војда Карађорђа 14/2, Ниш, email: dragan.nesic@zzps.rs

Extract of the manuscript: Mali Vis is a secondary andesite peak within the larger pyramid-shaped structure of Mrkonjski Vis. On the small bare surfaces of the flat top of Mali Vis, several initial forms of kamenitzas have been detected. Kamenitzas of Mali Vis are atypical in terms of lack of obvious concave form, but the examples with flat bottom of 1-2 m² are present. Detection of these kind of kamenitzas in non-karstic rocks is significant because it is only the third registered location in Serbia. The aim of this short contribution is to point to the main characteristics and the significance of these relatively rare pseudokarst forms in Serbia.

Key words: silicate karst, kamenitzas, Mrkonjski Vis – Mali Vis, Southern Serbia

Кључне речи: силикатни карст, каменице, Мркоњски Вис – Мали Вис, јужна Србија

Увод

Силикатни карст је појам који је релативно нов у геоморфолошкој пракси (Martini, 2004; Ford & Williams, 2007), али истраживања карстних појава на силикатним стенама имају традицију колико и класична карстолошка истраживања. У Србији се проблематиком силикатног карста бавио професор Душан Гавриловић (1965; 1968), разматрајући развој каменица на силикатним стенама Југославије. На Малом вису, секундарној андезитској главици у оквиру доминантне пирамидалне морфоструктуре Мркоњског виса констатовано је више појава-облика иницијалних каменица. Констатована локалност са каменицама на андезитима Малог виса је трећа оваква позната појава у Србији, по чему заслужује детаљнији приказ.

Регионални приказ

Мркоњски вис (1014 m) са Малим висом (969 m) налази се у планинско-котлинској области јужне Србије и Јабланичког краја, у оквиру изворишта слива реке Јабланице. Мркоњски вис са секундарном мањом купом Малог виса, као андезитска пирамидална структура само је једно од многобројних узвишења или планинских морфолошких целина разбијених и издвојених раседима и речним долинама



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



изворишта Јабланице. У овако издвојеној целини, Мркоњски вис је доминантно узвишење и стеновити шиљак који доминира околином и на коју се надовезују нижи и мање изразити врхови и главице, као што су Змијски камен, Мали вис, Пековића чука, Вељково и Јанкетића брдо и др.

Предео Мркоњског виса у геотектонском смислу је издвојен или је периферна целина у оквиру Лецког андезитског масива, олиго-миоценог центра вулканизма, чији производи су андезити, пирокластички и олигоцене вулканско-седиментна серија. У литератури помињу се мањи вулкански центри Дрежња и Туларски вис, коме припада и Мркоњски вис, изван издвојене зоне Туларске калдере (Вукановић и сар, 1982б). Читав простор разбијен је раседима који су издвојени као Туларски и Медевачки расед, чији правци се поклапају са правцима долина истоимених река (Вукановић и сар, 1982а). Сматра се да су у пределу поментих раседа вршена вертикална тектонска кретања износа око 700 m (Вукановић и сар, 1982б).

Морфоструктурна основа Мркоњског виса јасно се издваја у оквиру његове пирамидалне морфологије. Истиче се највиши део виса у виду шиљка од откривеног стенског комплекса андезита који је изложен секундарним распадањима стена и појавом колувијалног, у нижим деловима и делувијалног процеса, са депоновањем колувијалних наслага и делувијалних застора око централног врха стенске пирамиде, односно на долинским странама. Занимљиво је да се на стримим стеновитим странама Мркоњског виса не срећу облици и појаве који би се могли издвојити из домена силикатног карста, иако су на секундарном узвишењу Малог виса ови облици значајно заступљени.

Резултати истраживања и дискусија

У односу на Мркоњски вис, другачија морфологија предела среће се на Малом вису (969 m). Врх Малог виса је релативно уравњен, са мањим издвојеним и углавном равним стенским целинама андезита. Овде се јавља неколико откривених, готово равних стена од чијих мањих одсека који их уоквирују, одмах на падинама започињу везани колувијални застори покривени земљом и вегетацијом. Као резултат овакве морфолошко-литолошке ситуације, на откривеним површинама мало нагнутих стена, дуж секундарних прелина, јављају се мања удубљења на стенама у којима се задржава вода. Сва ова места задржавања воде су преиздубљена сложеном ерозијом повремених вода која се од падавина концентрише у њима. Мала удубљења су на попречном профилу у виду асиметричног лука или су коритаста, равнoг дна и косих страна. Увек су испуњена мањом или већом количином праха од распаднутог андезита, местимично и спраном земљом и биљним остацима. Неколико таквих метарских облика констатовано је непосредно код репетитора, а једна мања група ових облика дециметарских димензија око 70 m источније на стени нагнутој за под око 20° (Сл.1 и 2).

Регистрована мала удубљења на стенама Малог вису су примери иницијалних силикатних каменица који унеколико морфолошки одступају од класичних каменица у карсту које имају равно дно и преиздубљени профил на бочним зидовима. Обзиром на квалитативним поступком разматрана обележја, у смислу трагова распадања стене и морфологије у виду малих удубљења на стени у којима се задржава вода, облици на Малом вису за сада се могу сматрати иницијалним облицима каменица на андезитима.



Сл. 1 Карактеристичан облик каменице на мало нагнутој површини андезитске стене



Сл. 2 Облик иницијалне каменице на равној површини андезита Малог вису



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



У свету је проблематика настанка карста на силикатним стенама доста истраживана (Martini, 2004; Ford, Williams, 2007), док је код нас овоме посвећен само један рад (Гавриловић, 1965). Налаз силикатних каменица на андезиту Малог виса је значајан јер је то до сада трећа регистрована локалност ове врсте у Србији.

Литература

- Ford D., Williams P. (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, England, 562.
- Gavrilović, D. (1965): Kamenice na magmatskim stenama Jugoslavije. Zbornik radova Geografskog zavoda Prirodno-matematičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, 12, 23-39.
- Gavrilović, D. (1968). Kamenice im magmatischen Gestein Jugoslawien. Zeitschrift für Geomorphologie, 12, 1, Berlin, 43-59.
- Martini, J.E.J. (2004). Silicate karst, in *Encyclopedia of Caves and Karst Science* (ed. J. Gunn), Fitzroy Dearborn, New York, pp. 649–53.
- Vukanović, M., Dimitrijević, M., Dimitrijević, M.N., Karajičić, Lj., Rajčević, D., Navala, M., Urošević, M., Malešević, M., Trifunović, S., Serdar, R., Atin, B. (1982a): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Podujevo K34-43. Savezni geološki zavod Beograd (1975).
- Vukanović, M., Dimitrijević, M.N., Dimitrijević, M., Karajičić, Lj., Rajčević, D., Pejčić, M. (1982b): Tumač za list Podujevo K 34-43, Osnovne geološke karte 1:100.000. Savezni geološki zavod Beograd, 1-54.



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



GEOGRAPHY OF DOLINES IN SERBIA

ГЕОГРАФИЈА ВРТАЧА СРБИЈЕ

Marko V. Milošević, Jelena Čalić, Milovan Milivojević

Географски институт „Јован Цвијић“ САНУ, Београд
e-mail: m.milosevic@gi.sanu.ac.rs

Extract of the manuscript: The article presents the initiative for systematic mapping the locations of dolines in Serbia, started by the Geographical Institute “Jovan Cvijić” of the Serbian Academy of Sciences and Arts in 2022. The goal is to develop a doline geobase for the analysis of their distribution, by digitizing their point or area positions on 1:25,000 topographical maps. This will enable the further study with the inclusion of the attributes – lithological composition, elevation, topographic inclination, terrain roughness, genetic type and land use. Doline density is obtained through application of the *Kernel Nearest-Neighbor Algorithm*, and the case example of dolines on Mt. Mokra Gora is shown within the text. Social aspects of this initiative refer to the relations between dolines and population patterns.

Key words: karst doline, sinkhole, spatial distribution, geography, Serbia.

Кључне речи: вртача, крас, просторна дистрибуција, географија, Србија.

Увод

Вртаче представљају најраспрострањенији површински крашки облик у рељефу Србије. До сада у домаћој литератури вртаче су привлачиле пажњу малог броја истраживача. На појмовном нивоу вртаче по први пут дефинише Цвијић (1887) као "левкасту дољачу, чији се пречник смањује са дубином". У својој дисертацији (Цвијић 1893) анализира морфологију и генезу вртача као и факторе који утичу на њихову дистрибуцију. Након Цвијића вртаче су биле објекат истраживања у малом броју радова где су анализирани појединачно или као скуп већег броја вртача у оквиру одређене територијалне јединице (на нивоу планине или сеоског насеља). У тим радовима аутори су се бавили проучавањем морфологије, морфолошком класификацијом и генетским факторима вртача (Цвијић 1893, Цвијић 1895, 1912а, 1912б, 1912в; Милојевић 1937; Петровић, 1951; Милић 1954, 1962, 1965; Ршумовић 1955). Просторном дистрибуцијом вртача у Србији, као и факторима који су условили њихов распоред, бавили су се Менковић (1995) (Мокра Гора), Telbisz et al. (2007) (Мироч) и Milošević et al. (2022) (Бељаница).

Израда геобазе података о вртачама

Да би се сагледао просторни распоред вртача на територији Србије Географски институт "Јован Цвијић" САНУ је почетком 2022. године покренуо акцију под



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



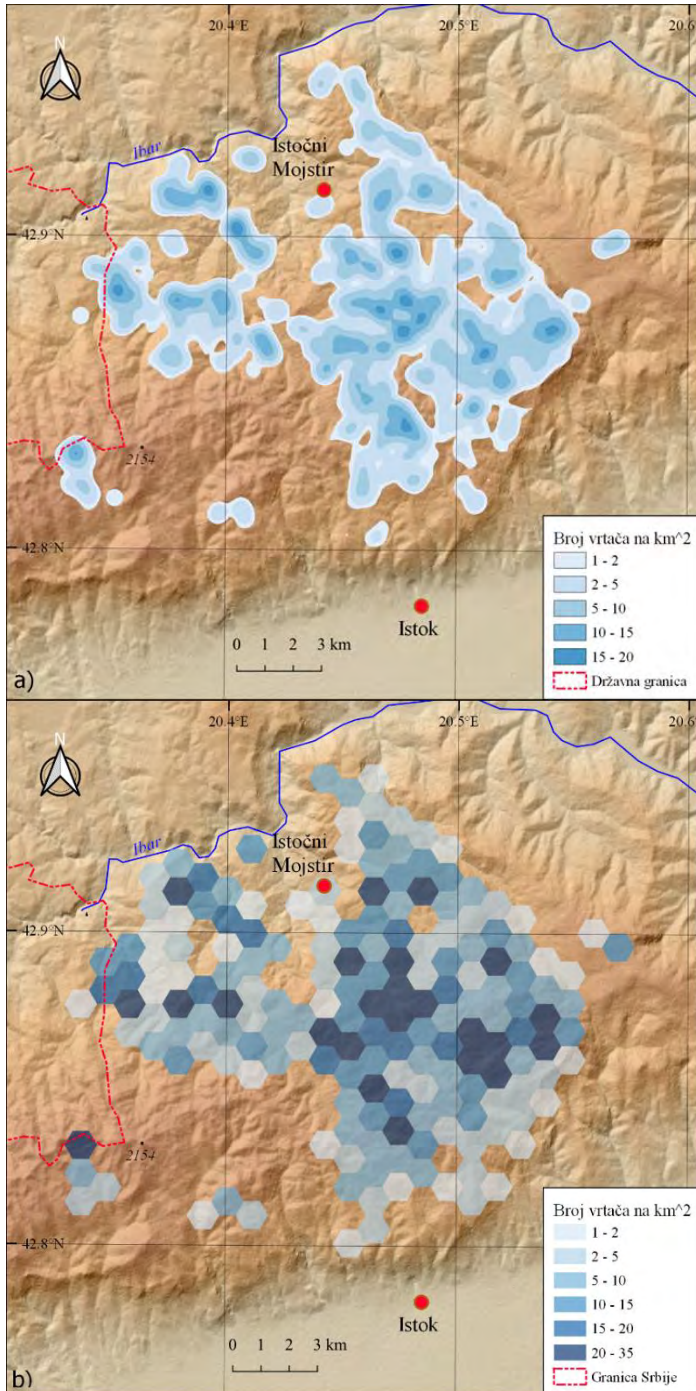
називом "Географија вртача Србије". Ова акција има за задатак израду геобазе података о вртачама на територији целе Србије. Први корак у реализацији наведеног задатка је дигитализација под којом се подразумева геометријско дефинисање вртача као тачкастог или ареалног објекта који садрже метричке податке као што су координате у Гаус-Кригеров систем, 7. зона. Након дигитализације у геобазу додати су атрибути као што су литологија, надморска висина, нагиб топографске површине, храпавост, генетски тип вртаче, начин коришћења земљишта.

Топографска карта 1:25.000 у издању Војно-географског института узета је као референтан извор за прикупљање података о положају вртача. Ако је вртача дефинисана као тачка, онда је она позиционира на графичкој ознаци за дно вртаче. Када је дефинисана као ареал (површина) узимана је највиша затворена изохипса. У пракси због дубине оне су на ТК 25 најчешће представљене у целости само једном изохипсом. Када је вртача дата условним знаком тачка је позиционирана у централном делу док је ареално представљана кружницом пречника 10 m.

Резултати претходних истраживања, где су коришћене топографске карте ситнијег размера (ТК 50, 100), су или предимензионирани или знатно редуковани у односу на оне добијене на основу ТК 25. До утврђених разлика је дошло због тога што су садржаји а тиме и вртаче редуковани на картама ситнијег размера и то не пропорционално смањењу површи приказа.

Као пример може се узети густина вртача на Мокрој Гори (Менковић 1995), где је утврђена максимална густина од 100 вртача на km^2 . Као извор о положају вртача аутор је навео Топографску карту 1:100.000 не наводећи конкретан метод на основу кога је одређена густина вртача. Коришћењем ТК 25 утврђено је да на Мокрој гори има 1785 вртача. Применом методе најближег суседа – *Kernel Nearest-Neighbor Algorithm* утврђена је максимална густина од 18 вртача на km^2 . Применом јединичног поља за одређивање густине добијена је нешто већа вредност (31 вртача на km^2), али и даље знатно мања у односу на ону коју је добио Менковић (1995).

Формирана база би требало да представља основу за анализирање физичко-географских фактора који су утицали на њихову дистрибуцију, као и утицај вртача на животне и привредне активности људи.



Слика 1. Густина вртача према методу: а) најближег суседа, б) јединичног поља



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Литература

- Менковић, Љ. (1995). Површинска крашка морфологија Мокре горе и Жљеба. Београд: Географски институт "Јован Цвијић" САНУ (посебна издања, књ. 43)
- Миљић, Ч. (1954). Прилог познавању морфолошке разноликости вртача у загађеном красу. Зборник радова ГИ „Јован Цвијић“, 7, 1-17
- Миљић, Ч. (1962). Главне одлике краса Суве планине. Зборник радова ГИ „Јован Цвијић“, 18, 93-154
- Миљић, Ч. (1965). Морфологија крашке оазе Мироча. Зборник радова ГИ „Јован Цвијић“, 20, 15-56.
- Милојевић, С.М. (1937). Неколико напомена о морфолошкој разноликости вртача у голом кршу. Гласник Српског географског друштва, 1, 1-19
- Milošević, M.V., Čalić, J. & Milivojević, M. (2022). Prostorna distribucija vrtača na Beljanici. U Đurović & Petrović (ur.): Kras – vekovna naučna inspiracija. Univerzitet u Beogradu Geograski fakultet, 313-325
- Петровић, Д. (1951). Бачевачка крашка област. Зборник радова ГИ „Јован Цвијић“, 1, 85-104
- Ршумовић, Р. (1955). Површ Поникава и Стапара. Зборник радова ГИ „Јован Цвијић“, 11, 1-104
- Telbisz, T., Mari, L. & Ћалић, Ј. (2007). Морфометријска анализа вртача на Мирочу употребом GIS-а. Гласник Српског географског друштва, 87(2), 21-30
- Цвијић, Ј. (1887). Прилог географској терминологији нашој. Просветни гласник, 903-916
- Цвијић, Ј. (1893). Географска испитивања у области Кучаја. Геолошки Анали Балканског Полуострва, 5, 7-172
- Цвијић, Ј. (1895). Карст. Географска монографија. Државна штампарија.
- Цвијић, Ј. (1912а). Сува Планина и карст Валожја. Гласник Српског географског друштва, 1, 92-99
- Цвијић, Ј. (1912б). Лелићки карст. Гласник Српског географског друштва, 1, 103-105
- Цвијић, Ј. (1912в). Четворогуба вртача у старом гробљу лозничком. Гласник Српског географског друштва, 1, 109-110
- Свијић, Ј. (1893). Das Karstphänomen. Versuch einer morphologischen Monographie. Geographische Abhandlungen, Bd. V. Heft. 3, p.1-114, Wien



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



KARST TERRAINS OF PERUVIAN ANDES

КАРСТ ВИСОКИХ АНДА (ПЕРУ)

Саша Милановић¹

¹Центар за хидрогеологију карста, Рударско-геолошки факултет, Универзитет у Београду, Србија, e-mail: sasa.milanovic@rgf.bg.ac.rs

Extract of the manuscript: Karst terrains of Peruvian Andes are most often developed in Cretaceous and Jurassic limestones, and usually they host numerous magmatic intrusions and related ore deposits. Most of Peru's metal ore deposits are located at high elevations 3500-5000 m a.s.l. within a narrow, tectonized carbonate-rock belt extending over 2,000 km in length. Mostly those limestones are very karstified and characterized by high infiltration rates, with well-developed subsurface morphology and complex hydrogeological karst systems. In general, it can be said that the knowledge of the karst of the Andes is very limited and is mostly related to research and exploitation of ores. Still, investigations of these karst formations proved the existence of deep jamas (shafts) and well-developed karst systems even at altitudes over 4500 m. Some results provided in this paper give us significant insight into geology, geomorphology and hydrogeology of high Andes karst (Cordillera Occidental, Peru), especially in the last twenty years. Some of the results presented in this paper are part of multi-year research of karst terrains (one of the world largest known skarn copper-zinc deposit), carried out for the purpose of defining speleogenesis and hydrogeological characteristics necessary in problems solving related to engineering and environmental problems in ore exploitation.

Key words: karst, Andes, hypogene karst, shafts, caves

Кључне речи: karst, Анди, хипогени карст, јаме, пећине



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**THE ROLE OF THE LOCAL COMMUNITY IN THE PROMOTION OF
SPELEOLOGY - THE EXAMPLE MUNICIPALITY OF BAR,
MONTENEGRO**

**УЛОГА ЛОКАЛНЕ ЗАЈЕДНИЦЕ У ПРОМОЦИЈИ СПЕЛЕОЛОГИЈЕ -
ПРИМЕР ОПШТИНЕ БАР, ЦРНА ГОРА**

Предраг Ђуровић¹ & Мирела Ђуровић²

¹Faculty of Geography, University of Belgrade, Serbia, e-mail: geodjura@gmail.com

²Faculty of Philosophy, University of Belgrade, Serbia

Extract of the manuscript: On the territory of municipality of Bar, there are several caves that the Tourist organization of the municipality of Bar wanted to include in the tourist offer through organised, systematic, planning, etc. activities. The complex of caves in the village of Trnovo (Spila, Babatuša and Grbočica) is situated in the far northwestern, while the cave Spila is in the far southeastern part of the municipality. By organizing exploration, different types of media promotions, photo exhibitions and different types of presentations values of the selected caves, the local community indicated that the caves could have great importance in presenting not only speleotourism values, but also speleology in general.

Key words: local community, promotion, speleology, speleotourism

Кључне речи: локална заједница, промоција, спелеологија, спелеотуризам

Увод

Општина Бар (Црна Гора) има један од ретких и специфичних положаја врло значајних за развој туризма. Југозападним ободом територије излази на Јадранско море, док североисточним на Скадарско језеро. Географске специфичности које проистичу из оваквог положаја омогућиле су развој различитих облика приморског и наутичког туризма. У циљу даљег развоја туризма и проширивања туристичке понуде и њене разноврсности, Туристичка организација општине Бар покренула је активности на реализацији наведених циљева. Геолошки састав и геоморфолошка еволуција овог простора условила је да је крашки рељеф заступљен на значајном делу територије општине, те је једна од праваца даљег развоја туризма био и развој спелеотуризма. Једна од активности је била и утврђивање потенцијала за развој спелеотуризма, те су у циљу тога организована детаљна спелеолошка истраживања од стране Универзитета у Београду, Географског факултета. Истраживања су издвојила два простора потенцијално значајна за развој спелеотуризма. У крајњем СЗ општине је комплекс пећина у селу Трново, а у крајњем СЕ делу општине је пећина Спила на скали од јаме у селу Веља Горана. После извршених спелеолошких истраживања приступило се изради два елабората која су обухватала осим детаљних



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



анализа спелеоморфохидролошких карактеристика и идејне пројекте за њихово уређење.

Комплекс пећина у селу Трнову (МЗ Вирпазар)

Комплекс пећина у селу Трнову састоји се од три пећине Спила, Бабатуша и Грбочица. Најнижа и хидролошки најактивнија пећина је Спила. Проходност кроз пећину зависи од годишњег доба и нивоа подземних вода. У пролеће из ње истиче вода, у већем делу године проходна је до првих сифона, а смо у једом краћем периоду кроз њу се може несметано проћи и спојити се са најнижим каналима наредне пећине – Бабатуше. Улаз ове пећина је од претходне виши за 25 m. Главна морфолошка карактеристика је огромна и висока глиновита дворана у улазном делу чије је дно прекривено врло дебелим слојем глине. У екстремним хидролошким годинама из ње врло кратко истиче снажни речни ток. У просечним хидролошким годинама потапа се дно дворане, при чему долази до акумулирања глине. Поред тога, у пећини постоје занимљиве форме пећинског накита (хелактити, пизолити и сл.). Највиша пећина у овом комплексу је Грбочица (виша од претходних за 70, односно 45 m). Пећински канали су различитих морфолошких и хидролошких карактеристика (суви, периодични, сифони). У средишњем делу пећине издваја се Висока дворана са различитим и богатим формама пећинског накита. По свим карактеристикама ова пећина представља најзначајнији туристички потенцијал. Идејним пројектом предвиђен је различит степен обиласка ових спелеолошких објекта: Спила – улаз, Бабатуша – туристичка стаза кроз улазни део до високе глиновите дворани и Грбочица – туристичка стаза дужине неколико стотина метара до Високе дворане.

Спила на скали од јаме у селу Веља Горана (МЗ Мркојевићи)

Овај спелеолошки објекат има изванредан географски положај у односу на оближње развијене и врло посећене туристичке центре и локалитете, што у знатној мери повећава његов туристички значај. Састоји се од различитих морфолошких целина укупне дужине 360 m и денивелације од 66 m. Основна морфолошка карактеристика је јамски улаз и велика дворана са обиљем различитог и специфичног пећинског накита. Управо јамски улаз од 20 m дубине овај објекат одваја од стандардне туристичке понуде везане за спелеотуризам. Са друге стране концентрација различитих форми пећинског накита на малом простору чини атрактивност овог објекта још већим.

Активности Туристичке организације Општине Бара на промоцији спелеологије

Туристичка организација Општине Бар, са тадашњом директорицом Недом Ивановић, систематски, плански и финансијски предузела је бројне активности



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



везане за укључивање посета пећина у туристичку понуду општине Бар. Ове активности одвијале су се у неколико фаза, које су се према начину реализације и тематским проблемима међусобно разликовале. Прва фаза је подразумевала ангажовање експерата из области спелеологије и блиских области у циљу добијања основних морфолошких и хидролошких карактеристика одабраних спелеолошких објеката. Друга фаза је означила издвајање и категоризацију природних вредности спелеолошких објеката значајних за туристичку понуду. То је подразумевало анализу посебно естетски вредних елемената пећинског накита и других морфолошких елемената, а такође и занимљивих хидролошких појава. Трећа фаза је подразумевала да се на основу резултата претходне две фазе изради идејни пројекат уређена изабраних спелеолошких објеката. Ова фаза је обухватила трасирање стазе до и у самим објектима, одређивање броја стајних тачака, углова и праваца осветљавања неопходних за адекватну презентацију издвојених вредности пећина и др. Односила се и на појединачне квалитативне и квантитативне анализе сваке издвојене стајне тачке. Четврта фаза везана је за јавну промоцију туристичких и опште научних вредности изабраних спелеолошких објеката. У ту сврху извршено је:

- организовање посета спелеолошким објектима са презентацијом њихових вредности за културне, уметничке, педагошке, политичке и др. раднике општине
- вишедневна изложба фотографија из изабраних спелеолошких објеката у културном центру општине
- медијска промоција организовањем радијских интервјуа
- медијска промоција преко новинских интервјуа у различитим дневним новинама медијска промоција преко градских билборда и др.

По завршетку свих приказаних активности Туристичка организација општине Бар започела је следећу фазу реализације, а то је прикупљање потребне документације, као и израда пројекта уређења пећина, приступних стаза, паркинга и сл. Међутим, због организационих промена у туристичкој организацији ова фаза није завршена, а фаза реализације уређења никада није започета.

Приказане активности Туристичке организације општине Бар показале су да је потреба укључивања нових садржаја у туристичку понуду нужан процес, а да у општинама које имају потенцијал понуда обиласка спелеолошких објеката може бити значна новина у њиховој активности. Такође, показале су и велику важност локалне заједнице на афирмацији туристичких и научних вредности. Потребно је истаћи да су планске и систематизоване активности врло значајне за правилну презентацију свих вредности изабраних спелеолошких објеката, чиме се не промовишу ширем аудиторијуму само нови видови туризма, као што је спелеотуризам, већ и сами спелеолошки објекти, односно преко њих и спелеологија.



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Литература

- Лајовиц А, 2010: Јаме в околици Трновега (Црна гора). Билтен јамарског клуба Железничар, 27, стр. 51-53.
- Ковачевић Т, Ковачевић А, (2014): Јужни Динариди – спелеолошки Елдорадо. Хрватска водопривреда, 209, пп. 81-85.
- Ђуровић П, 2017: Природне вредности и могућност туристичког уређења пећине Спила на скали од Јаме у Вељој Горани – општина Бар, са идејним пројектом за њено уређење. Универзитет у Београду, Географски факултет, п. 92.
- Ђуровић П, 2018: Природне вредности и могућност туристичког уређења пећина у Трнову (Спила, Бабатуша и Грбочица) – општина Бар, са идејним пројектом за њихово уређење. Универзитет у Београду, Географски факултет, п.147.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



Thematic session dedicated to memory of prof. Božidar Ćurčić:

**BIOSPELEOLOGY, SPELEOARCHEOLOGY, NATURAL HERITAGE
AND CONSERVATION**

Тематска сесија посвећена успомени на проф. Божићара Ћурчића:

**БИОСПЕЛЕОЛОГИЈА, СПЕЛЕОАРХЕОЛОГИЈА, ПРИРОДНО
НАСЛЕЂЕ И КОНЗЕРВАЦИЈА**



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



PROF. DR BOŽIDAR ĆURČIĆ (1946-2015)

ПРОФ. ДР БОЖИДАР ЋУРЧИЋ (1946-2015)

Rajko N. Dimitrijević¹

¹Institute of Zoology, University of Belgrade - Faculty of Biology, Studentski trg 16, 11000 Belgrade, Serbia

Prof. Dr Božidar Ćurčić was born in Beograd on 3rd July 1946 where he completed his elementary and secondary education. After graduating in 1969 at the Faculty of Sciences, University of Belgrade he was posted in the Institute of Zoology, Faculty of Sciences where he spent his whole successful teaching and fruitful scientific career.

Arachnology was and remained the main focus of his studies through his scientific research and pseudoscorpions in particular. Several early papers were dedicated to the study of scorpions.

Prof. Dr. Ćurčić studied different aspects of pseudoscorpions (systematics, taxonomy, developmental biology, evolutionary biology, teratology and biospeleology). More than 40 years of devoted study of this group of arachnids resulted in erecting more than 160 species and genera, both epigeal, endogean and cave-dwelling new to science from Yugoslavia (Serbia, Croatia, Macedonia, Montenegro, Bosnia and Herzegovina), Albania, Greece, Bulgaria, Romania, France, USSR (Russia), China, Nepal, Vietnam, Israel, the Philippines, and the USA. Many of the taxa erected by Prof. Dr. Ćurčić are endemics and relics to Serbia (ex Yugoslavia) or the Balkan Peninsula.

As an avid biospeleologist Prof. Dr. Ćurčić investigated numerous underground habitats in Serbia and all other republics of the former Yugoslavia (except Slovenia) and contributed immensely to the better understanding of the cave fauna, primarily pseudoscorpions. As the result of these investigations several monographs were published dealing on cavernicolous pseudoscorpions – “New and little known False Scorpions from the Balkan Peninsula, Principally from Caves, Belonging to the Families Chthoniidae and Neobisiidae (Arachnida, Pseudoscorpiones)“, „The Pseudoscorpions of Serbia, Montenegro and the Republic of Macedonia“, „Cave Fauna of Serbia, Montenegro and Macedonia“.

Well aware of the importance of cave protection and conservation of these fragile ecosystems Prof. Ćurčić was the founder of the Center for Biospeleology at the Faculty of Biology, University of Belgrade, Belgrade and NGO Center for Biospeleology of Southeast Europe in Beograd.

Although pseudoscorpions were the main object (scope) of his studies, Prof. Ćurčić, as a zoologist of broad interest, devoted a part of his scientific investigations to the study of some other arthropod taxa as well (spiders, millipeds, springtails, coleopterans). These studies in collaboration with his younger colleagues from the Faculty of Biology,



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



University of Belgrade resulted in establishing numerous 43 genera and species new to science (seven genera and 32 species of coleopterans, six genera and 18 species of millipeds, one genus and 13 species of springtails) from Serbia, Macedonia, Montenegro, Croatia, Bosnia and Herzegovina, Romania, Bulgaria and Greece.

Prof. Ćurčić was a fellow and a member of numerous domestic and foreign scientific societies. For many years Prof. Dr. Ćurčić was correspondent for Yugoslavia to the International Society of Arachnologists. Furthermore Prof. Ćurčić was editor-in chief and a member of editorial boards of several scientific journals – Archives of Biological Sciences, Monographs Institute of Zoology, Acta entomologica serbica, Proceedings of the Geographical Institute „Jovan Cvijić“ of the SASA, Acta zoologica bulgarica and Journal of Science (Sofia). Owing to him Archives of Biological Sciences entered the SCI list.

Prof. Dr. Ćurčić was elected as a foreign member to the Bulgarian Academy of Sciences in Sofia. He was the chairman of the Man and Biosphere (MAB) Committee, Commission of Serbia for UNESCO.

During his teaching career in the Institute of Zoology, Faculty of Biology, Prof. Ćurčić lectured several courses, both graduate and postgraduate levels (Animal development, Systematics and Phylogeny of Invertebrates, Human embryology, Biology of Ageing, Comparative Animal Development). He was the author and co-author of 28 textbooks for secondary and university level courses. The bibliography of Prof. Ćurčić contains more than 600 entries. He was the author of 20 monographs as well as the editor of 20 monographs.

Prof. Ćurčić paid special attention and support to his younger colleagues and associates, especially in the early days of their professional careers enabling them professional specialisation and training in eminent foreign institutions. He was mentor of 23 master and PhD thesis.

As a token of his scientific recognition and contribution to zoology and above all arachnology, several new taxa of invertebrates were named after him.

Apart from lecturing and scientific research Prof. Ćurčić held many important professional positions at the Faculty of Biology and the University of Belgrade. He was the Director of the Institute of Zoology, Head of the Department of Animal development at the Institute of Zoology, Vice –President, Academic Council Faculty of Biology, president of the Council, Vice- Dean and President of the Executive Council of the Faculty.

Alongside his scientific work, Prof. Ćurčić had broad sphere of interests and knowledge on many topics such as literature, art, languages and ethnology. He was especially interested and well versed in ancient mythology (Greek, Roman and Slavic). That enabled him to name new to science numerous pseudoscorpion species after various gods and deities.

Untimely death of Prof. Ćurčić in 2015 was a great loss to Serbian science, above all arachnology and everyone who knew him. He will be remembered as a devoted and fastidious scientist and person willing to share his broad knowledge and experience as well as help whenever it was needed.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**SUBTERRANEAN FAUNA OF BULGARIA: GENUS *NIPHARGUS*
SCHIÖDTE 1849 (CRUSTACEA, AMPHIPODA, FAM. NIPHARGIDAE)**

**ПОДЗЕМНА ФАУНА БУГАРСКЕ: РОД *NIPHARGUS* SCHIÖDTE 1849
(CRUSTACEA, AMPHIPODA, FAM. NIPHARGIDAE)**

Gordan Karaman¹

¹Montenegrin Academy of Sciences and Arts, Riste Stijovica 5, 81000 Podgorica, Montenegro

Abstract: Bulgaria covers a territory of 110,994 square kilometers (42,855 sq mi), and is the sixteenth-largest country in Europe, covered with various mountains (Rila, Rhodopes, etc.) containing numerous caves often settled by subterranean Amphipoda. The epigeal fauna of Amphipoda relatively rich, consisting of various members of pontocaspian fauna, endemic European and Balkan fauna as well as endemic Bulgarian fauna. Subterranean fauna in Bulgaria is consisting of several families (Infolfiellidae, Bogidiellidae, Niphargidae), among them genus *Niphargus* (Schiödte, 1849) is present with over 10+ known species, nearly 8 species endemic for Bulgaria (*Niphargus cepelarensis* Karaman S. & Karaman G. 1959, *N. bulgaricus* Andreev 2001, *N. bureschi* Fage 1926, etc.). New data of some species are given. Taxonomical problems of Bulgarian *Niphargus* taxa are discussed.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



“CLEAN UP THE DARK” – SERBIA

ИНИЦИЈАТИВА „ЧИСТО ПОДЗЕМЉЕ – СРБИЈА“

Aleksandar Pegan¹ & Sunčana Sokić¹

¹ Савез спелеолошких организација Србије (ССОС) e-mail: aleksandar.pegan@gmail.com
(координатор иницијативе)

Extract of the manuscript: The contribution describes the initiative of speleological community in several European countries, including Serbia, to remove the waste from the caves and to raise the awareness of society about the necessity to protect karst groundwaters. Serbian initiative has been started by the Federation of Speleological Organizations of Serbia (SSOS) and the strategy of actions was defined, starting from creation of polluted caves database, followed by educational activities, and at the same time, the actual removal of the waste and returning the caves to their natural condition. The photos show the first practical activity, carried out in Delimeđe village (Tutin Municipality, south-western Serbia).

Key words: caves, waste, Clean up the Dark, Serbia

Кључне речи: пећине, отпад, Чисто подземље, Србија

Увод: Специфичност проблема и покретање националних иницијатива

Дивље депоније у карстном подземљу су нажалост широко распрострањене, али у друштву је тај проблем недовољно познат или уопште није препознат. Кроз праксу бављења спелеологијом – како кроз истраживања, тако кроз тренинге и едукативне посете спелеолошким објектима, спелеолози су у директном контакту са овим изузетним делом природе. Због специфичности техничких знања које захтева бављење спелеологијом, они су и једини у прилици да у потпуности уоче проблеме карстног подземља, документују их, предоче широј јавности, иницирају њихово решавање и буду главни носиоци истог.

Појединачна и спорадична чишћења спелеолошких објеката су постојала и раније, али оно што је значајно за дугорочније и свеобухватније решавање проблема су иницијативе организоване на националном нивоу.

Прва организована иницијатива ове врсте у Европи је велика иницијатива Спелеолошког савеза Италије „*Puliamo il buio*“, започета 2005. године. Сваке године у оквиру ње одради се већи број акција чишћења.

Године 2012. у Хрватској се започиње са организованим активностима везаним за бављење проблемом смећа у подземљу. Хрватски спелеолози приступају проблему из другог угла и након три године прикупљања података о загађеним спелеолошким



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



објектима оживљавају иницијативу „Чисто подземље“, организовану прво на нивоу Загребачког спелеолошког савеза, коју убрзо прихватају сви хрватски клубови. Одмах након Италије и Хрватске, иницијатива се шири и у Словенију, где клубови почињу са организованим чишћењем спелеолошких објеката.

Паралелно са покретањем националних иницијатива, њихов значај бива препознат на и европском нивоу, од стране Европске спелеолошке федерације, која 2018. године двема националним иницијативама – италијанској и хрватској – додељује награде за рад.

Италија, Хрватска и Словенија су заједно, у оквиру Европске спелеолошке федерације, започеле кровну иницијативу „*Clean up the dark*“ 2018. године, која је заправо део глобалног волонтерског покрета „*Clean up the world*“, у којем суделује 130 земаља света. Србија се 2020. прикључила иницијативи „*Clean up the world*“.

О нашој иницијативи

Иницијатива „Чисто подземље – Србија“ је волонтерска иницијатива покренута 2020. године од стране Савеза спелеолошких организација Србије (ССОС).

Балкански карст је подручје такозваног „жаришта“ биодиверзитета, односно хабитус великог броја врста које се могу наћи само у овом подземљу па је, са циљем да прикажемо важност очувања истог, као заштитни знак српске иницијативе одабран рак *Ficticaris serbica*, пронађен у Крупајском врелу, новооткривени род и врста, јединствен на целој планети. Његови најближи сродници могу се наћи тек у Америци.



Слика 1: Чисто подземље Србија – лого *Ficticaris serbica* (дизајн: Никола Пеган)

Циљеви:

1. Формирање базе података загађених објеката са циљем што бољег сагледавања димензија проблема, као и бољег планирања чишћења.
2. Подизање свести у спелеолошким и стручним круговима као и у широј јавности, са циљем предочавања важности очувања крашког подземља, његових вода и живог света. Настојање да се кроз предавања, радионице и медије допре до што већег броја људи како бисмо спречили даље одлагање

смећа у пећине и јаме. Чишћење спелеолошких објеката и њихово враћање у првобитно стање.

Досадашње активности и изазови

Активност смо започели крајем 2020. године, организовањем четири радионице за клубове на нивоу Савеза, са циљем бољег прикупљања података. План је да се у будућности те радионице прошире и на ширу јавност.

До сада смо комплетним подацима (назив, GPS координата, локалитет објекта, врста отпада, фотографија) евидентирали 25 загађених објеката, што је мали број, не зато што их нема код нас, него јер имамо мали број активних спелеолога - самим тиме и мањи број посета спелеолошким објектима него у земљама у региону.



Слика 2: Делимеђе, најава акције (илустрација: Сунчана Сокић, фото: Ненад Руменић)

Од почетка рада иницијативе, организовали смо једно велико чишћење Понора у Делимеђу, Општина Тутин, из кога је извађено преко 30 кубних метара смећа. На акцији је учествовало 17 спелеолога волонтера, из 4 клуба Савеза. Иако је 30 кубика смећа огромна количина, нажалост овиме чишћење Понора у Делимеђу није завршено. Задовољни смо одзивом спелеолога и тиме што смо већ на почетку рада иницијативе успели да реализујемо акцију чишћења ових размера.



*Слика 3: Акција Делимеђе
(фото: Сунчана Сокић)*



*Слика 4: Акција Делимеђе
(фото: Сунчана Сокић)*

Литература

Jugovic J, Zakšek V, Petković M, Sket B. 2019: A shrimp out of place. New genus of Atyidae (Crustacea: Decapoda) in subterranean waters of southeastern Europe, with some remarks on Atyidae taxonomy. Zoologischer Anzeiger 283, 111-123. <https://doi.org/10.1016/j.jcz>



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



THE SUBTERRANEAN INSECT FAUNA OF SERBIA

PODZEMNI INSEKTI SRBIJE

Srećko Ćurčić¹, Nikola Vesović¹ & Dragan Pavićević²

¹Institute of Zoology, University of Belgrade - Faculty of Biology, Studentski Trg 16, 11000 Belgrade, Serbia

²Krunska 15, 11000 Belgrade, Serbia

Сажетак: Подручје Србије и целог Балканског полуострва се карактерише веома богатом фауном бескичмењака, у оквиру којих посебно место заузимају инсекти. Ови зглавкари су уједно најбогатија група животиња у пећинама наше земље. Подземна станишта са релативно високим процентом влаге (пећине и јаме) у оквиру кречњачких маса Србије послужила су као уточиште за хигрофилне таксоне инсеката, који су тражили заштиту од изражене суше током миоцена. У овим стаништима су се сачували бројни ендемични и реликтни таксони инсеката. Насељавање подземних станишта Србије од стране инсеката је почело веома давно (у терцијару) и није текло истом брзином током еволуционе историје. У Србији су евидентирани припадници три категорије пећинских инсеката према степену прилагођености на боравак у подземним условима: троглоксени, троглофили и троглобионти. Испитивања подземних инсеката Србије започела су још почетком 20. века од стране иностраних истраживача, а трају све до данашњих дана. На подручју Србије, подземни инсекти су регистровани у оквиру редова Collembola (13 таксона), Diplura (3 таксона) и Coleoptera (56 таксона). Пећине и јаме наше земље су посебно богате припадницима две породице реда Coleoptera (тврдокрилци) – Carabidae (трчуљци) и Leiodidae, у оквиру којих постоје бројне ендемичне врсте и родови. Скоро целокупна фауна подземних инсеката Србије је настала од старе циркум-медитеранске фауне.

Key words: Insecta, hypogean fauna, cave-dwelling, troglobites, Balkan Peninsula

Кључне речи: инсекти, фауна, пећинско станиште, троглобити, Балканско полуострво

Introduction

Caves, pits and deep soil layers represent a special environment that is under the weak influence of external climatic factors. In this special environment, there is a higher percentage of moisture and a lower temperature compared to the soil surface. Also, the fluctuations of external factors in caves and pits during the day and in different seasons are much lower in the subterranean environment than in habitats above the ground. Hypogean habitats are therefore inhabited by specialized groups of animals, especially arthropods, within which insects dominate (Brajković & Ćurčić, 2008).

In our country, within the limestone masses there are subterranean habitats (caves and pits) with a relatively high percentage of moisture that served as refugia for hygrophilous taxa of insects, which needed protection from severe drought during the Miocene. Endemic and relic taxa (genera and species) of insects have been preserved there. The colonization of

subterranean habitats in Serbia by insects began in the Tertiary. This process has not proceeded at the same speed throughout evolutionary history (Brajković & Ćurčić, 2008).

In the entomofauna of Serbia, three types of subterranean inhabitants have been recorded: (i) troglonexes (accidentally or temporary arrived in caves – brought by water flow, falling through cave fissures, overwintering, epizoic; they are not adapted to life in cave conditions) (Fig. 1A); (ii) troglophiles (adapted to life in caves, but occur also in the soil and in similar habitats; they do not have morphological and ecophysiological adaptations for life in caves) (Fig. 1B); and (iii) troglobites (true cave forms, with numerous adaptive modifications for subterranean life: lengthening of appendages, loss of pigmentation, reduction of eyes and wings, possession of numerous sense organs, disappearance of circadian rhythm, etc.) (Fig. 1C) (Ćurčić, 2011).

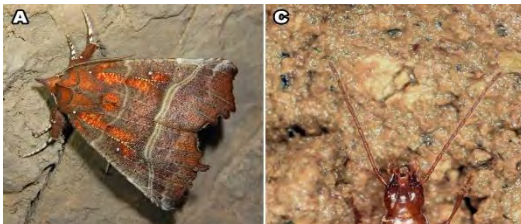


Fig. 1. Three types of insects based on adaptation to life in the subterranean habitats of Serbia. A troglonexe – moth *Scoliopteryx libatrix* (Linnaeus, 1758) (A); a troglophile – rove beetle *Quedius mesomelinus* (Marsham, 1802) (B); a troglobite – ground beetle *Duvalius (Paraduvalius) stankovitchi georgevitchi* (Jeannel, 1924) (C). Photos N. Vesović.

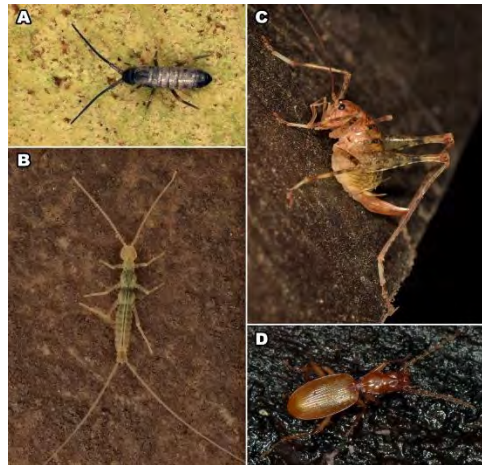


Fig. 2. Selected subterranean hexapods found in Serbian caves. A trogliphilic springtail of the genus *Tomocerus* Nicolet, 1841 (A); troglobitic dipluran *Plusiocampa christiani* Condé & Bareth, 1996 (B); trogliphilic cricket *Troglophilus neglectus* Krauss, 1879 (C); troglobitic ground beetle *Duvalius (Paraduvalius) petrovici* S. Ćurčić, Vrbica, Antić & B. Ćurčić, 2014 (D). Photos N. Vesović.

History of entomological biospeleological research in Serbia

Research on the Serbian cave-dwelling insect fauna began early in the 20th century. In 1904, a blind leiodid beetle, *Magdelainella serbica* (Müller, 1904), was described by Josef Müller from a cave on Mt. Ovčar (western Serbia). From 1923 to 1933, several scientific expeditions undertaken by foreign biospeleologists and supported by some Serbian scientists contributed to a better knowledge of the insect fauna of Serbian caves (Jeannel,



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



1931, 1933). In 1960, a group of scientists from the Karst Research Institute in Postojna (Slovenia) explored several caves in southeastern Serbia and discovered one new hypogean beetle species (Pretner, 1963). Since the last decades of the 20th century, entomological investigations of Serbian caves have been intensified under the leadership of several Serbian (Božidar Ćurčić, Guido Nonveiller, Srećko Ćurčić, Dragan Pavićević, Ivo Karaman, Luka Lučić) and foreign scientists.

The richness of the subterranean insect fauna of Serbia

Serbia is known for its moderately rich hypogean insect fauna. Among the troglaphiles, it is worth mentioning the presence of cave crickets belonging to the order Orthoptera [three subterranean species of the genus *Troglophilus* Krauss, 1879 (family Rhaphidophoridae) (Fig. 2C), of which *T. brevicauda* Chopard, 1934 is a Balkan endemic] (Karaman *et al.*, 2011). Concerning the troglobitic insect fauna of Serbia, the members of the following orders have been recorded: Collembola, Diplura and Coleoptera. A total of 72 subterranean taxa (species and subspecies) of insects are known from Serbia to date (Table 1). Genera which are endemic to the hypogean habitats of Serbia are *Serbiella* Lučić, 2001, *Trojanura* Lučić & Stanković, 2002, *Bozidaria* S. Ćurčić & Pavićević, 2021, *Glabroduvalius* Vrbica, S. Ćurčić, Antić & B. Ćurčić, 2013, *Pavicevicia* Perreau, 2008 and *Velesaphaenops* S. Ćurčić & Pavićević, 2018. All the genera are monotypic, except for *Pavicevicia*, which includes two subterranean species (Ćurčić *et al.*, 2022). The number of troglaphilic and troglaxene insect species in Serbia is many times higher than the current number of troglobitic species.

Many endemic forms of springtails (order Collembola) inhabit the hypogean habitats of Serbia. Most are adapted to life in caves, being either troglobites or troglaphiles (Fig. 2A). Troglobites are certainly the most interesting among the Serbian subterranean Collembola. Thirteen troglobitic springtail species are known in Serbia to date (Table 1) (Ćurčić *et al.*, 2022).

Three endemic troglobitic species of diplurans (order Diplura) belonging to the family Campodeidae are recorded in Serbia (Fig. 2B; Table 1) (Sendra *et al.*, 2021).

Beetles (order Coleoptera) are one of the most important terrestrial animal groups that inhabit hypogean habitats. Most subterranean species belong to the families Carabidae (ground beetles) and Leiodidae (round fungus beetles). Thirty-two subterranean ground beetle taxa belonging to the tribe Trechini are recorded in Serbia (Ćurčić *et al.*, 2022). Among them, the genus *Duvalius* Delarouzé, 1859 (Fig. 2D), with its 25 hypogean taxa, is the richest among all subterranean insects from Serbia. The recent findings of two new aphaenopsoid highly specialized species of ground beetles to science (*Velesaphaenops tarensis* S. Ćurčić & Pavićević, 2018 and *Acheroniotes lethensis* S. Ćurčić & Pavićević, 2018) from western and southwestern Serbia were unexpected and are very important

(Ćurčić *et al.*, 2018). The subterranean leiodid fauna of Serbia is moderately rich, with 22 taxa. Within the tribe Leptodirini, the genera *Pholeuonopsis* Apfelbeck, 1901 and *Remyella* Jeannel, 1931 are the most speciose, with six and five hypogean species in western and southwestern Serbia, respectively. The latter genus includes highly specialized representatives inhabiting the subterranean sites of the Pešter Plateau (Ćurčić *et al.*, 2022).

Table 1. Number of subterranean insect taxa (species and subspecies) present in Serbia

Order	Family	Genus	Number of taxa
Collembola	Arrhopalitidae - 1	<i>Arrhopalites</i> - 1	13
	Entomobryidae - 2	<i>Bonetogastrura</i> - 1	
	Hypogastruridae - 1	<i>Heteromurus</i> - 1	
	Neanuridae - 1	<i>Hymenaphorura</i> - 1	
	Neelidae - 1	<i>Onychiurus</i> - 4	
	Onychiuridae - 6	<i>Neelus</i> - 1	
	Sminthuridae - 1	<i>Protaphorura</i> - 1	
		<i>Pseudosinella</i> - 1	
		<i>Serbiella</i> - 1	
		<i>Trojanura</i> - 1	
Diplura	Plusiocampidae - 3	<i>Plusiocampa</i> - 3	3
Coleoptera	Carabidae - 32	<i>Acheroniotes</i> - 1	56
	Leiodidae - 22	<i>Bozidaria</i> - 1	
	Staphylinidae - 2	<i>Bryaxis</i> - 2	
		<i>Duvalius</i> - 25	
		<i>Glabroduvalius</i> - 1	
		<i>Magdelainella</i> - 5	
		<i>Pavicevicia</i> - 2	
		<i>Pheggomisetes</i> - 4	
		<i>Pholeuonopsis</i> - 6	
		<i>Proleonhardella</i> - 3	
		<i>Remyella</i> - 5	
	<i>Velesaphaenops</i> - 1		
Total	11	23	72

Diversification of the subterranean insect fauna of Serbia

Almost the entire subterranean insect fauna of Serbia originated from the old circum-Mediterranean fauna (Krešić, 1988). The enormous diversity of the cave-dwelling insect fauna of Serbia and the Balkan Peninsula in general can be explained by the following causes: (i) the diversity of the surface fauna that inhabited the proto-Balkan land in the past; (ii) the continuity of terrestrial phases in various parts of the Balkans and the Mediterranean; (iii) the presence of limestone sediments and the evolution of the subterranean karst relief; (iv) the succession of climatic conditions that have favorably influenced the colonization of hypogean habitats; and (v) the divergent differentiation of various groups of insects in a large number of isolated niches created during the genesis of the subterranean karst relief (Ćurčić, 2011).



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



References

- Brajković M, Ćurčić S, 2008: Opšta entomologija. Faculty of Biology, University of Belgrade, Belgrade, p. 311.
- Ćurčić BPM, Ćurčić S, Dimitrijević R, Paunović M, Karapandža B, Decu V, Juberthie C, 2022: Serbia. In: Deharveng L & Juberthie C (eds) *Encyclopædia Biospeologica*. European Subterranean Fauna, National Museum of Natural History, Paris, in press.
- Ćurčić S, 2011: Zemljišna fauna beskičmenjaka. Faculty of Biology, University of Belgrade, Belgrade, p. 317.
- Ćurčić S, Pavićević D, Vesović N, Marković Đ, Petković M, Bosco F, Kuraica M, Nešić D, 2018: First report of aphaenopoid trechines (Coleoptera: Carabidae: Trechini) from Serbia, with descriptions of new taxa. *Zootaxa*, 4425 (2), 311-326.
- Jeannel R, 1931: Bathysciinae nouveaux recueillis par P. Rémy dans les grottes du Novi-Pazar. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 61, 258-266.
- Jeannel R, 1934: Bathysciinae recueillis par MM. P. Rémy et R. Husson dans le Sandjak de Novi-Pazar et la Macédoine grecque. *Revue Fr. Entomol.*, 1 (2), 89-103.
- Karaman I, Hammouti N, Pavićević D, Kiefer A, Horvatić M, Seitz A, 2011: The genus *Troglophilus* Krauss, 1879 (Orthoptera: Rhabdophoridae) in the West Balkans. *Zool. J. Linn. Soc.*, 163 (4), 1035-1063.
- Krešić N, 1988: Karst i pećine Jugoslavije. Naučna knjiga, Belgrade, p. 151.
- Pretner E, 1963: Biospeološka istraživanja u Srbiji. *Poročila (Acta carsol.)*, 3, 139-147.
- Sendra A, Borko Š, Jiménez-Valverde A, Selfa J, Lukić M, Miculinić K, Rađa T, Antić D, 2021: Cave-adapted campodeids (Hexapoda, Diplura, Campodeidae) from the Dinarides and adjacent karst regions. *Rev. suisse Zool.*, 128 (1), 15-52.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**THE CAVERNICOLOUS DIPLOPODA (ARTHROPODA, MYRIAPODA)
OF SERBIA**

ПЕЋИНСКЕ ДИПЛОПОДЕ СРБИЈЕ (ARTHROPODA, MYRIAPODA)

Dragan Antić¹ & Slobodan Makarov²

¹University of Belgrade – Faculty of Biology, Institute of Zoology, Belgrade, Serbia

²Serbian Biospeleological Society, Novi Sad, Serbia

e-mails: dragan.antic@bio.bg.ac.rs; slobodan@bio.bg.ac.rs

Сажетак: Пећине, као екстремна станишта са аспекта услова који владају у њима, су познате као дом различитих група организама, углавном зглавкара. Свакако, најинтересантнији међу њима су прави пећински становници – троглобионти – које карактеришу различите морфолошке, физиолошке и етолошке адаптације на услове који владају у подземљу. Балканско полуострво је одавно познато као једна од светских врућих „тачака” биодиверзитета подземне фауне, при чему *Diplopoda* нису изузетак. У свету је до сада описано око 400 троглобионтних диплопода, а од тога броја око 150 из подземних станишта Балкана, што га чини најбогатијим регионом када су у питању ови зглавкари. У Србији је до сада описао или забележено 29 троглобионтних диплопода (приближно 30% целокупне фауне), из 14 родова, шест породица и четири реда. Од овог броја, чак 27 врста су стеноендемита Србије познати из свега једне или неколико пећина одређене планине или мањег региона, док су врсте *Haasea vidinensis* (Strasser, 1973) и *Serboiulus spelaeophilus* (Gulička, 1967) ендемити познати из пећина источне Србије и западне и северозападне Бугарске. Треба истаћи да поред значајног броја ендемичних троглобионтних диплопода, пећине Србије настањују таксони које можемо сматрати реликтима, као што су *Hyleoglomeris faberi* (Makarov *et al.*, 2013) или род *Lamellotyphlus* (Tabacaru, 1976).

Key words: caves, endemic, millipedes, troglobites, Balkan Peninsula

Кључне речи: пећине, ендемске врсте, милипеди, троглобионти, Балканско полуострво

Introduction

Caves have fascinated biologists for nearly two centuries due to their interesting, unique, and sometimes bizarre fauna. Despite being extreme habitats that differ from surface ones primarily in the absence of light, relatively constant temperature, reduced oxygen concentration, high humidity, and lack of food, caves are still home to a diverse range of terrestrial and aquatic animals, primarily arthropods (Antić 2020). Troglobites, or true cave creatures, which spend their entire life cycle in caves and have numerous morphological, physiological, and ethological adaptations to cave conditions, are of particular interest to scientists. The most noticeable morphological adaptations of these animals are depigmentation of the body, partial or complete reduction of the visual organs, as well as elongation of the appendages (Karaman *et al.* 2015). In addition to these obvious changes, there are a number of other morphological adaptations that can be seen in various groups



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



of cave organisms as a result of a specific way of life in the microhabitats of these extreme subterranean milieus (Antić 2020).

One of the groups of terrestrial arthropods that is relatively well represented in underground habitats is the class Diplopoda (subphylum Myriapoda). With over 12,000 described species, this megadiverse group includes around 400 troglobiotic species found in caves worldwide (Antić 2020), including the deepest recorded terrestrial organism ever—*Leucogeorgia profunda* Antić & Reip, 2020—found in the caves of the Caucasus up to a depth of -2204 meters (Antić 2021). The Balkan Peninsula is one of the richest regions, with approximately 150 presumably troglobiotic millipedes (Antić 2020), with a significant number of taxa in Serbia (Table 1).

A brief history of the discoveries and descriptions of troglobiotic millipedes in Serbia

Egon Pretner, a well-known Slovenian biospeleologist, is "to blame" for the discovery of the first troglobiotic millipede in Serbia. Based on the material collected by him in Ravanička Cave, the well-known European diplopodologist Carlo Strasser described the first troglobiotic millipede in Serbia, *Serbosoma crucis* (Strasser, 1960). Strasser (1962, 1971) described several more troglobites from Serbian caves based on material also collected by Pretner. In this period, the Romanian expert Ceuca (1964) contributed to the knowledge of Serbian cave millipedes too. After 1971, there was a significant gap until 1988, when the Slovenian pedobiologist Mršić (1988) described a single cave millipede from southern Serbia. Around the turn of the century, Serbian diplopodology began to flourish. In the last two and a half decades, thanks to mostly Serbian experts led by Slobodan Makarov and, lately, Dragan Antić, 20 troglobiotic millipedes have been described, including seven new genera (Antić *et al.* 2020, 2022; Ćurčić & Makarov 1998; Ćurčić *et al.* 2007, 2008; Makarov *et al.* 2003, 2012).

Diversity of troglobiotic millipedes in Serbia

So far, 29 presumably troglobiotic millipedes (ca. 30% of fauna) from 14 genera, six families, and four orders have been discovered in Serbia, of which even 22 are Carpatho-Balkan taxa. There are as many as 27 Serbian stenoendemics known only from one or a few caves (Table 1). The family Anthroleucosomatidae has the most troglobites (12 species). These species are members of six Serbian local endemic genera: *Cornogonopus* Antić, 2020; *Belbogosoma* Ćurčić & Makarov, 2008; *Dazbogosoma* Makarov & Ćurčić, 2012 (Fig. 1C); *Perunosoma* Ćurčić & Makarov, 2007; *Serbosoma* Ćurčić & Makarov, 1998 (Fig. 1D) and *Svarogosoma* Makarov, 2003. In addition, Serbia is home to three regional Carpatho-Balkan endemic troglobiotic genera: *Balkanodesminus* Antić *et al.*, 2022 (Fig. 1B) *Lamellotyphlus* Tabacaru, 1976; and *Serboiulus* Strasser, 1962 (Fig. 1F). All the other troglobiotic millipedes in Serbia are from genera with a wider distribution. Aside from the fact that the majority of them are stenoendemics, some, such as *Hyleoglomeris*

faberi Makarov *et al.*, 2013 (Fig. 1A) or *Lamellotyphlus*, can be considered relics that found refuge in the underground habitats of Serbia. Finally, the stenoendemic *Typhloiulus balcanicus* Antić, 2017 (Fig. 1E), should be mentioned since it is one of the few millipedes in the world with modified mouthparts for a filtering diet and leads an amphibious life in caves (Antić *et al.* 2017).

Table 1. Presumably troglobiotic millipedes in Serbia

Family	Species	Localities
Glomeridae	<i>Hyleoglomeris faberi</i> Makarov <i>et al.</i> , 2013	near Krupanj (one cave)
Polydesmidae	<i>Brachydesmus femoralis</i> Makarov, 2008	Mt. Tara (a few caves)
	<i>Brachydesmus jalzici</i> (Mršić, 1988)	near Klina (one cave)
	<i>Brachydesmus sjenicae</i> Makarov & Antić, 2013	near Sjenica (one cave)
	<i>Polydesmus undeviginti</i> Strasser, 1971	Mt. Žljeb (one cave)
Trichopolydesmidae	<i>Balkanodesminus serbicus</i> Antić <i>et al.</i> , 2022	Mt. Kalafat (one cave)
Anthroleucosomatidae	<i>Belbogosoma bloweri</i> Ćurčić & Makarov, 2008	Mt. Tupižnica (one cave)
	<i>Belbogosoma sribogi</i> Antić & Makarov, 2014	Mt. Rtanj (a few caves) Slemen (one cave)
	<i>Cornogonopus pavicevici</i> Antić, 2020	Homoljske Mts (one cave)
	<i>Dzobogosoma naissi</i> Makarov & Ćurčić, 2012	Mt. Kalafat (one cave)
	<i>Dzobogosoma mokoshae</i> Šević & Antić, 2022	Mt. Ozren (one cave)
	<i>Perunosoma trojanicum</i> Ćurčić & Makarov, 2007	Svrljiške Mts (a few caves)
	<i>Serbosoma beljanicae</i> (Ćurčić & Makarov, 1998)	Mt. Beljanica (a few caves)
	<i>Serbosoma crucis</i> (Strasser, 1960)	Kučaj Mts (a few caves)
	<i>Serbosoma kucajense</i> (Ćurčić & Makarov, 1998)	Kučaj Mts (two caves)
	<i>Serbosoma lazarevense</i> (Ceuca, 1964)	Kučaj Mts (a few caves)
	<i>Serbosoma zagubicae</i> (Ćurčić & Makarov, 1998)	Mt. Beljanica (one cave)
	<i>Svarogosoma bozidarcurcici</i> Makarov, 2003	Mt. Suva (one cave)
Haaseidae	<i>Haasea makarovi</i> Antić & Akkari, 2020	Kamena Gora (one cave)
	<i>Haasea microcoma</i> (Strasser, 1971)	near Sjenica (a few caves) Mt. Javor (one cave)
	<i>Haasea vidinensis</i> (Strasser, 1973)	east Serbia (a few caves) northwest Bulgaria (one cave)
Julidae	<i>Lamellotyphlus belevodae</i> Makarov, 2008	Mt. Miroč (one cave)
	<i>Lamellotyphlus sotirovi</i> Makarov <i>et al.</i> , 2002	Mt. Miroč (one cave)
	<i>Serboiulus deelemanni</i> Strasser, 1971	near Pirot (two caves)
	<i>Serboiulus kresnik</i> Makarov, 2013	Mt. Tupižnica (one cave) Mt. Stara Planina (two caves)
	<i>Serboiulus lucifugus</i> Strasser, 1962	Svrljiške Mts (three caves)
	<i>Serboiulus spelaeophilus</i> Gulička, 1967	east Serbia (two caves on Mt. Stara Planina) northwest Bulgaria (numerous caves)
	<i>Typhloiulus balcanicus</i> Antić, 2017	Mt. Stara Planina (two caves)
	<i>Typhloiulus nevoi</i> Makarov <i>et al.</i> , 2002	Mt. Vidlič (two caves)

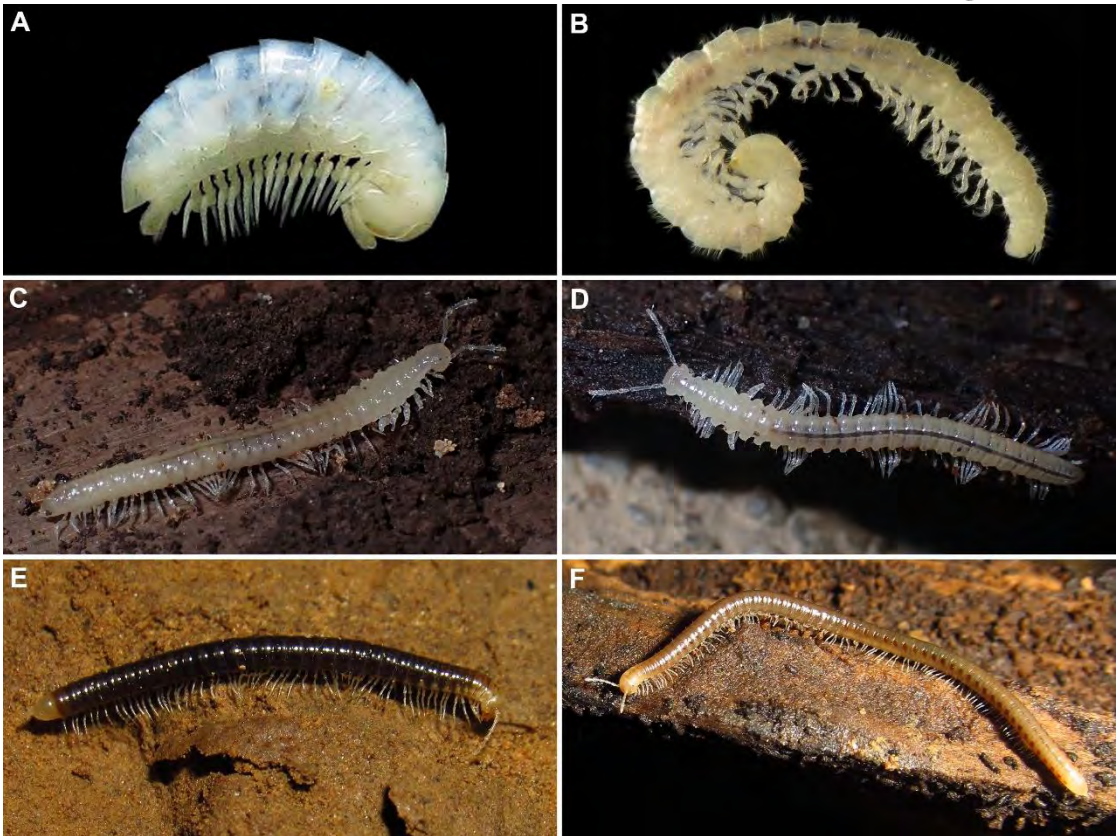


Fig. 1. Some troglobiotic representatives of Serbian millipedes. A. *Hyleoglomeris faberi*, (Glomerida); B. *Balkanodesminus serbicus* (Polydesmida); C. *Dazbogosoma mokoshae* (Chordeumatida); D. *Serbosoma kucajense* (Chordeumatida); E. *Typhloiulus balcanicus* (Julida); F. *Serboiulus lucifugus* (Julida). Photos A, B, modified after Makarov et al. 2013 and Antić et al. 2022 respectively. Photos C-F by Dragan Antić.

Given Serbia's geographical location, as well as the rate at which troglobiotic Diplopoda are discovered and described, it is clear that we can expect new and interesting cave millipedes from our country in the future.

References

- Antić D, 2020: Western Caucasian caves reveal hidden biodiversity of hydrophilous millipedes. CIM Newsletter, 5: 16-18.
 Antić D, 2021: Two thousand "leagues" underground – A new world record from the Caucasus. CIM Newsletter, 6: 25-27.



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



- Antić DŽ, Dudić BD, Gajić MR, Lučić LR, 2017: The first hydrophilous cave-dwelling millipede from Serbia—*Typhloiulus balcanicus* sp. nov. (Diplopoda, Julida, Julidae). *Zootaxa*, 4226 (1): 137-143.
- Antić DŽ, Stojanović DZ, Makarov SE, 2020: *Cornogonopus*—a new monotypic cave-dwelling genus of the family Anthroleucosomatidae (Diplopoda, Chordeumatida) from Serbia, Balkan Peninsula. *Biol. Serb.*, 42 (1), 32-47.
- Antić D, Vagalinski B, Stoev P, Akkari N, 2022: A review of the cavernicolous Trichopolydesmidae (Diplopoda, Polydesmida) from the Carpathian-Balkan arch and the Rhodope Mountains, with descriptions of two new genera and three new species. *ZooKeys*, 1097: 1-46.
- Ceuca T, 1964: Zur Kenntnis der Höhlendiplopoden Jugoslawiens. *Fragm. Balc.*, 5 (8): 37-46.
- Ćurčić BPM, Makarov SE, 1998: Three new endemic species of the millipede genus *Bulgarosoma* Verhoeff (Diplopoda: Chordeumatida: Anthroleucosomatidae) from east Serbia. *Arch. Biol. Sci.*, 50 (1): 51-61.
- Ćurčić BPM, Makarov SE, Tomić VT, Mitić BM, 2007: Global review of some Anthroleucosomatidae (Diplopoda: Chordeumatida) with description of a new millipede genus from the Balkan Peninsula. *Can. Entomol.*, 139 (4): 478-488.
- Ćurčić BPM, Makarov SE, Tomić VT, Mitić BM, Ćurčić SB, Dudić BD, Lučić LR, Jasnić N, 2008: On a new genus of endemic millipedes (Diplopoda: Chordeumatida: Anthroleucosomatidae) from the Balkan Peninsula. *Zootaxa*, 1743: 1-16.
- Karaman I, Makarov S, Horvatović M, 2015: *Osnovi biospeleologije*. University of Novi Sad - Faculty of Sciences, p. 2015.
- Makarov SE, Mitić BM, Ćurčić SB, 2003: *Svarogosoma bozidarcurcici*, n. g.; n. sp.; (Diplopoda, Anthroleucosomatidae) from the Balkan Peninsula, with notes on its phylogeny. *Period. Biol.*, 105 (4): 465-472.
- Makarov SE, Ćurčić BPM, Milinčić M, Pecelj MM, Antić DŽ, Mitić BM, 2012: new genus and species of the family Anthroleucosomatidae from Serbia (Myriapoda, Diplopoda, Chordeumatida). *Arch. Biol. Sci.*, 64 (2): 793-798.
- Makarov SE, Ćurčić BPM, Antić DŽ, Tomić VT, Ćurčić SB, Ilić B, Lučić LR, 2013: A new cave species of the genus *Hyleoglomeris* Verhoeff, 1910, from the Balkan Peninsula (Diplopoda: Glomerida: Glomeridae). *Arch. Biol. Sci.*, 65 (1): 341-344.
- Mršić N, 1988: Description of a new subgenus and two new species of the genus *Polydesmus* Latreille 1808 (Diplopoda). *Biološki Vestnik*, 36: 25-30.
- Strasser K, 1962: Die Typhloiulini (Diplopoda Symphyognatha). *Atti Mus. civ. stor. nat. Trieste*, 23 (1): 1-77.
- Strasser K, 1971: Über Diplopoden Jugoslawiens. *Senck. biol.*, 52 (3-5): 313-345.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



BAT FAUNA IN CAVES OF SERBIA

СЛЕПИ МИШЕВИ У ПЕЋИНАМА СРБИЈЕ

Milan Paunović¹, Branko Karapandža²

¹Natural History Museum in Belgrade, Serbia, e-mail: milan.paunovic@nhmbeo.rs

²Faua C&M, Novi Banovci, Serbia, e-mail: branko.karapandza@gmail.com

Extract of the manuscript: Изложени су обједињени подаци о пећинским врстама слепих мишева и њиховим најзначајнијим подземним природним склоништима – пећинама у Србији. У 177 пећина и 19 других подземних природних склоништа забележено је 25 врста слепих мишева од укупно 31 регистроване. Најчешћи слепи мишеви у подземним природним склоништима су припадници врста *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Miniopterus schreibersii* и *Rhinolophus euryale*. Свака врста је опсервирана с аспекта броја и фреквенције налаза у пећинама, статуса у међународним документима и националном законодавству, процена угрожености и бројности, те репродукционог статуса у Србији. Од 62 најважнија налазишта слепих мишева у Србији, 48 су пећине. За 15 њих су наведени подаци о броју нађених врста, колонија и јединки слепих мишева у њима, њихове функције у животу слепих мишева, као и статусима уређености за туристичке посете и статусу заштите. Жеља је аутора да се овим радом подстакну нова биоспелеолошка истраживања и подрже адекватна заштита и очување спелеолошких објеката и њихове фауне путем интензивирања истраживања пећинске фауне слепих мишева и примене добијених резултата у пракси заштите и очувања природе.

Key words: Cave-dwelling bats, Serbia

Кључне речи: Слепи мишеви у пећинама, Србија

Introduction

As elements of nature, bats play an important, indispensable role in every terrestrial ecosystem. Therefore they are extremely sensitive bioindicators of the state of the environment, habitats and roosts in which they live (Paunović *et al.*, 2020). Bats establish biological control of the number of those insects that are assigned the epithet of harmful to health of humans and animals or to forests and agricultural crops, and thus they perform an important ecological service (Paunović *et al.*, 2020). Due to their significance in nature, combined with the high degree of threats to their individuals, species, habitats and roosts, the bats have a prominent position in many international and national documents in the field of nature conservation.

Influence of bats on the diversity of the cavernicolous wildlife is of particular importance. The underground organisms, in artificial underground facilities, in absence of primary organic production, are completely dependent on the intake of organic matter from the external environment. The most significant form is certainly the one performed by



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



trogloxene and troglophilous animals that accidentally or regularly enter them due to their specific way of life and leave excrement or parts of their prey in their underground roost, but also end their lives there for various reasons. Organic matter introduced in this way is the source of life for abundant troglophile and troglobiont fauna and fungia. So, speleo-objects in Serbia represents diversity hotspots for endemic species, primarily troglobiont invertebrates (Radovanović, 1950; Ćurčić *et al.*, 1997). Therefore the intake of organic matter by bats may be considered crucial for survival of these fragile, partially or almost completely isolated subterranean ecosystems and their elements, and it is necessary to pay special attention to bats from the aspect of biospeleology.

On the other hand, underground speleological objects often represent a meeting point of diverse paleontological and archaeological assets, so it is necessary to understand the importance and impact of bats on their conservation in natural conditions (Paunović, 2000). In this way, apart from the biospeleological values, bats also have a direct impact on the geological and cultural assets of the caves.

Bats in caves of Serbia – an overview of results

Over the last 60 years, bats have often been the topic of short- and long-term research in Serbia, but the results have only been synthesized recently. To this day, 31 bat species have been found in the country, at 606 sites (Paunović *et al.*, 2020). Out of this number, 238 are underground roosts of different types, of which caves are by far the most common (n=177). Among the bat species recorded in Serbia, only six were never recorded at underground sites – *Nyctalus leisleri*, *Pipistrellus pygmaeus*, *P. nathusii*, *P. kuhlii*, *Vespertilio murinus* and *Tadarida teniotis*. All the other 25 species have been found roosting in underground sites, whether regularly or occasionally.

Three species known from very few sites have been found exclusively in caves (*Rhinolophus blasii*, *Rhinolophus mehelyi* and *Plecotis macrobullaris*), while the 11 species have been predominantly, but not regularly, found in natural underground roosts. For almost all of these species, the crucial stages of the life cycle – hibernation, transitory movement and reproduction – take place in their underground roosts. The remaining 11 species tend to use underground roosts less frequently. The most common bats in underground natural roosts are *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Miniopterus schreibersii* and *Rhinolophus euryale*, but the composition of fauna depends on ecological characteristics of species, each roost and surrounding habitat, the geographic position and climate.

All bat species are strictly protected in the country under the Law on Nature Protection (Službeni Glasnik, 14/16) and its by-law, the Regulation on Proclamation and Protection of Strictly Protected and Protected Wild Species of Plants, Animals and Fungi (Službeni



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Glasnik, 32/16). Only 8 species have been categorized as threatened at the national level by the IUCN categories of threat, starting from “near threatened” NT and higher.

The species at the highest risk of extinction in Serbia (EN) is *Rhinolophus mehelyi*. Its total population in Serbia includes less than 200 individuals, while only 4 roosting sites have been known until fairly recently. Two other species have been assessed as vulnerable (VU) in Serbia: *Rhinolophus blasii* and *Plecotus auritus*. Although their populations and ecological parameters differ, their abundances in this country have declined over the last 10-15 years, while several former known roosting sites seem to have been abandoned.

Based on colony size/number of roosting individuals, 62 bat roosting sites in Serbia out of 606 recorded localities are regarded as important (Paunović *et al.*, 2020). Most are natural underground sites, almost exclusively caves – 48 in total. Six of these sites are classified as very important, 24 as important and 18 as moderately important depending on the number of roosting species and individuals. Thirty-seven natural underground sites (mostly caves) are protected in Serbia as natural monuments under the Law on Nature Protection (Službeni Glasnik, 14/16), mostly based on geological and cultural considerations, while a number of other sites are protected as part of wider protected areas. The presence and richness of the bat fauna are used only very occasionally as a criterion in the evaluation and categorization of underground roosts in Serbia.

Table 1 presents an overview of the 15 most significant bat caves in Serbia, with data on recorded number of species, number of recorded bat colonies and average total number of individuals, data on the functional type of roost, arrangement of cave for tourist visits, and protection status.

In the most important caves, bats may live in colonies, aggregations or individually. The number of individuals in the colonies is between 2,000 and 3,000 individuals. The largest number of individuals was recorded during the hibernation period in the Vernjikica cave near the village of Zlot in Bor municipality (Paunović, 2004). The largest number of species was recorded in the Petnička, Lazareva, Ravanička and Vernjikica caves. Functional types of caves for certain life stages of bats are of particular importance. They are crucial for evaluation of caves as roosts for bats. This type of data may be determined only through year-round and long-term monitoring, while their absence does not allow a high-quality biospeleological evaluation of these natural underground shelters. Finally, only four of the 15 most important caves have been properly arranged for tourist visits, and they include three of the most important ones. Eight caves are already protected by law as natural assets, including all four of the most important ones. On the other hand, all important caves with organized human activity also show significant shortcomings in the approach to organization. Elimination of these shortcomings would relieve the existing troglafauna and bat fauna of the pressure of inadequate organization and protection measures and thus facilitate further survival.

Table 1. Most significant bat caves with details on bat species recorded, number of bat colonies/average total number of bat individuals, functional type of roost, data on cave arrangement for tourism purposes, issued protection (according to Paunović et al. 2020; modified).

Significant bat cave	Bat species recorded	Number of bat colonies / average total number of individuals	Bat roost type (Winter, Transitory, Summer, Nursery, Copulatory)	Cave arranged for tourism	Protection
Petnička pećina	14	2 / >1.000	NWTC	Yes	Yes
Lazareva pećina	13	1 / 3.000	WTS	Yes	Yes
Ravanička pećina	11	2 / 1.000	NWTC	No	Yes
Pećina Vernjikica	10	3 / 35.000	WTS	Yes	Yes
Čebića pećina	9	1 / 500	SWTC	No	No
Pećina Toplik	8	1 / 1.500	NWTC	No	No
Pećina Pećurski kamen	7	3 / 10.000	NTW	No	No
Dubočka pećina	7	3 / 1.500	WTC	No	Yes
Gradašnička pećina	7	3 / 1.500	NWTC	No	Yes
Canetova pećina	7	1 / 2.000	WT	No	No
Hadži Prodanova pećina	6	1 / 2.000	NTC	Yes	Yes
Radovačka pećina	5	1 / >1.000?	STW	No	No
Degurička pećina	5	1 / 4.000	NTC	No	No
Popšička pećina	5	1 / 1.500	NWT	No	Yes
Šalitrena pećina	4	1 / 1.500	NWT	No	No

Conclusions

The presented data provide a foundation for recognizing the great importance and key contribution of the fauna of cave-dwelling bats to the survival and diversity of the troglophile and troglobiont fauna. Until recently, the fauna of cave-dwelling bats was not sufficiently known, and the existing data were not consolidated. Therefore, the assessment of speleological values is based mainly on geological, cultural and those biospeleological research results related to troglobiont fauna (Đurović, 1998; Paunović, 2000). Only recently the results of research on the bat fauna of Serbia were systematized and unified (Paunović et al., 2020), including species that prefer underground natural roosts, especially caves. In addition, a number of expert studies on the protection and preservation of immobile natural assets has finally started to include bats as elements of assessment and evaluation (e.g., Nešić et al., 2008). However, in practice, there are still very few examples of application of adequate measures for the protection of cave fauna in controlled and arranged speleological objects in Serbia. The measures are still focused on the protection and conservation of the visible, tangible and aesthetic elements and features of the caves, while the living organisms are, as a rule, in the background. Also, in practice, there are frequent cases of applying insufficiently effective or implementing completely wrong measures, where the good will of the editor may be glimpsed, but apparently without sufficient



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



information and knowledge (for example, incorrect choice of lighting sources, inadequate physical barriers). Therefore, the authors hopes that this paper will encourage new biospeleological research and support the protection and preservation of speleological objects and their fauna by intensifying the research of cave fauna of bats and applying the collected results in the practice of nature protection and conservation

References

- Ćurčić BMP, Dimitrijević RN, Makarov SE, Lučić LR, Karamata OS, Tomić VT 1997: The Zlot Cave – a Unique Faunal Refuge (Serbia, Yugoslavia). *Arch. Biol. Sci.*, 49 (3–4): 29P–30P, Belgrade.
- Đurović P 1998: Speleološki atlas Srbije. Geografski institut „Jovan Cvijić” SANU, Zavod za zaštitu prirode, Geografski fakultet u Beogradu, Biološki fakultet u Beogradu, *Univ. u Beogradu*, Posebno izdanje br. 52, 1–290, Beograd.
- Nešić D, Pavićević D, Zatezalo A, Mijatović M, Grubač B 2008: Rezultati kompleksnih istraživanja Ogoreličke pećine. *Zaštita prirode*, 59(1–2): 51–66, Beograd.
- Paunović M 2000: Posledice antropogenih zahvata na prirodne vrednosti Lazareve pećine – analiza i predlozi za njihovo očuvanje. VIII naučno-stručni skup o prirodnim vrednostima i zaštiti životne sredine, Zbornik radova, 391–398, Soko Banja.
- Paunović M 2004: Pećina Vernjickica – značajno zimsko sklonište slepih miševa (Mammalia, Chiroptera) u Srbiji. Zbornik radova Odbora za kras i speleologiju, SANU, 8(2): 105–118, Beograd.
- Paunović M Karapandža B, Budinski I, Stamenković S 2020: Fauna slepih miševa Srbije. Srpska Akademija Nauka i Umetnosti i Prirodnjački muzej u Beogradu, pos. izdanja knj. DCXCIII, Odeljenje hem. i biol. nauka, knj. 13, 1-601, Beograd.
- Službeni glasnik Republike Srbije 14/16: Zakon o zaštiti prirode. Beograd.
- Službeni glasnik Republike Srbije 32/16: Pravilnik o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva. Beograd.



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**





**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



CAVE PSEUDOSCORPIONS OF SERBIA

PEĆINSKE PSEUDOŠKORPIJE SRBIJE

Rajko N. Dimitrijević¹

¹Institute of Zoology, University of Belgrade – Faculty of Biology, Studentski trg 16, 11000 Belgrade, Serbia

Extract of the manuscript: On the basis of the present knowledge 77 species of pseudoscorpions are known from Serbia, belonging to 12 genera and four families. This number of pseudoscorpion species, both epigean and endogean is the result of investigations carried out by foreign and domestic arachnologists. Out of 77 known pseudoscorpion species 36 are subterranean, 32 are epigean, four endogean, three are mostly epigean (with one record from caves), one is trogliphilic and one is synantropic.

Of four recorded pseudoscorpion families that inhabit Serbia three families have at least one cavernicolous species (family Chernetidae), 11 species belong to the family Chthoniidae whilst family Neobisiidae comprises 25 species.

The family Chthoniidae has 11 species. Of these 6 belong to the genus *Chthonius* C.L. Koch, 1843, two species pertain to the genera *Ephippiochthonius* Beier, 1930 and *Globochthonius* Beier, 1931 each. The genus *Neobalkanella* Ćurčić, 2013 comprises one species.

The family Neobisiidae is the most numerous one with 25 species pertaining to three genera altogether. The genus *Acanthocreagris* Mahnert, 1974 is represented with only one species, the genus *Neobisium* Chamberlin, 1930, with 7 species, whilst the genus *Roncus* L. Koch, 1873 is most numerous one comprising 17 species.

The family Chernetidae is represented with only one genus – *Allochernes* Beier, 1932 and one species. The turbulent geomorphological past of the karst in Serbia created numerous different undergroundhabitats (crevices, potholes, caves, ponors). Well developed underground karst relief gave shelter to populations of different epigean (arthropod-arachnid) groups that escaped unfavourable climatic and other changes. Such protected subterranean refugia favored the process of underground speciation which resulted in a large number of endemics and relicts. Out of the total number of pseudoscorpion species recorded in Serbia, 56 are endemic to the country.

In 1929 eminent Serbian zoologist and arachnologist Jovan Hadži erected first cavernicolous pseudoscorpion species from Serbia – *Neobisium (Blothrus) karamani*. Forty three years later young arachnologist Božidar Ćurčić described three chthoniid species new to science (*Chthonius (C.) iugoslavicus*, *C.(C.) latidentatus* and *Chthonius*



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



(Globochthonius) pancici. Since 1972 intensive and extensive investigations of pseudoscorpion fauna in Serbia carried out by Prof. Dr Božidar Ćurčić alone or together with his collaborators resulted in erecting one new genus and numerous species and subspecies new to science, both epigeal and endogean (69 % of the total number of pseudoscorpion species and subspecies recorded in Serbia).



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



**JOVAN IVKO DRAŠKOČI AND RESAVA CAVE – A CONTRIBUTION
TO THE HISTORY OF THE RESAVA CAVE**

**ЈОВАН ИВКО ДРАШКОЦИ И РЕСАВСКА ПЕЋИНА
– ПРИЛОГ ИСТОРИЈАТУ РЕСАВСКЕ ПЕЋИНЕ –**

Милорад Кличковић¹

¹Завод за заштиту природе Србије, Јапанска 35, 11070 Нови Београд;
milorad.klickovic@zzps.rs

Extract of the manuscript: The direct connection between the name of Jovan (Ivko) Daškoci and his research work on the Resava Cave has not been established, even if his contribution to the research of Gornja Resava is immeasurable. Draškoci was known by both names "Jovan-Ivko".

Key words: Resava Cave, Jovan Ivko Draškoci, Divljakovac Cave, the History of Resava Cave, Divljakovac, Gornja Resava

Кључне речи: Ресавска пећина, Јован Ивко Драшкоци, Дивљаковачка пећина, историја Ресавске пећине, Дивљаковац, Горња Ресава

Откривање Ресавске пећине

Рад „Пећине, бездане и поткапине изворишта Ресаве” Јован Драшкоци, 1955

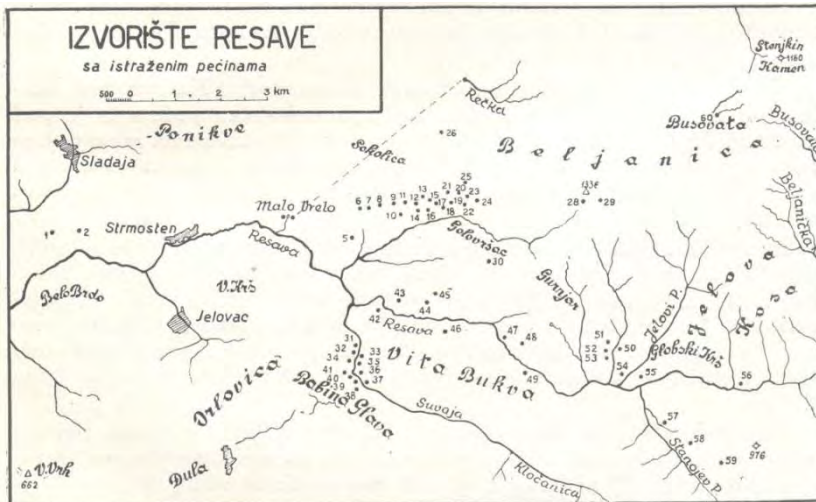
Готово да нема текста о Ресавској пећини и њеном историјату, а да се међу првим истраживачима не наводи Ј. Драшкоци (1955), нарочито у ширем контексту. У оквиру истраживања историјата истраживања и отварања Ресавске пећине анализиран рад Јована Драшкоција „Пећине, бездане и поткапине изворишта Ресаве”, који даје повода за горе наведено. Рад је објављен на I конгресу спелеолога Југославије у Љубљани.

У раду је дата исцрпна скица-карта изворишта Ресаве (горњи ток Ресаве) са назначеним тада познатим пећинама и другим спелеолошким објектима овог подручја – слика 1. Према положају, објекти под бројевима 38, 39, 40 и 41, би приближно могли одговарати Ресавској, односно Дивљаковачкој пећини. У истом раду наведену скицу прати и листа са називима објеката – слика 2. На листи ни један од наведених објеката не одговара Дивљаковачкој пећини. То се делимично може закључити и детаљним проматрањем наведене карте, јер се Дивљаковачка пећина налази на југозападним падинама Бабине Главе, а објекти на које се посумњало, су на њеним североисточним (супротним) падинама, односно у левој кањонској страни Суваје.

Из чега се закључује да Ресавска, односно Дивљаковачка пећина није била позната до 1955. године и није обрађена у наведеном раду Јована Драшкоција. То чини веродостојнијим податак да је Дивљаковачка пећина откривена 1962. године (или тек нешто пре) од стране свилајначких пећинара (Кличковић М., 2016).

Драшкоци

У раду „Заблуде о Ресавској пећини” (Кличковић М., 2016) скренута је пажња на име Драшкоција. У литератури Драшкоци се цитира као „Ј. Драшкоци”, што указује на име Јован. Са терена и од Драшкоцијевих савременика познато је да се он звао „Ивко”. Наведени рад потписан је са „Јован Драшкоци” што недвосмислено указује да је Драшкоцијево име било „Јован”. Дакле литературно цитирање „Ј. Драшкоци” је било исправно. Поставља се питање „Одакле онда име Ивко?”.



Слика 1. Карта Горње Ресаве са пећинама које је Драшкоци објавио (Ј. Драшкоци 1955)

PEĆINE, BEZDANE I POTKAPINE IZVORIŠTA RESAVE	
<i>(označene su istim brojevima kao i na karti)</i>	
1. Miltvska Pećina	31. Bezimena Pećina pod Klikom Velike
2. Pećina Bolnica za gubavce	Babine Glave sa 3 manje potkapine
3. Pećina Malog Vrela	32. Bezimena Suvajska Pećina
4. Pletena Pećina	33. Bezimena Pećina u Padinama Vite
5. Tor kod Velikog Vrela	Bukve
6. Velika Pećina	34. Pećlara
7. Bušna Pećina	35. Bezimena Pećina iznad Orlove
8. Radoševa Kristalna Pećina	36. Orlova Pećina
9. Čosićska Pećina	37. Ponor Kločanice
10. Pećlara	38. Stajina-Mirkova Pećina
11. Pećina Torovska Vrata	39. Lazičev Tor
12. Torovski Ulaz	40. Lazičeva Pećina
13. Ajdučka Pećina	41. Lazičeva Pećinka
14. Bušan Kamen	42. Ponor Čukare u Lisinama
15. Murdilova Pećina	43. Murdilova Pećina na Kozari
16. Buljunska Pećina	44. Karamidina Pećina
17. Velika Potkapina	45. Bezdana u Grekoljskoj Padiini
18. Mala Potkapina	46. Starčičeva Pećina
19. Pećina na Donjim Vratima	47. Radovijsva Pećina
Hajdučkog Toka	48. Hajdučka Polica-Petrova Pećina
20. Velika Atula	49. Pejkova Pećina
21. Zidata Pećina	50. Vlaška Pećina
22. Pećina pod Karlicom	51. Bezimena Pećina
23. Đorđeva Pećina	52. Bezimena Pećina
24. Lalova Pećina	53. Bezimena Pećina
25. Sajnam	54. Bezimena Pećina u Jelovom Potoku
26. Bezdana u Ljubikućinoj Čukari	55. Mala Krstata Pećina
27. Ponor Rečke	56. Radiševa Mećkina Pećina
28. Beljanička Pećina	57. Velika Krstata Pećina
29. Đorđeva Ledenića	58. Misina Pećina
30. Mećkina Pećina	59. Ledena Pećina
	60. Ponor Rečak

Слика 2. Листа спелеолошких објеката изворишта Ресаве (Ј. Драшкоци 1955)

Питање разрешава књига „Сага о Драшкоцијевима” ауторке Десанке Стаматовић 2008, у издању Ресавске библиотеке из Свилајнца. Једно поглавље, (стр. 73), носи наслов „Јован-Ивко Драшкоци”. Из чега је одмах јасно да је носио оба имена. Српски Драшкоцији нису носили два имена осим Јована-Ивко и Марије-Маје. У наведеној књизи се равноправно користе имена Јован и Ивко, мада у званичним документима фигурише име Јован.

Рођен је 25. X 1894. у Свилајнцу као девето дете Јулија и Вилхелмине Драшкоци. Умро је 28. XII 1984. такође у Свиланцу. Ивко није оставио потомака.

У поглављу „Синови и кћери Јулија Драшкоција” у фусноти на страни 36, наводи се: „Јован-Ивко Драшкоци, који је ван породице и фамилије користио само своје крштено име Јован, у Свилајнцу је био познат као Ивко. (...)”

Упућени на терену као и потомци кумовске породице Драшкоција, указују на могућност да је Јован по рођењу, након што је примио православље и добио и име Ивко. Међутим ова могућност отпада јер је већ Ивков отац, Јулије са читавом породицом примио православље. На то указује део текста у поглављу „Потомци Јована Драшкоција” на страни 18 поменуте књиге: „Синови Јованови Корнел и Јулије вратили су се по завршеним студијама у Београд, примили су српско држављанство, прешли у православну веру и после обављене обавезне праксе, по добијању потребних дозвола почели су да раде као апотекари.”



Importance, State of the Art, and Prospective of Utilisation and Protection of Resources in Karst Belgrade, 2022



Књига даје низ врло интересантних детаља везаних за чланове породице и њихову улогу и деловање у Србији. Драшкоцијеви воде порекло од Словачке племићке породице из 13 века. Први Драшкоцији у Србију су доселили 60 тих година 19. века. Међу њима у Београд је дошао Ивков деда, апотекар Јован Винович Драшкоци (Драшковце, Словачка 1820. – Београд 1887.) 1868. године. Њагов други син, Ивков отац, Јулије Драшкоци (Знијоград, Словачка 15. XII 1851. – Свилајнац 6. V 1927.) прешао је 1875. године из Београда у Свилајнац и први је апотекар у Свилајнцу и Ресави. Почев од Јулија бројни чланови породице бавили су се планинарством, па и Ивко који је склизнуо дубоко у спелеологију. Ивко је утемељивач спелеологије и истраживања карста у Ресавском крају. Ивко је можда најзначајнији представник породице Драшкоци који је дао допринос у многим областима, а најзначајнији у раду и развоју библиотеке. На крају сторије о Ивку и породици Драшкоци мора се рећи да је Србија традиционално остала незахвална према овим добротворима и покретачима напретка, осим што Понор Речке на Бељаници носи његово име „Ивков понор“. Хвала Десанки Стаматовић што је својом „Сагом“ покушала да српске Драшкоције отме од заборава.

Драшкоци и Ресавска пећина

Из првог одељка овог рада „Откривање Ресавске пећине“ може се закључити да Ресавска пећина није била предмет спелеолошких истраживања Ивка Драшкоција, сходно томе се не спомиње у његовом значајном раду „Пећине, бездане и поткапине изворишта Ресаве“ 1955.

Из дугог одељка „Драшкоци“ и уопште из богате сторије о Драшкоцију и његовој бројној породици, видљиво је да се нигде и ни у каквом контексту име Ивка Драшкоција не доводи у везу са Ресавском пећином. Да је имао било какве везе или доприноса, ауторка исцрпне „Саге“ Д. Стаматовић, сигурно не би пропустила да то забележи. С друге стране је чудно да је Ивко учествовао у многим активностима и подухватима на подручју Ресаве, а да није узео учешћа око истраживања и отварања Ресавске пећине.

Из наведеног се може тврдити да Ивко Драшкоци није имао никакве везе са Ресавском пећином. То свакако не умањује његове заслуге и дужност поштовања и дивљења. Његове заслуге су значајне за много шири контекст истраживања спелеолошких објеката и других карстних феномена ширег подручја Горње Ресаве и за историју спелеолошких истраживања у Србији уопште. Међутим, истине ради, требало је извести и овај закључак. Његово име је преко, пре свега напред наведеног рада, а затим преко Ратка Милорадовића и чланства у Планинарском Друштву „Бељаница“ из Свилајнца, повезано и са Ресавском пећином. Неосновано.



Слика 3. Иво Драшкоџи (фото архива: З. Ђурђевић – Заги)

Захвалност: За помоћ при изради овог рада аутор захваљује Зорану Ђурђевићу Загију из Београда, Гордани Милошевић из Деспотовца и Жељку Милошвићу из Стрмостена.

Литература

- Draškoci J., (1955): Pećine, bezdane i potkapine izvorišta Resave, I Kongres speleologa Jugoslavije, Ljubljana, 68-72
- Kličković M., (2010): Turističke pećine Srbije, Turističko poslovanje br.6, Visoka turistička škola, Beograd, 237-258
- Кличковић М., (2016): Заблуде о Ресавској пећини, Заштита природе 66-1, Завод за заштиту природе Србије, Београд, 49-58
- Stamatović D., (2008): Saga o Draškocijevima, Resavska biblioteka iz Svilajncа, Svilajnac



**Importance, State of the Art, and Prospective of
Utilisation and Protection of Resources in Karst
Belgrade, 2022**



Serbian Academy of Sciences and Arts, Board on Karst and Speleology



Centre for Karst Hydrogeology of the Faculty of Mining and Geology



**Geographical Institute „Jovan Cvijić“ of the Serbian Academy of Sciences
and Arts**



University of Belgrade - Faculty of Geography



Karst Commission of the Serbian Geological Society

