

SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ROČNÍK 59
ČÍSLO 2



Slovenské múzeum
ochrany prírody a jaskyniarstva



ŠTÁTNA
OCHRANA PRÍRODY
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

2021

Liptovský Mikuláš

SLOVENSKÝ KRAS **ACTA CARSOLOGICA SLOVACA**

Vedecký karsologický a speleologický časopis

Časopis vychádza dvakrát ročne

Evidenčné číslo: EV 3878/09

ISSN 0560-3137

Editor / Editor

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

Výkonný redaktor / Executive Editor

Ing. Peter Holúbek

Redakčná rada / Editorial Board

Predseda / Chairman

doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

Členovia / Members

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD., prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Václav Cílek, CSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., prof. dr. hab. Michał Gradziński, Ing. Jozef Hlaváč, Ing. Peter Holúbek, doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., RNDr. Vladimír Košel, CSc., prof. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., acad. prof. Dr. Andrej Kranjc, RNDr. Alexander Lačný, PhD., RNDr. Peter Malík, CSc., prof. Mgr. Martin Sabol, PhD., PhDr. Marián Soják, PhD., prof. Ing. Michal Zacharov, CSc.

Recenzenti / Reviewers

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD, prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc, doc. RNDr. Renáta Fľaková, PhD., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Mgr. Blanka Lehotská, PhD., PhDr. Marián Soják, PhD.

OBSAH – CONTENTS

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

<i>Daniela Haviarová, Michal Gradziński, Jacek Motyka:</i> Chemické zloženie vôd v Demänovskej jaskyni slobody (Demänovská dolina, Nízke Tatry) <i>Chemical composition of water in the Demänová Cave of Liberty (Demänovská dolina Valley, Nízke Tatry Mts.)</i>	157
<i>Pavel Herich:</i> Dračia jaskyňa v Sokole <i>Dragon Cave in the Sokol Cliff</i>	187
<i>Zuzana Višňovská:</i> Zhrnutie poznatkov o zimovaní netopierov v jaskyni Okno (Demänovská dolina, Nízke Tatry) <i>Knowledge summary on hibernation of bats in the Okno Cave (Demänovská dolina Valley, Nízke Tatry Mts.)</i>	203
<i>Zuzana Šimková, Peter Laučík:</i> Výskum archeologických lokalít v severnom predhorí Nízkych Tatier s využitím lidarových dát, refúgium na Demänovskej hore a hradisko Rohačka <i>Research of archaeological sites in the northern foothills of the Low Tatras using the LIDAR data – a refuge place on the Demänovská hora Mountain and the hillfort Rohačka</i>	229
<i>Slavomír Búci, Ronald Pastorok, Peter Holúbek, Miroslav Kudla, Alexander Lačný, Ján Lakota, Lubomír Kováč, Ján Obuch:</i> Diery nad Pastorkom, pozoruhodné rozsadlinové jaskyne v Kremnických vrchoch <i>Diery nad Pastorkom, remarkable crevice-type cave in the Kremnické vrchy Mountain</i>	251

SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE

<i>Pavel Bella, Peter Holúbek:</i> Prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., sedemdesiatnikom <i>Prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., seventy years old</i>	265
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

RECENZIE – REVIEWS

<i>Peter Laučík:</i> Vítázoslav Struhár a kol.: Mystérium Liskovskej jaskyne <i>Vítázoslav Struhár et al.: Mystery of Liskovská Cave</i>	269
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

**CHEMICKÉ ZLOŽENIE VÔD V DEMÄNOVSKEJ JASKYNI
SLOBODY (DEMÄNOVSKÁ DOLINA, NÍZKE TATRY)**DAGMAR HAVIAROVÁ¹ – MICHAŁ GRADZIŃSKI² – JACEK MOTYKA³

¹ Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko; dagmar.haviarova@ssj.sk

² Institute of Geological Sciences, Jagiellonian University, Oleandry 2a, 30-063 Kraków, Poland; michal.gradzinski@uj.edu.pl

³ Faculty of Mining and Geoengineering AGH University of Science and Technology, Al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków, Poland; motyka@uci.agh.edu.pl

D. Haviarová, M. Gradziński, J. Motyka: Chemical composition of water in the Demänová Cave of Liberty (Demänovská dolina Valley, Nízke Tatry Mts.)

Abstract: The Demänová Cave of Liberty (Demänovská jaskyňa slobody) is a part of the longest cave system in Slovakia. The cave is situated in the Demänovská dolina Valley on the northern slope of the Nízke Tatry Mts. This article presents the results of research carried out in the cave in the time period of 2005 – 2007 but complex results haven't yet been published. The general goal is to characterize the chemical composition of water in this cave. During research 150 water samples from 15 varied sampling places in the cave were collected (dripping water, lake water, and underground Demänovka Stream). The autochthonous cave waters (dripping water and lake water) represent waters with carbonate mineralization, the total dissolved solids of these waters ranged from 190 to 389 mg·L⁻¹, pH was in the range from 7.3 to 8.8, the average temperature was 6.3 °C. According to the classification of predominant ions (>25 meq·L⁻¹ %) these waters are Mg-Ca-HCO₃ and Ca-Mg-HCO₃ type. The rMg/rCa ratio is high, its average value is 1.04. The chemical composition of cave water is relatively stable, only mild spatial and time variability has been proven. Waters are supersaturated with calcite and dolomite or are in equilibrium with calcite and dolomite. The underground Demänovka Stream represents water with a mix of low mineralized allochthonous waters with higher mineralized autochthonous waters. The mineralization of the underground Demänovka Stream from the Pekelný dóm Chamber was from 122 to 220 mg·L⁻¹, pH reached the range of 6.8 – 8.6, the average temperature of samples was 5.6 °C. Waters of the underground stream are according to the classification of predominant ions (>25 meq·L⁻¹ %) Ca-Mg-HCO₃-SO₄ type. Waters are undersaturated with calcite and dolomite or are in equilibrium with calcite.

Key words: cave, chemical composition, dripping water, lake, Demänovka Stream

ÚVOD

Národná prírodná pamiatka Demänovská jaskyňa slobody (pôvodný názov Chrám slobody) patrí medzi najznámejšie a najnavštevovanejšie jaskyne Slovenska. Je súčasťou najdlhšieho jaskynného systému na Slovensku, jej aktuálne zameraná dĺžka je podľa Národnej databázy jaskýň D-SPELEO 11 117 m s výškovým rozdielom 130 m. Časť jaskyne s dĺžkou 1 800 m je sprístupnená pre verejnosť. Jaskyňa je súčasťou podzemnej mokrade medzinárodného významu – Ramsarskej lokality Jaskyne Demänovskej doliny, čím sa potvrdzujú jej veľké hydrologické hodnoty. Jaskyňa je všeobecne známa predovšetkým bohatou a veľmi pestrou sintrovou výzdobou, podzemným tokom Demänovky, ale aj množstvom jazierok

rôznych veľkostí a tvarov. Záujem o výskum a prieskum Demänovskej jaskyne slobody bol veľký už od jej objavenia v roku 1921. V roku 1933 bola zriadená Stála vedecká komisia Demänovských jaskýň, ktorá sa v Demänovskej jaskyni slobody venovala aj problematike rastu kvapľov. V rámci tohto výskumu boli vykonávané pravdepodobne prvé jednoduché analýzy vôd z jaskyne (Vitásek, 1937, 1938). Problémom rýchlosti rastu kvapľov v Demänovskej jaskyni slobody sa neskôr venoval aj Droppa (1969), ktorý v rámci výsledkov svojej práce publikoval aj informácie o obsahoch CaCO_3 a MgCO_3 v priesakových vodách. Droppa sa venoval aj problematike korózie krasových vôd v Demänovskej doline, v rámci ktorej stručne popisoval chemické vlastnosti vôd v zóne vertikálnej cirkulácie a vody podzemnej Demänovky (Droppa, 1976, 1996, 2013). Neskoršie výskumy a prieskumy lokality boli zamerané skôr na štúdium hydrologických pomerov, respektíve hydrochemických pomerov karbonátového komplexu mezozoika Demänovskej doline ako celku. Spomenúť z nich treba hlavne hydrogeologický prieskum čiastkovej štruktúry karbonátov križňanskej jednotky v povodí Demänovky realizovaný v 80-tych rokoch (Droppa a Klaučo, 1985). V. Droppa a S. Klaučo (1985, 1986) v rámci pomerne podrobného hodnotenia podmienok obehu, vzájomných vzťahov a formovania chemického zloženia vôd v rámci tejto štruktúry sledovali čiastočne aj priesakové vody v Demänovskej jaskyni slobody. Výsledkom týchto sledovaní bolo konštatovanie, že maximum mineralizačných procesov autochtónnych vôd v jaskyni prebieha v pôdnom kryte. Zároveň bola na príklade Demänovskej jaskyne slobody potvrdená kladná závislosť obsahu rozpustených látok vo vode vertikálnej cirkulácie priesakových vôd od dĺžky ich prestupu cez pukliny a krasový systém. Z výskumu sú z Demänovskej jaskyne slobody dostupné merania mernej elektrickej vodivosti niektorých priesakových vôd a chemická analýza priesakových vôd zo Štrkového dómu.

Kompletnejšie chemické analýzy vôd z Demänovskej jaskyne slobody pochádzajú až z roku 1999 z jednorazových odberov priesakových vôd z piatich rôznych miest v jaskyni, ktorých výsledky boli hodnotené a porovnávané s vodami z ďalších jaskýň Demänovskej doliny a Slovenského krasu (Motyka et al., 2005). Na tieto výsledky nadviazali odbery z rokov 2005 – 2007 v rámci spolupráce Správy slovenských jaskýň s Geologickým inštitútom Jagelonskej univerzity a Banícko-hutníckou akadémiou v Krakove. V rámci nich sa sledovalo chemické zloženie vôd v šiestich jaskyniach Demänovskej doliny, vrátane Demänovskej jaskyne slobody. Predbežné výsledky prvej etapy odberov za rok 2005 zo všetkých odberných miest boli publikované v roku 2006 (Haviarová et al., 2006). Ďalšie výsledky odberov boli neskôr čiastočne spracované v rámci doktorandskej práce Haviarovej (2012), ktorá hodnotila a porovnávala hydrogeochemické charakteristiky jaskynných systémov na príklade Demänovského jaskynného systému a jaskýň Silickej planiny. Ďalšie pozorovania chemického zloženia vôd realizované v jaskyni súviseli so zavedením integrovaného monitorovacieho systému v jaskyni v roku 2007 (rozšíreného v roku 2015) s kontinuálnym monitoringom vybraných fyzikálno-chemických parametrov vôd podzemnej Demänovky prebiehajúcim až do súčasnosti.

Cieľom tohto príspevku je prezentovať v súčasnosti spracované a doteraz komplexne nepublikované výsledky vyššie popisovaných odberov vôd realizovaných v rokoch 2005 až 2007 so zameraním na Demänovskú jaskyň slobody a tým priniesť podrobný opis základného chemického zloženia jej vôd.

PRÍRODNÉ POMERY

NPP Demänovská jaskyňa slobody sa nachádza v Demänovskej doline, v katastri obce Demänovská Dolina, južne od mesta Liptovský Mikuláš. Podľa geomorfologického členenia SR (Mazúr a Lukniš, 1978) je územie Demänovskej doliny súčasťou provincie Západných

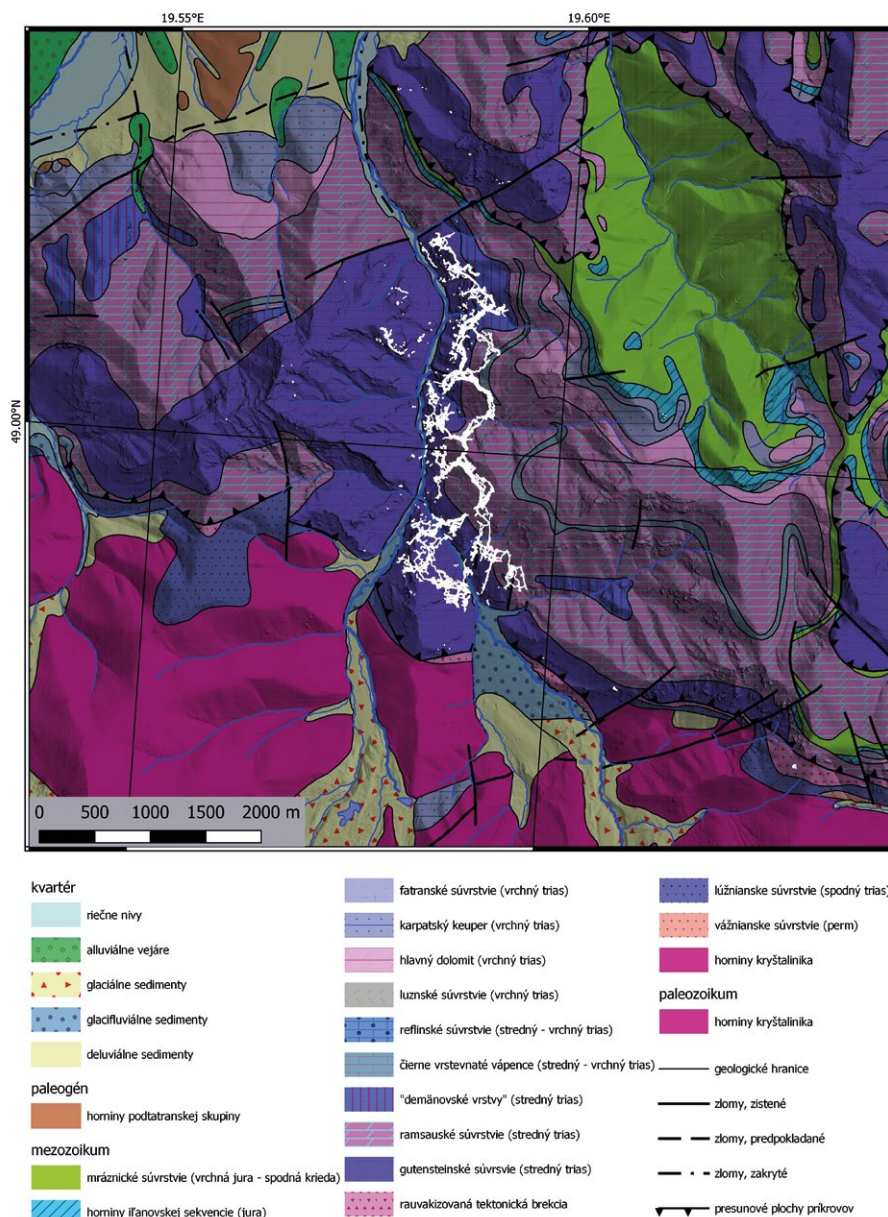
Karpát, subprovincie Vnútorých Západných Karpát, Fatransko-tatranskej oblasti, celku Nízke Tatry, podcelku Ďumbierske Tatry, časti Demänovské vrchy a Ďumbier. Podľa Atlasu krajiny SR (Lapin et al., 2002) patrí územie do chladnej klimatickej oblasti a v závislosti od nadmorskej výšky do troch okrskov; mierne chladného okrsku C1, chladného okrsku C2 a studeného horského okrsku C3. Úhrny zrážok a ich rozloženie počas roka zo zrážkomerných staníc Slovenského hydrometeorologického ústavu Chopok (číslo stanice 21080) a Jasná (číslo stanice 21120) ležiacich v záujmovom území hodnotí za obdobie rokov 1981 až 2007 tabuľka 1.

Tabuľka 1. Mesačné úhrny zrážok v mm na stanicach Chopok a Jasná (podľa Haviarovej, 2012).
Table 1. Average monthly precipitation (mm) from Chopok and Jasná rain gauge stations (according to Haviarová, 2012).

	XI.	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	Σ
1981 – 2007													
Jasná	115	87	65	69	87	110	155	149	141	123	118	107	1325
Chopok	66	82	66	66	74	74	104	126	130	110	84	65	1044
2005													
Jasná	98	90	49	123	138	74	188	205	83	13	125	198	1383
Chopok	123	103	38	75	92	75	175	167	82	17	29	181	1155
2006													
Jasná	56	50	108	88	160	126	35	207	21	57	95	37	1040
Chopok	89	56	78	54	121	121	42	155	31	42	103	26	917
2007													
Jasná	180	112	160	18	117	170	88	135	209	66	67	39	1360
Chopok	105	121	132	32	103	152	74	115	116	39	69	40	1100

Hlavným povrchovým tokom Demänovskej doliny je Demänovka, ktorá pramení v skalnom kotle pod Krúpovou hoľou. Pod hlavným hrebeňom Nízkych Tatier pramenia aj jej ďalšie väčšie prítoky – Priečny potok a Zadná voda. Menšie prítoky v severnejšej časti povodia sú autochtónneho pôvodu. Povrchová Demänovka sa po svojom vstupe na krasové územie rovnako ako ostatné jej prítoky v závislosti od veľkosti prietoku úplne alebo čiastočne stráca v podzemí. Režim Demänovky ako aj podrobnejšie hydrologické a hydrogeologické pomery Demänovskej doliny boli zosumarizované v monografii Bela et al. (2014).

Geologické pomery Demänovskej doliny sú zrejmé z geologickej mapy Nízkych Tatier v mierke 1 : 50 000 (Biely et al., 1992) (obr. 1), podľa ktorej sa jaskynný systém v Demänovskej doline nachádza v stredotriasových gutensteinských vrstvách a ramsauských dolomitoch krížňanského príkrovu veporika. Južnejšiu nekrasovú časť územia tvoria horniny tatrika budované kryštalickým jadrom s granitoidnými horninami a mezozoickým obalom zastúpenom spodnotriasovým lúžňanským súvrstvom kremitých pieskovec, zlepcov a kvarcitov, sčasti prekrytých glaciáluviálnymi a svahovými sedimentmi. Nad lúžňanským súvrstvom sú polohy rauvakov – kaverózných dolomitických vápencov (Biely et al., 1997). Prehľad geologických výskumov jaskynného systému podrobne opisuje Gaál (2016), vrátane detailného výskytu a litológie karbonatických hornín v Demänovskej jaskyne slobody. Podľa Gaála (2016) je gutensteinské súvrstvie tvorené doskovitými gutensteinskými vápencami, doskovitými dolomitmi, hrubolavicovitými annaberskými vápencami a organodetrickými vápencami. Ramsauské dolomity sú rozšírené vo východne ležiacich chodbách jaskyne.



Obr. 1. Geologická mapa Demänovskej doliny podľa podkladov Biely et al., 1992; Gaál a Michalík, 2017, naložená na LIDARový DMR (zdroj „ÚGKK SR“). Demänovské jaskyne (podľa Herich, 2017) sú zobrazené bielou farbou. Spracoval a upravil J. Littva.

Fig. 1. Geological map of the Demänovská dolina Valley based on Biely et al., 1992; Gaál and Michalík, 2017, loaded on LIDAR DMR (source „The Geodesy, Cartography and Cadastre Authority of the Slovak Republic“). Demänová caves (according to Herich, 2017) are shown in white. Compiled and modified by J. Littva.

Podľa hydrogeologickej rajonizácie Slovenska (Šuba et al., 1984) je územie Demänovskej doliny súčasťou hydrogeologického rájonu MG 017 Mezozoikum a kryštalinikum SZ svahov Nízkych Tatier. Podľa zaradenia územia medzi útvary podzemných vôd je Demänovská dolina súčasťou útvaru podzemných vôd v predkvartérnych horninách SK200300FK – Útvary puklinových a krasovo-puklinových podzemných vôd severozápadnej časti Nízkych Tatier oblasti povodia Váhu (Kuníková et al., 2005). Mezozoický komplex karbonátov krížňanského príkrovu, v ktorom sa nachádza aj Demänovská jaskyňa slobody, charakterizuje puklinová a krasovo-puklinová priepustnosť a pomerne zložitý obeh podzemných vôd. Hydrogeologické pomery Demänovskej doliny boli predmetom viacerých čiastkových prieskumov (napr. Kullman a Hanzel, 1976; Tereková, 1983; Droppa a Klaučo, 1985; Sluka et al., 1988; Hanzel et al., 1990; Méryová, 1990; Sluka, 2000; Haviarová a Pristaš, 2010; Auxt et al., 2012; Malík et al., 2013; Bella et al., 2014). Demänovská jaskyňa slobody je výnimočná prítomnosťou podzemnej Demänovky, ktorá tečie jej najspodnejšou úrovňou. Jej priemerné ročné prietoky sa na základe výsledkov monitoringu z merného profilu v jaskyni pohybujú za obdobie kalendárnych rokov 2012 až 2019 od 313 do 415 l·s⁻¹.

METODIKA PRÁCE

V rámci odberov vôd realizovaných v Demänovskom jaskynnom systéme v období rokov 2005 až 2007 bolo z celkového počtu 39 odberných miest 16 situovaných do priestorov Demänovskej jaskyne slobody. Odberné miesta zahŕňali odbery z jazierok a priesakov z rozdielnych častí jaskyne. Pri výbere odberných miest priesakových vôd bola jednou z hlavných podmienok celoročná aktivita priesaku a rôzna hrúbka nadložia. Aj preto sme jedno z pôvodných odberných miest priesakov pre jeho značne obmedzenú aktivitu nakoniec nezaradili do celkového hodnotenia. Odberné miesta vôd jazierok a priesakov dopĺňali odbery z podzemnej Demänovky v jaskyni a z povrchovej Demänovky nad jaskyňou. Zoznam odberných miest je uvedený v tabuľke 2, ich rozmiestnenie v jaskyni zobrazuje obr. 2. Obrazová dokumentácia vybraných odberných miest je na obr. 3.

Odbery sa počas roka realizovali priebežne tak, aby pokrývali obdobia rôznych hydrologických a klimatických pomerov na povrchu a tým zabezpečili reprezentatívnosť získaných výsledkov. V roku 2005 sa vykonali 4 sady odberov (apríl, jún, september, december), v roku 2006 rovnako 4 sady odberov (január, apríl, august, november), v roku 2007 pokračovali odbery v marci a októbri. Z každého odberného miesta bolo počas realizácie výskumu odobraných 10 vzoriek vôd.

Vzorky sa odoberali do jednorazových polyetylénových nádobiek s objemom 80 ml. Z každého odberného miesta sa odobrili 3 vzorky, jedna vzorka sa vždy stabilizovala kyselinou dusičnou. Všetky laboratórne analýzy s výnimkou stanovenia koncentrácií dusičnanov sa vykonali v laboratóriu Hydrogeológie a ochrany vôd Ústavu geológie, geofyziky a ochrany prostredia Akadémie baníctva a hutníctva v Krakove, kde boli po odbere dopravené v prenosných chladiacich boxoch. Stanovenie Ca, Mg, Na, K, Fe, Sr, Ba, SiO₂ a celkovej síry, ktorej obsah sa prepočítal na množstvo síranov, sa vykonalo metódou ICP-AES na spektrofotometri PLASMA 40 firmy Perkin Elmer. Obsah zvyšných prvkov vo vode (Al, Mn, Zn, Cu, Li, Pb, Ni, Co, As, Be, V, Hg, Tl, Se, Mo, Sb, Ag, Cd, Br, I, P, Y, Bi, Ga, Te, Sn, W, Zr, Rb, U, Cr) sa analyzovali metódou ICP-MS. Obsah chloridových iónov sa stanovil Mohrovou metódou, použitím 0,01 molárneho roztoku dusičnanu strieborného. Dusičnany sa stanovili fotometricky vždy na druhý deň po odbere v chemickom laboratóriu Severoslovenskej vodárenskej spoločnosti v Liptovskom Mikuláši. Priamo pri odbere sa merala elektrolytická vodivosť vody (EC), jej teplota a pH. Teplota a elektrolytická vodivosť vody boli merané prenosným prístrojom firmy WTW Multi 3430 SET C s elektro-

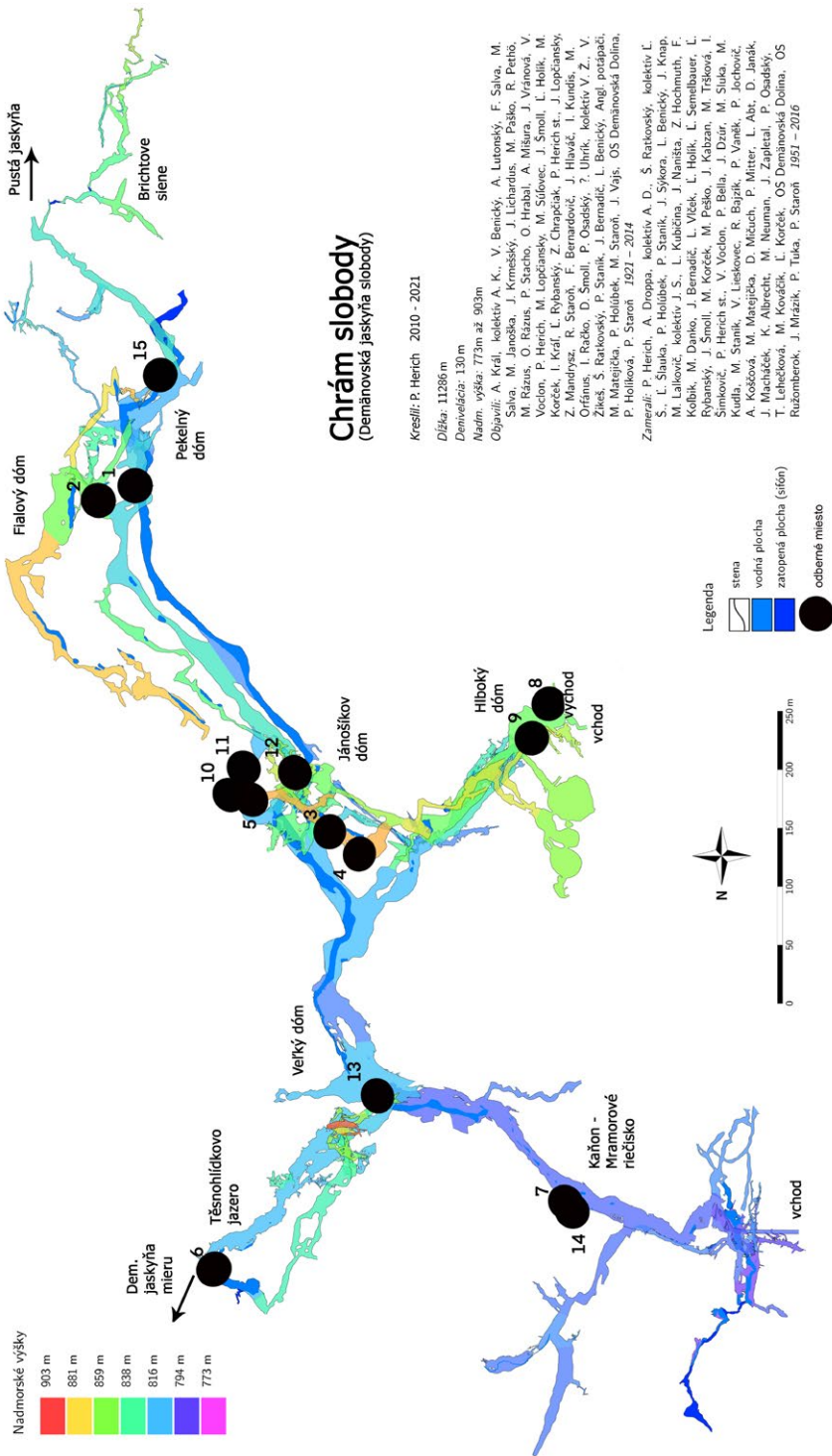
Tabuľka 2. Zoznam odberných miest.

Table 2. List of sampling sites.

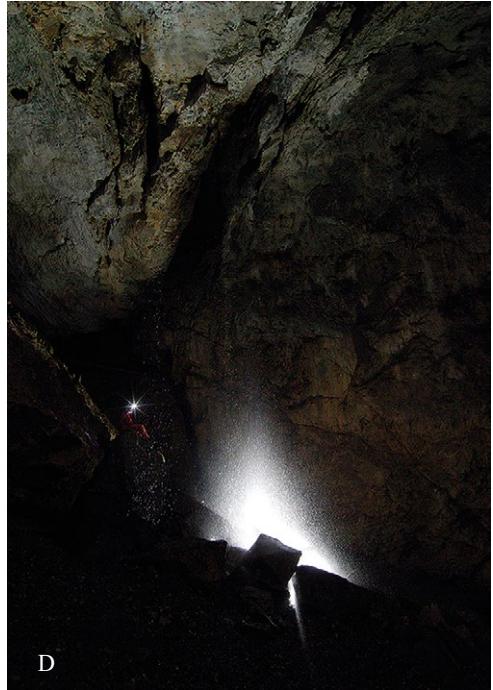
JAZIERKA
1. Leknové jazierko v Ružovej sieni – plytké jazierko vedľa prehliadkového chodníka s hĺbkou do 30 cm, hrúbka nadložia cca 275 m
2. jazierko pred Klenotnicou smerom do Čarovných chodieb, plytké, hrúbka nadložia cca 273 m
3. Trikolórové jazierko v Pralese – jazierko vyplňujúce puklinu s hĺbkou do 3 m, stenu jazierka pokrývajú sintrové vodopády v červenej a bielej farbe, hrúbka nadložia cca 149 m
4. Zelené jazierko v Pralese – vyplňajúce puklinu, priemerná hĺbka 1,5 m, hrúbka nadložia cca 150 m
5. Biele jazierko v Janáčkovom dome – plytké jazierko s hĺbkou do 20 cm vyplňujúce dno časti domu (starší názov Chrličov dóm), hrúbka nadložia cca 257 m
6. Veľké (Tesnohlídkovo) jazero – najväčšie známe jazero Demänovskej jaskyne slobody na konci Suchej chodby pred prerážkou do Demänovskej jaskyne mieru, založené na pukline; podľa Droppu (1957) je dlhé 52 m, široké 5 až 12 m, hĺbka do 7,5 m, hrúbka nadložia cca 69 m
7. jazierko Mramorového riečiska – menšie okrúhle jazierko priemeru cca 1 m v hlinených sedimentoch svahu napravo od povodňového koryta Demänovky, hĺbka jazierka do 50 cm, pri vyšších stavoch voda z jazierka vyteká dolu svahom, hrúbka nadložia cca 140 m
PRIESAKY
8. priesak v Hlbokom dome (vo vstupných častiach jaskyne) – stály priesak pod vyhladkovou plošinou napravo od schodiska, voda sa stráca vo vápencových úlomkoch podložia, hrúbka nadložia cca 43 m
9. priesak v Hlbokom dome (vo vstupných častiach jaskyne) – najintenzívnejší priesak jaskyne naľavo od schodiska pod vyhladkovou plošinou označovaný ako „Večný dážď“, hrúbka nadložia cca 63 m
10. priesak v strede Janáčkovho domu (starší názov Chrličov dóm) naviazaný na tzv. Kamenný luster, hrúbka nadložia cca 257 m
11. priesak za Janáčkovým domom z pukliny v strope na kopcovitý stalagmit s priemerom 2 m a výškou 1,5 m pomenovaný ako Kopa liptovskej bryndze (Bryndzova kopa), hrúbka nadložia cca 238 m
12. priesak na útvar Žltá katedrála smerom do Hviezdoslavovho domu, hrúbka nadložia cca 207 m
13. priesak v SZ časti Veľkého domu v mieste kde začína Suchá chodba, hrúbka nadložia cca 150 m
14. priesak v Mramorovom riečisku napravo od povodňového koryta Demänovky pritekajúci zo šikmej pukliny, hrúbka nadložia cca 138
INÉ
15. podzemná Demänovka v Pekelnom dome
16. povrchová Demänovka nad prítokom Zadnej vody

dou TetraCon®925, pH sa meralo rovnakým prístrojom s elektródou SenTix®940. Titračne sa stanovovala celková alkalita $KNK_{4,5}$, ktorá sa následne prepočítavala na koncentráciu HCO_3^- iónov vo vzorkách. Pri odbere priesakových vôd sa podľa možnosti merala, alebo odhadovala intenzita priesaku.

Všetky chemické analýzy vôd boli spracované v základnom rozsahu (výpočet látkových a ekvivalentových koncentrácií, aktivít, charakterizačných koeficientov rMg/rCa , rNa/rK , rSO_4/M , $r(Na+K)/r(Ca+Mg)$ a pod.). Na dátových súboroch z výsledkov chemických analýz pre jednotlivé odberné miesta bolo vykonané základné štatistické spracovanie v programe MS Excel. Program STATGRAPHICS Centurion XV bol využitý na korelačnú analýzu všetkých chemických analýz priesakových vôd a vôd jaskynných jazierok. Keďže charakter distribúcie viacerých ukazovateľov nespĺňal podmienky normálneho rozdelenia, použitá bola Spearmanova korelácia s hladinou významnosti α (P-value) 0,05. Všetky korelačné koeficienty s hodnotami hladiny významnosti $\alpha < 0,05$ boli považované za štatisticky signifikantné.



Obr. 2. Pôdorysná mapa Demänovskej jaskyne slobody s vyznačením polohy odberných miest vod. Fig. 2. Ground plan of the Demänovská Cave of Liberty with the marked sampling sites of waters.





Obr. 3. Fotodokumentácia vybraných odberných miest: A – odberné miesto 1, B – odberné miesto 2, C – odberné miesto 7, D – odberné miesto 9, E – odberné miesto 10, F – odberné miesto 15. Foto: P. Staník

Fig. 3. Photo of selected sampling sites: A – sampling site 1, B – sampling site 2, C – sampling site 7, D – sampling site 9, E – sampling site 10, F – sampling site 15. Photo: P. Staník

Na základe chemických analýz bola urobená klasifikácia chemického zloženia vôd; klasifikácia založená na princípe prevládajúcich iónov s kritériom ekvivalentného podielu zložiek nad 25 c·z % (c je koncentrácia v mol·l⁻¹ a z je nábojové číslo) a Gazdova genetická klasifikácia chemického zloženia vôd (Gazda, 1971, 1974). Program PHREEQC-2 (Parkhurst a Appelo, 1999) bol v rámci špeciálneho modelovania použitý na výpočet nasýtenia vôd voči hlavným minerálom s dôrazom na karbonátogénne rovnováhy. Pri hodnotení stavu nasýtenia systému voči vybraným minerálom sa uplatňoval princíp podľa Deutsch et al. (1982), za rovnovážny stav systému sa považovali hodnoty saturačného indexu $SI = 0 \pm 5\% \log K$ (Deutsch et al., 1982), za stav nenasýtenia hodnoty $SI < -5\% \log K$ a stav presýtenia hodnoty $SI > 5\% \log K$, kde K je termodynamická rovnovážna konštanta systému pre posudzovaný minerál a saturačný index $SI =$ indexu nerovnovážnosti I .

CHEMICKÉ ZLOŽENIE ZRÁŽKOVÝCH VÔD

Vody objavujúce sa v jaskyni majú svoj pôvod v zrážkach, ktorých chemické zloženie sa prestupom cez pôdny pokryv a horninové prostredie nadložia postupne metamorfuje až do podoby, ako ho identifikujeme v odoberaných jaskynných vzorkách. Chemické zloženie snehovej pokrývky na stanici Chopok – Jasná spadajúcej do vodozbernej oblasti jaskyne dlhodobo sledujú pracovníci ŠGÚDŠ v Bratislave (Bodiš et al., 2000, 2012). Podľa týchto údajov je mineralizácia zrážkových vôd nízka, hodnota celkovej mineralizácie sa pohybuje od

2,05 do 115,00 mg·l⁻¹. Zrážkové vody sú väčšinou kyslé, s hodnotami pH v rozpätí 4,0 až 7,2. Zastúpenie hlavných kationov v chemickom zložení snehovej pokrývky je podľa ich priemerných koncentrácií Ca > NH₄⁺ > Mg > Na > K, pri hlavných aniónoch je poradie SO₄²⁻ > HCO₃⁻ > NO₃⁻ > Cl (tab. 3). Na meteorologickej stanici Chopok v rámci jej zaradenia do Kooperatívneho programu pre monitorovanie a hodnotenie diaľkového prenosu znečistenia v Európe (EMEP) sa v denných zrážkach sledujú aj koncentrácie znečisťujúcich látok. Ročné vážené priemery nameraných údajov sledovaných parametrov v zrážkach z tejto stanice za roky 2005 až 2007 podľa Pukančíkovej et al. (2008) sú uvedené v tabuľke 4. V práci Terekovej (1983) sú zrážkové vody územia definované ako vody s pestrým chemickým zložením od základného nevýrazného A₂ typu so zložkou S₂ (SO₄), cez prechodné a zmiešané typy vôd.

Tabuľka 3. Chemické zloženie snehov na lokalite Chopok – Jasná za obdobie 1976 – 2012 (upravené podľa Bodiš et al., 2012).

Table 3. Chemical composition of snow at the Chopok – Jasná site for the period 1976 – 2012 (modified according to Bodiš et al., 2012).

	M (mg·l ⁻¹)	pH	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	NH ₄ ⁺	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	NO ₃ ⁻	Cl ⁻
			mg·l ⁻¹								
Min.	2,05	4,0	0,003	0,003	0,01	0,01	0,014	0,25	0	0,15	0,10
Max.	21,67	7,2	0,74	0,58	3,70	1,19	1,17	7,51	5,55	3,15	4,13
Priemer	8,85	5,07	0,19	0,11	0,92	0,24	0,30	2,31	1,59	1,24	1,19

Vysvetlivky: M – celková mineralizácia

Explanations: M – Total Dissolved Solids

Tabuľka 4. Chemické zloženie zrážok (vážené ročné priemery), stanica Chopok (upravené podľa Pukančíková et al., 2008).

Table 4. Chemical composition of precipitation waters (weighted yearly averages), Chopok station (modified according to Pukančíková et al., 2008).

	pH	EC (μS·cm ⁻¹)	S-SO ₄ ²⁻ (mg·l ⁻¹)	N-NO ₃ ⁻ (mg·l ⁻¹)	N-NH ₄ ⁺ (mg·l ⁻¹)	Cl ⁻ (mg·l ⁻¹)	Na ⁺ (mg·l ⁻¹)	K ⁺ (mg·l ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg·l ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg·l ⁻¹)
2005	4,85	10,9	0,41	0,25	0,37	0,15	0,14	0,08	0,019	0,15
2006	4,75	12,9	0,48	0,31	0,48	0,14	0,08	0,06	0,02	0,09
2007	4,93	13,3	0,54	0,30	0,43	0,19	0,23	0,07	0,04	0,15

Vysvetlivky: EC – elektrolytická vodivosť

Explanations: EC – electric conductivity

VÝSLEDKY

Chemické zloženie vody v jazierkach

Chemické zloženie vôd jazierok z Demänovskej jaskyne slobody popisujeme na základe 70 chemických analýz pochádzajúcich zo 7 rôznych odberných miest (tab. 5). pH sledovaných vôd sa pohybovali od 7,4 do 8,6, s priemernou hodnotou 8,2 pri všetkých odberných miestach. Výnimkou bolo len jazierko v Mramorovom riečisku s priemernou hodnotou pH 8,3. Najvyššie hodnoty pH boli namerané na všetkých vzorkách v novembri 2006. Teplota vody v jazierkach vo veľkej miere korešpondovala s teplotou vzduchu priestoru, v ktorom sa jazierka nachádzali. Nameraná bola v rozpätí od 4,0 °C do 6,9 °C. Najvyššie priemerné teploty vody mali vyššie položené jazierka v jaskyni (Trikolorové jazierko – 6,6 °C, Zelené jazierko – 6,5 °C). Priemerná teplota nižšie položených jazierok bola nižšia. Napr. Leknové jazierko v Ružovej sieni aj Biele jazierko v Janáčkovom dome malo priemernú teplotu 6,3 °C. Ešte nižšia bola priemerná teplota vody vo Veľkom jazere (5,9 °C). Variačné rozpätie teploty

vôd v jazierkach počas roka nebolo veľké. Najväčšie teplotné rozdiely a zároveň najnižšiu teplotu malo jazierko v Mramorovej sieni (priemerná teplota 5,1 °C). Na tomto mieste bola zároveň nameraná najnižšia teplota vody v rámci všetkých odberných miest počas celého sledovaného obdobia (január 2006 –4,0 °C).

Tabuľka 5. Chemické zloženie vôd sledovaných jazierok v Demänovskej jaskyni slobody za obdobie 2005 – 2007, priemerné hodnoty.

Table 5. Chemical composition of waters of monitored lakes in the Demänová Cave of Liberty for the period 2005 – 2007, average values.

Odborné miesta	n	t _{vody} (°C)	pH	EC (mS·m ⁻¹)	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
					(mg·l ⁻¹)							
1. Leknové jazierko v Ružovej sieni	10	6,3	8,2	36,7	39,42	30,05	2,01	1,69	2,94	10,48	8,46	204,3
2. Jazierko pred Klenotnicou	10	6,5	8,2	38,6	48,61	30,63	0,44	0,96	2,55	6,92	10,95	220,9
3. Trikolorové jazierko v Pralese	10	6,6	8,2	31,2	31,32	28,74	0,28	0,90	2,47	3,60	6,33	175,5
4. Zelené jazierko v Pralese	10	6,5	8,2	37,0	46,57	28,97	0,40	0,68	2,04	5,57	14,32	196,6
5. Biele jazierko v Janáčkovom dome	10	6,3	8,2	37,1	47,43	27,13	0,51	0,68	3,22	6,22	14,70	211,0
6. Veľké (Tesnohlíd-kovo) jazero	10	5,9	8,2	31,9	40,08	23,34	0,32	0,53	1,38	5,88	10,86	175,0
7. jazierko v Mramorovom riečisku	10	5,1	8,3	38,2	50,42	26,79	0,55	0,58	2,74	6,60	23,94	192,4
Sumár jazierka												
Min.	70	4,0	7,4	29,1	27,37	20,46	0,14	0,12	0,97	2,60	5,57	150,8
Max.	70	6,9	8,6	40,9	69,41	33,29	4,67	3,23	5,66	64,71	26,74	241,2
Medián	70	6,4	8,3	36,9	44,14	28,11	0,42	0,46	2,56	5,77	11,46	197,4
Priemer	70	6,2	8,2	35,8	43,41	27,95	0,66	0,86	2,48	6,47	12,79	196,6

Vysvetlivky: n – počet analýz, EC – elektrolytická vodivosť

Explanations: n – number of analysis, EC – electric conductivity

Vody jaskynných jazierok sú stredne mineralizované, ich celková mineralizácia sa pohybovala od 233 do 367 mg·l⁻¹ (tab. 6). Najvyššie mineralizácie sa vyskytovali pri vodách jazierok v južnej časti jaskyne (Ružová sieň, pred Klenotnicou), najnižšie boli identifikované pri všetkých odberoch vôd z Trikolórového jazierka. Nižšie mineralizované boli aj vody Veľkého jazera. Pri tomto jazere bolo variačné rozpätie mineralizácie len 67 mg·l⁻¹ napriek tomu, že jazero charakterizuje pomerne veľký rozkvv hladín (miestami viac ako 1 m).

V aniónovom zložení vôd jazierok dominujú HCO₃⁻ anióny, ktorých koncentrácie sa pohybovali od 151 do 241 mg·l⁻¹. Priemerné hodnoty HCO₃⁻ aniónov v jednotlivých jazierkach boli pomerne vyrovnané, väčší rozdiel bol len pri Trikolorovom jazierku a Veľkom jazere. V poradí druhým aniónom vo vodách jaskynných jazierok sú sírany s koncentraciami od 5,57 do 26,70 mg·l⁻¹. Ide o nízke koncentrácie, ktoré sa v čase na jednotlivých miestach príliš nemenia. Rozdiely, aj keď nie veľké, sú len medzi niektorými odbernými miestami. Najnižšie koncentrácie týchto iónov boli v Trikolorovom jazierku, najvyššie v jazierku Mramorového riečiska. Tu je aj vyššia hodnota charakterizačného koeficienta rSO₄/M (priemer 0,06). Tretím aniónom v poradí v sledovaných vodách boli dusičnany s priemernými hodnotami od 3,60 do 10,48 mg·l⁻¹. Pri dusičnanoch bola pri odbere v júny 2005 pri jazierku v Ružovej sieni jednorázovo zachytená vzorka s koncentráciou až 64,71 mg·l⁻¹. Koncentrácie chloridov boli vo všetkých vzorkách nízke, nepresahovali hodnotu 6,0 mg·l⁻¹. Na kationóm zložení vôd sa výrazne podieľal vápnik a horčík. Pri vápniku sa koncentrácie pohybovali od 27,37 do 69,41 mg·l⁻¹ s najnižšími koncentraciami pri vodách Trikolorového jazierka. Časový trend zmien bol viac-menej zachovaný pri všetkých odberných miestach, zjavné boli vyššie koncentrácie vápnika pri odbere v októbri 2007. Koncentrácie horčíka sa pohybovali v intervale od 20,46 do 33,29 mg·l⁻¹ s najnižšími hodnotami pri Veľkom jazere. Pri chemickom hodnotení vôd je dôležitý pomer rMg/rCa, ktorý vo všetkých vzorkách presahoval hodnotu 0,7. Hodnoty tohto charakterizačného koeficienta sa pohybovali od 0,75 do 1,7, s priemernou hodnotou všetkých vzoriek 1,1. Najvyššie priemerné hodnoty tohto charakterizačného koeficienta boli prepočítané pre vody Trikolorového jazierka a jazierka v Ružovej sieni (tab. 6). Koncentrácie sodíka a draslíka boli vo vodách nízke, ich priemerná hodnota sa pohybovala pod 1,0 mg·l⁻¹. Výnimkou boli len vody jazierka v Ružovej sieni s hodnotami nad 1,0 mg·l⁻¹.

Podľa Gazdovej klasifikácie boli vody jazierok základného výrazného Mg-Ca-HCO₃ (jazierko Ružovej siene, pred Klenotnicou, Trikolorové jazierko, Zelené jazierko) alebo základného výrazného Ca-Mg-HCO₃ typu (jazierko v Janáčkovom dóme, Veľké jazero, jazierko v Mramorovom riečisku) s najvyššími hodnotami druhej alkalinity (A₂) (tab. 6). Podľa klasifikácie chemického zloženia vôd s kritériom ekvivalentného podielu zložky väčšom ako 25 c·z % boli obdobne vody Mg-Ca-HCO₃ a Ca-Mg-HCO₃ typu.

Koncentrácie stopových prvkov boli vo vodách nízke. Zaujímavosťou je zistenie o niečo vyšších koncentráciách medi a niklu v jazierku Ružovej siene (max. koncentrácia Cu – 15,6 µg·l⁻¹, Ni – 3,8 µg·l⁻¹) a Bielom jazierku (max. koncentrácia Cu – 20,5 µg·l⁻¹, Ni – 4,2 µg·l⁻¹). Môže to súvisieť s mincami, ktoré sa v týchto jazierkach nachádzajú ako dôsledok aktivity návštevníkov jaskyne, keďže ide o jazierka v bezprostrednej blízkosti prehladkového chodníka. Pri vodách jazierka v Ružovej sieni boli v porovnaní s ostatnými odbernými miestami zistené aj vyššie koncentrácie zinku (max. koncentrácia 45 µg·l⁻¹) a olova (max. koncentrácia 22,8 µg·l⁻¹). V Trikolorovom jazierku, Ružovej sieni a jazierku pred Klenotnicou boli v porovnaní s ostatnými odbernými miestami vyššie koncentrácie uránu.

Parciálny tlak CO₂ vo vodách jaskynných jazierok bol prepočítaný na hodnoty od 3,6·10⁻⁵ do 7,72·10⁻⁴ MPa s priemernou hodnotou 1,17·10⁻⁴ MPa.

Tabuľka 6. Mineralizácia, Palmer-Gazdove charakteristiky a hlavné charakterizačné koeficienty vód sledovaných jazierok, priemerné hodnoty.
Table 6. Mineralization, Palmer-Gazda characteristics and main characteristic coefficients of monitored lakes waters, average values.

Odborné miesta	n	M (mg·l ⁻¹)	Charakterizačné koeficienty				Palmer-Gazdove charakteristiky										P _{CO2} (MPa)
			rMg/rCa	rNa/rK	rSO ₄ /M	r(Na+K)/ r(Ca+Mg)	S ₁ (NO ₃)	S ₁ (Cl)	S ₁ (SO ₄)	S ₂ (NO ₃)	S ₂ (Cl)	S ₂ (SO ₄)	A ₁	A ₂	A ₃		
1. Leknové jazierko v Ružovej sieni	10	313	1,26	1,99	0,02	0,03	1,74	0,95	0,06	2,34	1,29	4,65	0,00	88,95	0,02	1,05x10 ⁻⁴	
2. Jazierko pred Klenotnicou	10	325	1,05	1,15	0,03	0,01	0,79	0,00	0,00	1,99	1,77	5,60	0,00	89,82	0,02	1,77x10 ⁻⁴	
3. Trikolorové jazierko v Pralесе	10	255	1,54	0,86	0,02	0,01	0,75	0,06	0,00	1,09	2,06	4,17	0,00	91,86	0,02	1,03x10 ⁻⁴	
4. Zelené jazierko Pralесе	10	299	1,04	1,66	0,04	0,01	0,71	0,00	0,00	1,73	1,62	8,21	0,00	87,71	0,01	1,16x10 ⁻⁴	
5. Biele jazierko v Janáčkovom dome	10	314	0,94	2,06	0,04	0,01	0,78	0,00	0,00	1,78	2,44	7,77	0,00	87,25	0,02	1,25x10 ⁻⁴	
6. Veľké (Tesnohlidko- vo) jazero	10	269	0,96	2,01	0,03	0,01	0,68	0,00	0,00	2,27	1,18	6,87	0,00	88,98	0,02	1,23x10 ⁻⁴	
7. Jazierko v Mramorovom riečisku	10	306	0,88	2,82	0,06	0,01	0,76	0,00	0,00	2,03	2,04	12,99	0,00	82,13	0,05	7,32 x 10 ⁻⁵	

Vysvetlivky: n – počet analýz, M – celková mineralizácia, c – koncentrácia v mmol·l⁻¹, z – oxidačné číslo, r – ekvivalentová koncentrácia c·z, P_{CO2} – parciálny tlak CO₂
 Explanations: n – number of analysis, M – Total Dissolved Solids, c – Molarity, z – oxidation number, r – concentrations in meq·L⁻¹, P_{CO2} – partial pressure of CO₂

Chemické zloženie priesakových vôd

Chemické zloženie priesakových vôd bolo rovnako ako v prípade jazierok popisované na základe 70 chemických analýz, ktoré pochádzali zo 7 rôznych odberných miest. Priesakové vody boli podobne ako vody podzemných jazierok alkalické až silno alkalické, s hodnotami pH od 7,3 do 8,8. Priemerná hodnota pH jednotlivých odberných miest bola od 8,1 do 8,3. Teploty priesakových vôd kolísali v rozpätí od 4,0 do 8,5 °C. Jednotlivé odberné miesta sa z hľadiska stálosti a rozpätia teplôt kvapkajúcich vôd líšili. Pri miestach intenzívnejšie komunikujúcich s povrchom kolísala teplota vôd aj viac ako 2 °C, čo sa prejavilo na jej priemernej teplote. Priemerná teplota priesakových vôd v Hlbokom dóme bola napr. prepočítaná na 6,5 a 7,0 °C. Pokiaľ išlo o miesta, ktoré nie sú prepojené na výraznejší puklinový systém horninového prostredia, nachádzajú sa dostatočne hlboko v masíve a majú aj výraznejšiu hrúbku nadložia, ich teplota vôd je stabilnejšia aj pri rozdielnej intenzite priesaku. Teplota priesakových vôd v Janáčkovom dóme sa napríklad v rámci odberov pohybovala len v rozpätí 0,3 °C s priemernou hodnotou 6,5 °C, priesak na Kopu liptovskej bryndze mal teplotnú variabilitu na úrovni 0,4 °C s priemernou hodnotou teploty priesakovej vody 6,6 °C. Maximálna intenzita priesaku na týchto miestach neprekročila 1 l·min⁻¹, kým napr. maximálne priesaky v Hlbokom dóme prekračovali svojou intenzitou 10 – 15 l·s⁻¹. V porovnaní s priesakmi Hlbokého dómu má väčšia hrúbka nadložia napríklad pozitívny vplyv aj na menšiu teplotnú variabilitu priesakových vôd Veľkého dómu napriek ich pomerne veľkej intenzite.

Podobnú závislosť, aká bola pozorovaná a opísaná pri teplotách priesakových vôd od charakteru prostredia, je možné vidieť aj pri celkovej mineralizácii vôd. Všetky sledované priesakové vody v jaskyni boli stredne mineralizované, ich celková mineralizácia sa pohybovala od 190 do 389 mg·l⁻¹. Najnižšiu mineralizáciu mali vody Hlbokého dómu s hodnotami od 190 do 301 mg·l⁻¹, s priemernou hodnotou 255 mg·l⁻¹. Ostatné odberné miesta mali porovnateľné priemerné hodnoty mineralizácie s hodnotami 292 až 321 mg·l⁻¹. Najstabilnejšie chemické zloženie s najmenšími zmenami mineralizácie mali priesakové vody chrliča v Janáčkovom dóme. V chemickom zložení vôd všetkých priesakov dominovali HCO₃⁻ anióny a Ca²⁺ a Mg²⁺ katióny (tab. 7).

Priemerné koncentrácie hydrogénuhličitanov boli s výnimkou priesakov v Hlbokom dóme vyrovnané, ich hodnoty sa pohybovali od 191 do 214 mg·l⁻¹. Priesakové vody Hlbokého dómu mali tieto hodnoty nižšie. Sírany v priesakových vodách podobne ako pri jazierkach boli nízke, najvyššie hodnoty boli stanovené pre vody Mramorového riečiska. Dusičnany a chloridy sa pohybovali v ešte nižších koncentráciách. Kým pri dusičnanech to boli hodnoty od 2,78 do 9,97 mg·l⁻¹, pri chloridoch išlo o koncentrácie od 0,98 do 5,66 mg·l⁻¹. Koncentrácie vápnika aj horčíka boli v rámci všetkých odberných miest vyrovnané, priemerné koncentrácie vápnika mali hodnoty od 28,48 do 65,49 mg·l⁻¹, horčíka od 23,30 do 31,34 mg·l⁻¹. Najnižšie koncentrácie boli znova spojené s priesakmi v Hlbokom dóme. Aj v prípade priesakových vôd pomer rMg/rCa prekračoval hranicu 0,7, pohyboval sa v hodnotách od 0,76 do 1,42, s priemernou hodnotou 0,99.

Podľa Gazdovej klasifikácie boli vody hlavne základného výrazného Ca-Mg-HCO₃ typu alebo v menšej miere základného výrazného Mg-Ca-HCO₃ s najvyšším zastúpením A₂ zložky (tab. 8). Podľa klasifikácie chemického zloženia vôd s kritériom ekvivalentného podielu zložky väčšom ako 25 c-z % boli vody Ca-Mg-HCO₃ alebo Mg-Ca-HCO₃ typu. Na niektorých odberných miestach meniaci sa pomer koncentrácií vápnika a horčíka počas roka spôsobil, že sa tu vyskytovali obidva typy chemického zloženia vôd (hlavne priesaky v Hlbokom dóme, Veľkom dóme a Žltej katedrále).

Tabuľka 7. Chemické zloženie sledovaných priesakových vôd v Demänovskej jaskyni slobody za obdobie 2005 – 2007, priemerné hodnoty.

Table 7. Chemical composition of monitored dripping waters in the Demänová Cave of Liberty in the period 2005 – 2007, average date.

	n	t _{vody} (°C)	pH	EC (mS·m ⁻¹)	(mg·l ⁻¹)							
					Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
8. Hlboký dóm 1	10	7,0	8,3	31,1	39,31	23,37	0,43	0,72	1,89	6,81	9,63	171,41
9. Hlboký dóm 2, Večný dážď	10	6,5	8,3	31,4	38,93	24,18	0,42	0,48	1,47	6,93	9,37	174,53
10. Janáčekov dóm	10	6,5	8,1	37,7	49,07	27,72	0,36	0,61	2,33	5,19	12,26	214,83
11. Kopa liptovskej bryndže	10	6,6	8,1	37,4	47,23	27,19	0,40	0,69	1,98	6,31	14,82	212,43
12. Žltá katedrála	10	6,9	8,2	38,3	45,92	28,41	0,41	0,91	2,51	6,41	9,99	213,28
13. Veľký dóm	10	6,0	8,2	35,9	43,98	27,16	0,44	0,57	2,29	7,40	16,34	191,37
14. Mramorové riečiško	10	5,3	8,3	38,5	48,56	27,65	0,57	0,65	3,18	6,13	25,28	192,68
Sumár priesakové vody												
Minimum	70	4,1	7,3	26,1	28,48	16,34	0,13	0,10	0,98	2,78	0,13	125,7
Maximum	70	8,5	8,8	40,3	65,49	31,34	1,57	3,19	5,66	9,97	27,64	238,8
Medián	70	6,5	8,3	37,4	45,39	26,94	0,40	0,38	2,12	6,59	12,5	192,1
Priemer	70	6,4	8,2	35,7	44,71	26,52	0,44	0,66	2,23	6,45	13,96	195,8

Vysvetlivky: n – počet analýz, EC – elektrolytická vodivosť

Explanations: n – number of analysis, EC – electric conductivity

Tabuľka 8. Mineralizácia, Palmer-Gazdove charakteristiky a hlavné charakterizačné koeficienty sledovaných priesakových vôd, priemerné hodnoty.
Table 8. Mineralization, Palmer-Gazda characteristics, and main characteristic coefficients of monitored dripping waters, average values.

Odborné miesta	n	M (mg·l ⁻¹)	Charakterizačné koeficienty					Palmer-Gazdove charakteristiky										p _{CO₂} (MPa)
			rMg/rCa	rNa/rK	rSO ₄ /M	r(Na+K)/r(Ca+Mg)	S ₁ (NO ₃)	S ₁ (Cl)	S ₁ (SO ₄)	S ₂ (NO ₃)	S ₂ (Cl)	S ₂ (SO ₄)	A ₁	A ₂	A ₃			
																(c·z %)		
8. Hlboký dóm 1	10	255	0,98	2,36	0,03	0,01	0,86	0,00	0,00	0,00	2,69	1,68	6,32	0,00	88,43	0,02	7,12x10 ⁻⁵	
9. Hlboký dóm 2, Večný dážď	10	257	1,03	2,47	0,03	0,01	0,73	0,00	0,00	0,00	2,76	1,30	6,05	0,00	89,14	0,02	7,49x10 ⁻⁵	
10. Janačkov dóm	10	316	0,94	1,29	0,03	0,01	0,67	0,00	0,00	0,00	1,47	1,69	6,47	0,00	89,70	0,01	1,94x10 ⁻⁴	
11. Kopa liptovskej bryndze	10	320	0,95	1,60	0,04	0,01	0,67	0,00	0,00	0,00	1,91	1,39	7,83	0,00	88,18	0,01	1,31x10 ⁻⁴	
12. Žltá katedrála	10	321	1,03	0,99	0,03	0,01	0,84	0,00	0,00	0,00	1,89	1,85	5,41	0,00	90,00	0,02	1,17x10 ⁻⁴	
13. Veľký dóm	10	292	1,03	2,24	0,04	0,01	0,72	0,00	0,00	0,00	2,54	1,69	9,24	0,00	85,79	0,02	1,03x10 ⁻⁴	
14. Mramorové riečiško	10	307	0,94	2,77	0,06	0,01	0,83	0,00	0,00	0,00	1,72	2,33	13,60	0,00	81,51	0,02	7,83x10 ⁻⁵	

Vysvetlivky: n – počet analýz, M – celková mineralizácia, c – koncentrácia v mmol·l⁻¹, z – oxidačné číslo, r – ekvivalentová koncentrácia c·z, p_{CO₂} – parciálny tlak CO₂
 Explanations: n – number of analysis, M – Total Dissolved Solids, c – Molarity, z – oxidation number, r – concentrations in meq·L⁻¹, p_{CO₂} – partial pressure of CO₂

Koncentrácie stopových prvkov boli v priesakových vodách nízke. Vyššie koncentrácie medi a niklu neboli potvrdené ani z chrlíča v Janáčkovom dome, kde sa v jazierku zistili ich vyššie hodnoty. Lokálne vyššie hodnoty uránu vo vodách boli stanovené v priesaku v Janáčkovom dome a priesaku na Žltú katedrálu.

Parciálny tlak CO_2 priesakových vôd bol prepočítaný na hodnoty $2,08 \cdot 10^{-5}$ až $8,3 \cdot 10^{-4}$ MPa s priemernou hodnotou $1,1 \cdot 10^{-4}$ MPa. Najnižšie priemerné hodnoty parciálneho tlaku CO_2 dosahovali priesakové vody Hlbokého domu a Mramorového riečiska.

Chemické zloženie vôd podzemnej Demänovky

Chemické zloženie vôd podzemnej Demänovky sa líši od chemického zloženia priesakových vôd a vôd podzemných jazierok v jaskyni ako dôsledok rozdielnych podmienok ich vzniku a formovania. Podzemná Demänovka vzniká miešaním podzemných alochtónnych vôd pritekajúcich na krasové územie, alochtónnych vôd povrchovej Demänovky a jej prítokov, ktoré sa ponárajú do podzemia a prítokov autochtónnych vôd vznikajúcimi priamo v krasovom území. Pomer miešania týchto vôd ovplyvňuje celkové chemické zloženie vôd podzemnej Demänovky, ktoré tak nie je rovnaké na celej svojej dĺžke. Rovnako sú pozorované aj zmeny chemického zloženia vôd podzemného toku v čase v závislosti od meniacich sa prítokov.

Chemické zloženie vôd podzemnej Demänovky formou odberov vzoriek sa v Demänovskej jaskyni slobody sledovalo v Pekelnom dome, t. j. v mieste, kde sa podzemný tok po prvý krát objavuje v jaskyni (tab. 9). pH odobratých vzoriek podzemnej Demänovky sa pohybovali od 6,8 do 8,6 s priemernou hodnotou 7,8, priemerná teplota vody bola $5,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Celková mineralizácia vôd kolísala v intervale od 122 do $220 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. Najvyššie zastúpenie z aniónov mali vo vode hydrogénuhličitaný ($64,7$ až $102,8 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, priemer $86,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a sírany ($14,6$ až $50,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, priemer $38,7 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Koncentrácie dusičnanov a chloridov boli vo vodách podzemnej Demänovky nízke, len v jednom prípade (január 2006) boli identifikované zvýšené koncentrácie dusičnanov ($17,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Z katiónov dominoval v odoberaných vzorkách vápnik ($21,2$ až $48,5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, priemer $36,0 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Koncentrácie horčíka boli nižšie, ich priemerná hodnota bola prepočítaná len na $12,46 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Pomer rMg/rCa sa pohyboval v intervale od 0,49 do 0,62 s priemernou hodnotou 0,58.

Podľa Gazdovej klasifikácie boli vody prevažne základného nevýrazného Ca-Mg-HCO_3 typu s najvyšším zastúpením A_2 zložky s priemernou hodnotou 59,7 c-z % (tab. 10). V dvoch prípadoch sa vyskytoval základný výrazný Ca-Mg-HCO_3 typ, v jednom prípade základný nevýrazný Ca-HCO_3 typ. Podľa klasifikácie prevládajúcich iónov s kritériom ekvivalentného podielu zložiek väčšom ako 25 c-z % boli vody všetkých odberov $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$ typu.

Koncentrácie stopových prvkov boli nízke s výnimkou stroncia, pri ktorom sa koncentrácie pohybovali do $0,506 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

Pre porovnanie pridávame aj základné chemické zloženie vôd povrchovej Demänovky (tab. 9), ktorá bola odoberaná súčasne s odbermi v jaskyni. Povrchová Demänovka sa svojimi ponárajúcimi vodami priamo podieľa na tvorbe podzemného toku Demänovky. Jej chemické zloženie je typickým príkladom alochtónnych vôd formujúcich sa čisto v prostredí kryštalinika, preto aj jej mineralizácia je nižšia oproti vodám podzemnej Demänovky (37 až $95 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Jej chemické zloženie je v porovnaní s vodami podzemnej Demänovky menej stabilné, čo sa odráža na prítomnosti viacerých chemických typov vôd podľa Gazdovej klasifikácie (základný výrazný Ca-Mg-HCO_3 typ, základný nevýrazný Ca-Mg-HCO_3 typ, prechodný $\text{Ca-Mg-SO}_4\text{-HCO}_3$ typ, základný výrazný Ca-HCO_3 typ) pri najvyššom zastúpení A_2 zložky s priemernou hodnotou 61,64 c-z % (tab. 10). Podľa klasifikácie prevládajúcich iónov s kritériom ekvivalentného podielu zložiek väčšom ako 25 c-z % boli vody povrchovej Demänovky Ca-Mg-HCO_3 alebo $\text{Ca-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$ typu.

Tabuľka 9. Chemické zloženie vôd Demänovky za obdobie 2005 – 2007.
 Table 9. Chemical composition of the Demänovka Stream for the period 2005 – 2007.

	t_{vody} (°C)	pH	EC ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$)	(mg·l ⁻¹)						t_{vody} (°C)	pH	EC ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$)	(mg·l ⁻¹)									
				Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻				SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
15. podzemná Demänovka v Pekelnom dome (10 vzoriek)																						
Min.	4,3	6,8	16,1	21,16	7,91	0,58	0,44	1,34	2,82	14,62	64,7	1,3	8,1	5,0	5,88	2,06	0,29	0,21	1,22	1,76	5,23	12,57
Max.	6,5	8,6	29,9	48,48	16,13	1,86	2,81	2,69	17,50	50,71	102,8	12,0	8,8	10,4	13,55	5,86	3,86	1,51	2,83	3,00	10,13	46,20
Medián	5,8	7,9	26,9	38,46	13,52	1,1	0,60	1,75	3,67	41,94	88,0	6,8	8,2	5,8	7,86	2,53	0,98	0,46	1,60	2,31	7,17	22,00
Priemer	5,6	7,8	25,0	36,01	12,46	1,11	0,89	1,90	5,12	38,70	86,1	6,8	8,3	6,8	8,6	3,16	1,28	0,63	1,74	2,32	7,44	25,35
16. povrchová Demänovka nad prítokom Zadnej vody (8 vzoriek)																						

Vysvetlivky: EC – elektrolytická vodivosť
 Explanations: EC – electric conductivity

Tab. 10. Mineralizácia, Palmer-Gazdove charakteristiky a hlavné charakterizačné koeficienty sledovaných vôd Demänovky, priemerné hodnoty.

Tab. 10. Mineralization, Palmer-Gazda characteristics, and main characteristic coefficients of monitored waters of the Demänovka Stream, average values.

Odborné miesta	n	M (mg·l ⁻¹)	Charakterizačné koeficienty				Palmer-Gazdove charakteristiky										P _{CO2} (MPa)
			rMg/rCa	rNa/rK	rSO ₄ /M	r(Na+K)/ r(Ca+Mg)	S ₁ (NO ₃)	S ₁ (Cl)	S ₁ (SO ₂)	S ₂ (NO ₃)	S ₂ (Cl)	S ₂ (SO ₄)	A ₁	A ₂	A ₃		
			(c·z %)														
15. podzemná Demänovka v Pekelnom dóme	10	192	0,58	2,87	0,15	0,03	2,16	0,21	0,00	1,23	2,14	34,51	0,00	59,70	0,05	2,75x10 ⁻⁴	
16. povrchová Demänovka nad prítokom Zadnej vody	8	58	0,59	3,69	0,12	0,10	5,11	2,63	0,64	0,97	5,30	23,37	0,00	61,64	0,34	1,22x10 ⁻⁵	

Vysvetlivky: n – počet analýz, M – celková mineralizácia, c – koncentrácia v mmol·l⁻¹, z – oxidačné číslo, r – ekvivalentová koncentrácia c·z, P_{CO2} – parciálny tlak CO₂

Explanations: n – number of analysis, M – Total Dissolved Solids, c - Molarity, z – oxidation number, r – concentrations in meq·L⁻¹, P_{CO2} – partial pressure of CO₂

NASÝTENIE VODNÝCH ROZTOKOV JASKYNNÝCH VÔD VOČI VYBRANÝM MINERÁLOM

Pri riešení termodynamických rovnôh a výpočte nasýtenia vodných roztokov voči vybraným minerálom sme použili počítačový program PHREEQC-2 (Parkhurst a Appelo, 1999). Pre všetky odbery sa stanovili indexy nasýtenia (*SI*) voči vybraným minerálom, v príspevku sú podrobnejšie hodnotené len výsledky voči kalcitu, dolomitu a sadrovcu. Stanovenie stupňa nasýtenia jaskynných vôd voči kalcitu a dolomitu je dôležité hlavne z hľadiska posúdenia ich schopnosti tvorby jaskynnej výzdoby alebo naopak, identifikácie ich agresívnych vlastností na sintrové výplne.

Nasýtenie vôd podzemných jazierok aj priesakov sa v jaskyni voči kalcitu aj dolomitu počas roka mení. Vody jazierok sú v rovnováhe s kalcitom a dolomitom, alebo sú voči týmto minerálom presýtené. Priemerná hodnota *SI* všetkých 70 stanovených vzoriek predstavovala v prípade kalcitu hodnotu 0,38, v prípade dolomitu hodnotu 0,63. Pri nasýtení voči kalcitu bol pomer medzi vzorkami v rovnováhe s kalcitom a presýtením voči kalcitu zhruba 1:1. Pri dolomite bol tento pomer posunutý v prospech rovnovážneho stavu. Medzi jazierkami neboli veľké rozdiely z hľadiska nasýtenia vôd voči kalcitu a dolomitu s výnimkou Trikolorového jazierka a Veľkého jazera, ktoré mali tieto hodnoty oproti ostatným sledovaným jazierkam pri oboch mineráloch takmer o polovicu nižšie.

Aj pri priesakových vodách sa najčastejšie vyskytoval stav presýtenia a rovnovážny stav voči kalcitu a dolomitu. Pomer vzoriek presýtených voči kalcitu a vzoriek v rovnováhe s kalcitom bol cca 2:1. Pri dolomite to bolo naopak. Priemerná hodnota *SI* kalcitu priesakových vôd bola prepočítaná na hodnotu 0,42. Pri dolomite mala *SI* priemernú hodnotu 0,66. Všetky odberné miesta mali z hľadiska nasýtenia voči kalcitu a dolomitu porovnateľné hodnoty. Najväčšie rozdiely v nasýtení v rámci jedného odberného miesta boli zistené na priesakoch v Hlbokom a Veľkom dome.

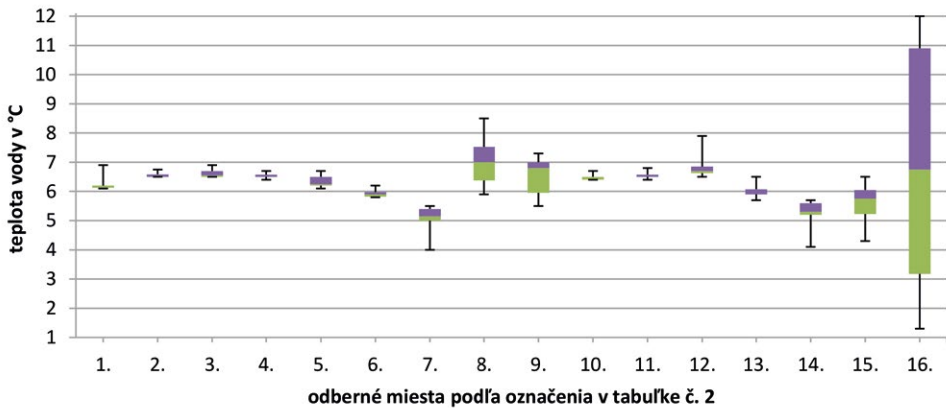
Na rozdiel od priesakových vôd a vôd podzemných jazierok boli vody podzemnej Demänovky nedosýtené voči kalcitu alebo boli v rovnováhe s týmto minerálom. Priemerná hodnota *SI* kalcitu bola prepočítaná na hodnotu - 0,42. Pri dolomite prevládal stav nedosýtenia s hodnotami *SI* od -3,35 do 0,39.

Hodnoty indexov nasýtenia priesakových vôd aj vôd jaskynných jazierok voči sadrovcu sa pohybovali hlboko v záporných číslach. Na základe priemernej hodnoty tohto indexu (-2,6) prepočítanej zo všetkých 140 vzoriek môžeme priesakové vody aj vody jaskynných jazierok charakterizovať ako výrazne nedosýtené voči sadrovcu. Rovnako sú na tom aj vody podzemnej Demänovky z Pekelného domu, ktorých priemerná hodnota *SI* pre sadrovec dosahuje hodnotu len -2,21.

DISKUSIA

Podzemná voda predstavuje dynamickú zložku jaskynného ekosystému, ktorá zvyčajne podlieha istým kvalitatívnym aj kvantitatívnym zmenám v priestore aj čase. Platí to aj pre Demänovskú jaskyňu slobody, čo potvrdzujú výsledky našich odberov a analýz.

Teplotné pomery vôd v jazierkach Demänovskej jaskyni slobody sa počas roka menia minimálne, najčastejšie len do 0,5 °C. Oveľa výraznejšia je teplotná priestorová diferenciácia (obr. 4). Teploty vody v jazierkach sa prispôsobujú teplote vzduchu jaskynného prostredia, ktorá nie je rovnaká v celej jaskyni a tak vznikajú aj rozdiely medzi priemernými teplotami vôd jaskynných jazierok. Pri priesakových vodách sa na teplote vody odráža intenzita priesaku, hrúbka nadložia, ako aj rýchlosť komunikácie s povrchom. Kombináciou týchto faktorov vzniká teplotná diferenciácia vôd. Teplotne najstabilnejšie



Obr. 4. Krabicový graf teploty sledovaných vôd.

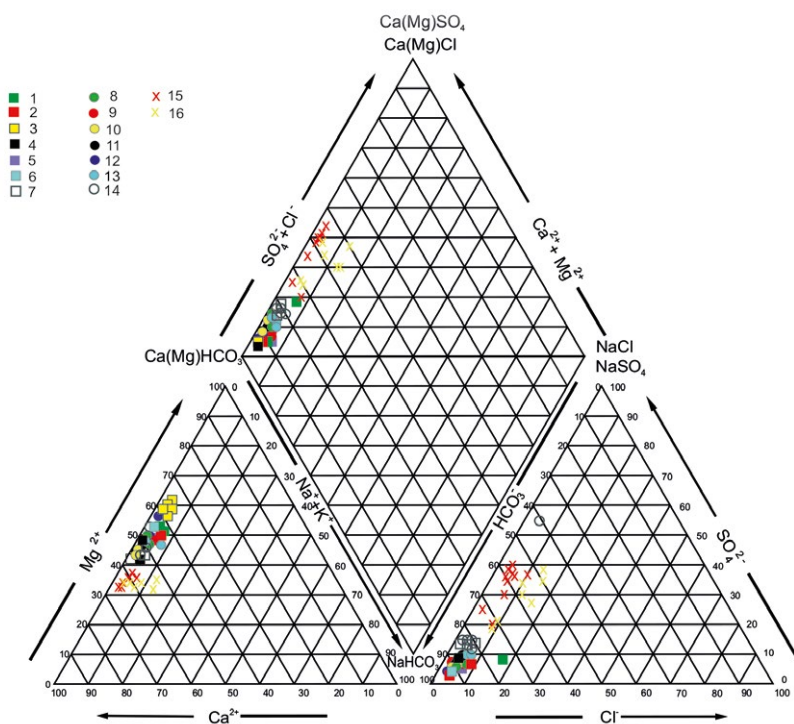
Fig. 4. Box plot of the temperature of the monitored waters.

sú priesakové vody s veľkou hrúbkou nadložia a malou a stabilnou intenzitou priesaku (napr. priesak v Janáčkovom dóme), menšia teplotná stabilita je u miest s väčšou hrúbkou nadložia ale intenzívnejším priesakom (Veľký dóm). Ako teplotne najnestabilnejšie vystupujú priesaky prepojené na väčšie tektonické diskontinuity s rýchlou komunikáciou s povrchom (priesaky v Hlbokom dóme). Pri poslednej skupine priesakov sa najnižšie teploty priesakových vôd vyskytujú v jarných mesiacoch pri topení snehu. V letných a jesenných mesiacoch je ich teplota vyššia, pri intenzívnejších priesakoch je markantnejší vplyv vonkajšej teploty vzduchu.

Priesakové vody a vody podzemných jazierok Demänovskej jaskyne slobody, t. j. autochtónne vody jaskyne, formujú svoje chemické zloženie priamo v prostredí karbonátového komplexu, kde sa ako hlavný mineralizačný proces uplatňuje proces rozpúšťania karbonátov. V aniónovom zložení vôd dominujú hydrogénuhličitaný, v kationovom zložení vápnik a horčík. Chemické zloženie sledovaných vôd v jaskyni približuje Piperov graf (obr. 5).

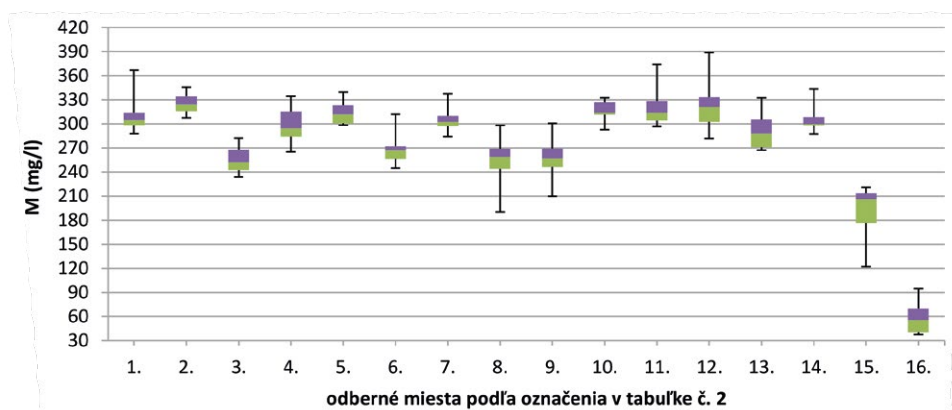
Vody sú stredne mineralizované, bez rozdielu na to, či ide o vody priesakové alebo vody jaskynných jazierok. Priemerná hodnota mineralizácie všetkých analyzovaných vzoriek vôd z jazierok a priesakov bola $296 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (jazierka: $297 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, priesaky: $295 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Rozdiely v mineralizácii vôd počas jednotlivých odberných cyklov boli zistené pre každé odberné miesto (pri jazierkach aj pri priesakových vodách) (obr. 6). V prípade priesakových vôd rovnako ako pri teplote platí závislosť ich celkovej mineralizácie od intenzity priesaku, hrúbky nadložia a rýchlosti komunikácie s povrchom. Najmarkantnejšie je tento vplyv vidieť pri priesakových vodách Hlbokého dómu.

V rámci chemického zloženia je zaujímavá priestorová variabilita koncentrácií vápnika a horčíka vo vodách, ktorá odráža geologickú stavbu jaskyne a horninového prostredia, v ktorom jaskyňa vznikla. Podľa Gaála (2016) je podstatná časť Demänovskej jaskyne slobody vytvorené v sivých ramsauských dolomitoch. Tmavosivé gutensteinské vápence sú rozšírené len v Mramorovom riečisku, aj tu sa však striedajú s dolomitmi alebo dolomitickými vápencami. Naopak v dolomitickej časti systému a v nadloží jaskynných chodieb tejto časti jaskyne autor nevyklučuje prítomnosť vložiek dolomitických vápencov a organodetrických vápencov. Podľa výsledkov nami odobratých vzoriek sa koncentrácie vápnika v jaskynných vodách pohybovali od $27,37 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ do $69,41 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$, pri horčíku od $16,34 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ do $33,29 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$. V rámci odberných miest rástli priemerné koncentrácie horčíka vo vzorkách vôd v poradí vz. č. 6 < č. 8 < č. 9 < č. 7 < č. 5 < č. 13 < č. 11 < č. 14 < č. 10 < č. 12 < č. 3



Obr. 5. Piperov graf chemického zloženia sledovaných vôd.

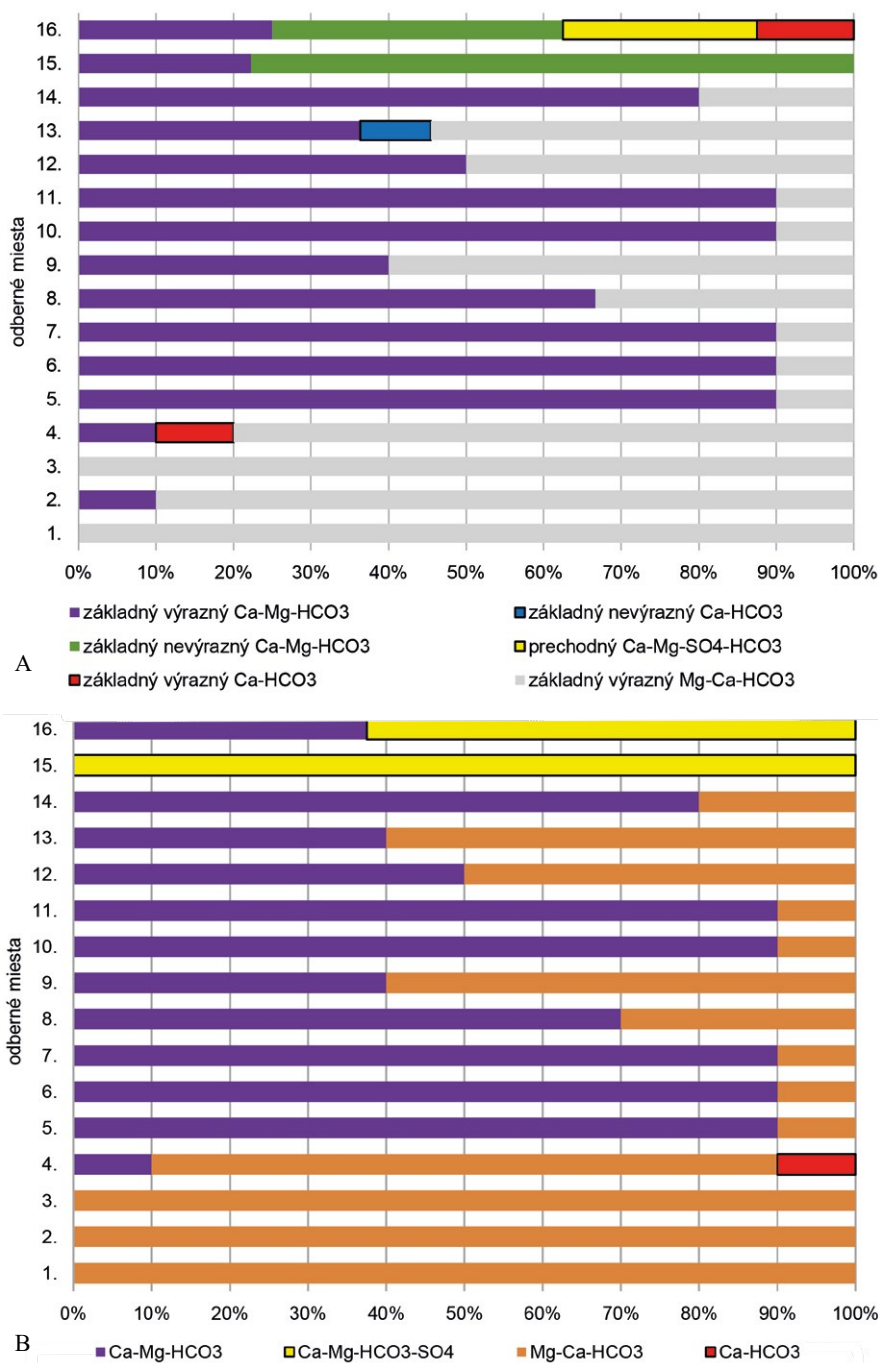
Fig. 5. Piper's diagram of the chemical composition of the monitored waters.



Obr. 6. Krabicový graf mineralizácie sledovaných vôd.

Fig. 6. Box plot of the mineralization of the monitored waters.

< č. 4 < č. 1 < č. 2. Pomer rMg/rCa bol výrazne posunutý v prospech horčička (priemerné hodnoty boli blízke 1, čo indikuje výraznejší „dolomitový obeh“ – vyšší podiel dolomitov v obehových cestách vôd). Hodnota tohto charakterizačného koeficienta rástla pri vzorkách vôd v poradí vz. č. 7 < č. 14, č. 5, č. 10 < č. 11 < č. 6 < č. 8 < č. 9, č. 13, č. 12 < č. 4 < č. 2 < č. 1 < č. 3. Aj keď rozdiely v koncentráciách medzi vápnikom a horčíkom nie sú extrémne veľké, odrážajú sa na variabilite typu chemického zloženia vôd. Hlavne v južnej časti jaskyne a vyššie smerom od Kráľovej galérie k východu dominujú vody Mg-Ca-HCO₃ typu,



Obr. 7. Grafy chemického zloženia sledovaných vôd (A: podľa Gazdovej klasifikácie, B: podľa klasifikácie prevládajúcich iónov zastúpených nad 25 c·z %).

Fig. 7. Diagrams of chemical composition of the monitored waters (A: according to Gazda classification, B: according to classification based on the principle of predominant ions with the criterion of equivalent component content above 25 meq·L⁻¹ %).

čo indikuje vyšší podiel dolomitov v obehových cestách vôd. Na hlavnej chodbe riečiska od Kráľovej galérie smerom k Veľkému domu a ďalej k Mramorovému riečisku prevláda naopak Ca-Mg-HCO₃ typ. Ako vidieť z obrázku č. 7, na niektorých odberných miestach sa hlavne pri priesakových vodách pomer koncentrácií vápnika a horčíka počas roka mení (hlavne odberné miesto č. 8, č. 9, č. 12, č. 13), Mg-Ca-HCO₃ typ je na týchto miestach výraznejší hlavne v jarných odberoch, pri intenzívnejších priesakoch, kedy sa znižuje doba zdržania vsakujúcej zrážkovej vody v nenasýtenej zóne nadložia.

Korelácia medzi Ca²⁺ a Mg²⁺ iónmi je v rámci všetkých vzoriek autochtónnych vôd (priesakových vôd a vôd jaskynných jazierok) v jaskyni vysoká, rovnako ako je vysoká aj korelácia medzi Ca²⁺, Mg²⁺ a HCO₃ iónmi (tab. 11). Pomerne vysoká korelácia medzi chloridovými iónmi, sodíkom a draslíkom indikuje pravdepodobne ich spoločný pôvod v zrážkových vodách. Koncentrácie týchto troch iónov sú v celej jaskyni pomerne nízke. V prípade síranov sú koncentrácie vyššie, čo súvisí pravdepodobne s vyšším podielom síranov petrogénneho pôvodu. Podľa Gaála (2016) sa v gutensteinských vápencoch a dolomitoch jaskyne nachádzajú sírany, z ktorých sa za vhodných podmienok mohli v jaskyni v niektorých prípadoch vytvoriť aj sadrovcové kryštály. Rozpúšťaním síranov v horninovom prostredí môže dochádzať k zvyšovaniu koncentrácií síranov vo vodách. Potvrdovať by to mohla aj pomerne vysoká korelácia medzi síranovými iónmi a vápnikom. Nižší korelačný koeficient medzi síranovými iónmi a kationmi horčíka môže indikovať nižší podiel síranovej zložky v dolomitickom prostredí. Pri síranoch vo vodách jaskyne platí priestorová heterogenita, na odberných miestach ich koncentrácie stúpali v poradí vz. č. 3 < č. 1 < č. 9 < č. 8 < č. 12 < č. 6 < č. 2 < č. 10 < č. 4 < č. 5 < č. 11 < č. 13 < č. 7 < č. 14. Zvýšené koncentrácie síranov vo vodách boli hlavne v časti Mramorového riečiska smerom k Veľkému domu, kde sa nachádzajú gutensteinské vápence. Stále však ide o nízke koncentrácie, ktoré neprekročili hranicu 28 mg·l⁻¹. Rovnako hodnota charakterizačného koeficienta rSO₄/M pri všetkých vzorkách nepresiahla hodnotu 0,1, čo vylučuje výraznejší vplyv vôd so sulfátogénnou mineralizáciou. V prípade dusičnanov sú koncentrácie vo vodách pomerne vyrovnané, ich priemerná koncentrácia sa na jednotlivých odberných miestach pohybuje od 3,60 do 10,48 mg·l⁻¹. Vzhľadom na charakter nadložia a aktivity v tejto časti územia môžeme hovoriť o koncentráciách, ktoré nie sú významnejšie antropogénne ovplyvnené. Výnimkou sú a v budúcnosti môžu byť zvýšené koncentrácie dusičnanov v jazierkach v blízkosti prehliadkovej trasy, kde nie je vylúčený antropogénny vplyv.

Stopové prvky sa do jaskynných vôd môžu dostávať z atmosféry, ale napr. aj z procesov hydrolytického rozkladu silikátov alebo rozpúšťania rôznych akcesorických minerálov nachádzajúcich sa v horninovom nadloží jaskynných priestorov alebo pôdnom horizonte. V niektorých prípadoch, ako už bolo spomínané, hlavne pri vodách jaskynných jazierok, sa nevyklučuje ani ich antropogénny pôvod (Cu, Zn, Ni, Pb). Zvýšené koncentrácie uránu vo vodách sa vyskytujú hlavne v strednej a južnej časti jaskyne, tieto miesta korelujú s pásmami vyznačujúcimi sa vyššou prirodzenou rádioaktivitou horninového prostredia v jaskyni (Zimák et al., 2001).

Vody podzemnej Demänovky sa vzhľadom na svoj pôvod líšia chemickým zložením od autochtónnych vôd jaskyne. Pri tvorbe ich chemického zloženia sa okrem rozpúšťania karbonátov (typický proces pre prostredie karbonátového komplexu) uplatňuje aj hydrolytický rozklad silikátov (typický proces pre prostredie granitoidných hornín kryštalínika) a miešanie vôd. Oproti autochtónnym vodám jaskyne je zjavná ich nižšia mineralizácia. V ich chemickom zložení dominujú hydrogenuhličitanové a síranové anióny a kationy vápnika. Horčík vo vodách podzemnej Demänovky nie je zastúpený v takých množstvách ako je tomu pri autochtónnych vodách, aj pomer rMg/rCa je posunutý viac v prospech

Tabuľka 11. Spearmanova korelačná matica vybraných parametrov všetkých analyzovaných vzoriek vôd z jaskyne s výnimkou podzemnej Demänovky.
 Table 11. Spearman's correlation matrix of selected parameters of all analyzed water samples from the cave without underground Demänovka Stream.

	t_{vody}	pH	SiO ₂	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe	Mn	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	SF_{kalcit}	SF_{dolomit}	M
t_{vody}	-															
pH	-0,11	-														
SiO ₂	0,32	-0,05	-													
Na ⁺	-0,23	0,17	-0,07	-												
K ⁺	0,08	-0,13	0,35	0,42	-											
Mg ²⁺	0,17	-0,18	0,69	0,08	0,43	-										
Ca ²⁺	-0,12	-0,14	0,10	0,09	0,09	0,44	-									
Fe	-0,09	-0,32	-0,20	0,29	0,13	-0,22	-0,07	-								
Mn	-0,32	-0,08	-0,24	0,24	-0,05	-0,28	0,05	0,59	-							
Cl ⁻	-0,19	0,04	0,30	0,24	0,40	0,41	0,33	-0,09	-0,02	-						
NO ₃ ⁻	-0,15	0,03	-0,54	0,05	-0,07	-0,27	0,09	0,17	0,22	-0,09	-					
SO ₄ ²⁻	-0,42	-0,03	-0,23	-0,08	-0,23	0,11	0,66	-0,06	0,13	0,22	0,33	-				
HCO ₃ ⁻	0,15	-0,09	0,46	-0,21	0,10	0,51	0,42	-0,28	-0,35	0,31	-0,15	0,24	-			
SF_{kalcit}	-0,06	0,89	0,02	0,16	-0,09	0,01	0,21	-0,35	-0,09	0,13	0,09	0,20	0,19	-		
SF_{dolomit}	0,01	0,90	0,10	0,15	-0,05	0,06	0,13	-0,37	-0,15	0,14	0,03	0,12	0,21	0,99	-	
M	0,02	-0,02	0,42	-0,04	0,20	0,59	0,64	-0,26	-0,29	0,37	0,00	0,41	0,84	0,25	0,24	-

vápnika. Výraznejší rozdiel je aj pri hodnotách pH, ktoré sú pri autochtónnych vodách v porovnaní s podzemnou Demänovkou vyššie. Zo stopových prvkov je najväčší rozdiel pri koncentráciách stroncia, ktoré sú oproti priesakovým vodám a vodám jaskynných jazierok niekoľko násobne vyššie. Pôvod vyšších koncentrácií stroncia v podzemnej Demänovke súvisí s formovaním jej vôd v granitoidných horninách kryštalinika (Motyka et al., 2005). S týmto pôvodom je možné spájať aj nepatrne vyššie koncentrácie SiO_2 vo vodách podzemnej Demänovky oproti priesakovým vodám a vodám jaskynných jazierok, ktoré sú však v obidvoch prípadoch stále nízke. V prostredí kryštalinika prebieha intenzívnejší proces rozpúšťania a hydrolytického rozkladu silikátov (živce, sľudy, amfiboly, pyroxény, ílové minerály a pod.) obsiahnutých v horninách, pri ktorých vzniká SiO_2 . V karbonátovom komplexe je Gaálom (2016) zasa popisovaná prítomnosť rohovcov a drobných silicifikovaných teliesok pochádzajúcich z ihlíc kremitých hubiek, ktoré môžu byť zdrojom SiO_2 .

Nasýtenie vôd voči kalcitu a dolomitu je pri jazierkach aj priesakových vodách na rozdiel od podzemnej Demänovky pomerne vysoké. Indikuje pomerne dobrú schopnosť tvorby jaskynnej výzdoby. Tá však nemusí vznikáť vždy aj pri dostatočnom nasýtení roztoku, napr. podľa Terekovej (1983) v jaskynných jazierkach dochádza k vyvrážaniu z presýtených roztokov až pri narušení stabilných podmienok roztoku (napr. v dôsledku prevzdušnenia roztoku kvapkajúcou vodou, v dôsledku prítomnosti zárodočného centra kryštalizácie a pod.). V prípade jazierok aj priesakových vôd potvrdzujú vypočítané hodnoty *SI* voči obidvom minerálom heterogenitu nasýtenia. Výraznejšia je pritom časová heterogenita oproti priestorovej. Podľa korelačnej matice platí v rámci celej jaskyne výrazná kladná korelácia medzi hodnotami *SI* obidvoch minerálov s hodnotami pH. Nižšia pozitívna korelácia je v prípade hodnôt *SI* obidvoch minerálov, celkovej mineralizácie vôd a HCO_3^- iónov. Pri hodnotách *SI* voči kalcitu platí rovnako pri hodnotení všetkých vzoriek aj pozitívna korelácia s kationmi vápnika a síranovými aniónmi. Signifikantná závislosť medzi nasýtením vôd voči kalcitu a dolomitu a ich teplotou nebola preukázaná.

ZÁVER

Chemické zloženie vôd v Demänovskej jaskyni slobody bolo zhodnotené na základe 150 vzoriek vôd, ktoré sa odobrali a následne analyzovali v desiatich samostatných vzorkovacích cykloch, z 15 odberných miest, v období 2005 až 2007. Výsledky môžeme považovať za reprezentatívne pre celú jaskyňu, aj keď vzhľadom na veľkosť jaskyne prítomnosť menšej chemickej anomálie (napr. lokálne vyššie koncentrácie síranov vo vodách) nie je vylúčená. Z výsledkov vzorkovania je možné konštatovať, že chemické zloženie vôd v jaskyni ovplyvňuje predovšetkým chemické zloženie zdrojových vôd, mineralogicko-petrografický charakter horninového prostredia, fyzikálno-chemické procesy prebiehajúce na fázovom rozhraní voda – hornina, dĺžka interakcie vody s horninovým prostredím a antropogénna činnosť. Pri priesakových vodách jaskyne bol identifikovaný vplyv na ich chemické zloženie predovšetkým z hľadiska petrografickej stavby nadložía jaskynných priestorov, intenzity priesaku, hrúbky nadložía, ako aj rýchlosti komunikácie s povrchom. Nami vybrané a sledované odberné miesta neidentifikovali výraznejšie rozdiely v chemickom zložení vôd, preukázaná bola len mierna priestorová a časová variabilita. Pri priesakových vodách a vodách z jazierok (autochtónne vody) boli priemerné hodnoty hlavných chemických ukazovateľov veľmi podobné. Hlavný rozdiel bol preukázaný medzi autochtónnymi vodami (priesakové vody a jazierka) a vodami s čiastočným alochtónnym pôvodom (podzemná Demänovka).

Vody podzemných jazierok a priesakov v jaskyni sú typické autochtónne vody s karbonátogénnou mineralizáciou, pri vzniku ktorých sa ako hlavný mineralizačný proces

uplatňuje rozpúšťania karbonátov. Mineralizácia priesakových vôd sa pohybuje od 190 do 389 mg·l⁻¹, mineralizácia jazierok od 234 do 367 mg·l⁻¹. Hlavnými kationmi sú vápnik a horčík, hlavnými aniónmi sú hydrogénuhličitan. Vody sú vo väčšine prípadov schopné precipitácie kalcitu alebo dolomitu, čo je dôležité z hľadiska recentnej tvory jaskynnej výzdoby. Po kvalitatívnej stránke v rámci vybraných anorganických ukazovateľov a ukazovateľov nepriaznivo ovplyvňujúcich vlastnosti pitnej vody (podľa vyhlášky zdravotníctva MZ SR č. 247/2017 Z. z.) sú jaskynné vody dobrej kvality. Len v niektorých prípadoch nevyhovovali vzorky odporúčaným hodnotám pre vápnik a horčík, v jednom prípade bola prekročená najvyššia medzná hodnota dusičnanov. Do budúca je potrebné sa zamerať na sledovanie kvality vôd jazierok v blízkosti sprístupnenej prehliadkovej trasy chodníka, kde aj na základe nami získaných výsledkov môžeme očakávať nežiaduce zmeny v chemickom zložení vôd vplyvom prevádzky jaskyne.

Vody podzemnej Demänovky majú v jaskyni v porovnaní s priesakmi a jazierkami rozdielne chemické zloženie, čo súvisí s odlišnými podmienkami ich formovania. Časť vôd podzemnej Demänovky pochádzajúca priamo z prostredia karbonátového komplexu križňanského príkrovu formuje svoje chemické zloženie rovnako ako priesakové vody a vody jaskynných jazierok hlavne procesom rozpúšťania karbonátov. Nižšiu mineralizáciu vôd podzemnej Demänovky (122 – 220 mg·l⁻¹) spôsobuje vyšší podiel menej mineralizovaných alochtónnych vôd pritekajúcich z kryštalinika Nízkych Tatier. Pri tvorbe ich chemického zloženia sa uplatňuje hlavne proces hydrolytického rozkladu silikátov, menej rozpúšťanie karbonátov. Kvalita vôd podzemnej Demänovky bola v stanovených ukazovateľoch dobrá, porovnateľná s priesakovými vodami a vodami jaskynných jazierok. Na rozdiel od tejto skupiny vôd výsledky kvality podzemnej Demänovky pre nízky počet odberov nepovažujeme za reprezentatívne. Získané výsledky sa z pohľadu kvality stali len jedným z východiskových podkladov pre začatie dlhodobého monitoringu tohto podzemného toku, ktorý sa vzhľadom k hydrogeologickým pomerom lokality a aktivitám realizovaných v jeho vo- dozbernej oblasti ukazuje ako jeden z nevyhnutných nástrojov jeho praktickej ochrany.

LITERATÚRA

- Auxt A., Malík P., Klačanová Z., Pristaš P., Filo J., Šuchová M., Gretschek J., Gregor M., Bottlík F., Mikita S., Pažická A., Buček S., Černák R., Nagy A., Michalko J., Maglay J., Máša B., Švasta J. & Danko D. 2012. Doplnkový hydrogeologický prieskum a monitoring ramsarskej lokality – jaskyne Demänovskej doliny. Záverečná správa, archív SSJ, Liptovský Mikuláš, 181 s. + prílohy.
- Bella P., Haviarová D., Kováč L., Lalkovič M., Sabol M., Soják M., Struhár V., Višňovská Z. & Zelinka J. 2014. Jaskyne Demänovskej doliny. ŠOP SR, Banská Bystrica, Liptovský Mikuláš, 200 s.
- Biely A., Beňuška P., Bezák V., Bujnovský A., Halouzka R., Ivanička J., Kohút M., Klinec A., Lukáčik E., Maglay J., Miko O., Pulec M., Putiš M. & Vozár J. 1992. Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava.
- Biely A., Bujnovský A., Vozárová A., Klinec A., Miko O., Halouzka R., Vozár J., Beňuška P., Bezák V., Hanzel V., Kubeš P., Liščák P., Lukáčik E., Maglay J., Molák B., Pulec M., Putiš M. & Slavkay M. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier. GÚDŠ, Bratislava, 232 s.
- Bodiš D., Lopašovská M., Lopašovský K., Rapant S. 2000. Chemické zloženie snehovej pokrývky na Slovensku – Výsledky 25-ročného pozorovania. Podzemná voda, 6, 2, 162–173.
- Bodiš D., Kordík J. & Slaninka I. 2012. Variabilita chemického zloženia zimných zrážok na Slovensku za 36 rokov pozorovania. Mineralia Slovaca, 44, 443–460.
- Deutsch W. J., Jenne E. A. & Krupka M. K. 1982. Solubility equilibria in basalt aquifers: The Columbia Plateau, eastern Washington, U. S. A. Chemical Geology, 36, 15–34.
- Droppa A. 2013. Korózný účinok krasových tokov na severnej strane Nízkych Tatier. Slovenský kras, 51, suppl. 1, 103 s.

- Droppa A. 1957. Demänovské jaskyne – krasové zjavy Demänovskej doliny. Slovenská akadémia vied, Bratislava, 289 s.
- Droppa A. 1969. Rýchlosť rastu kvapľov v jaskyniach Liptovského krasu. *Studia geographica*, 1, Brno, 61–65.
- Droppa A. 1976. Intenzita korózie krasových tokov v Demänovskej doline. *Slovenský kras*, 14, 3–30.
- Droppa A. 1996. Vplyv ročných období na koróziu Demänovského krasu. In M. Lalkovič (Ed.): *Kras, jaskyne, výskum, využívanie a ochrana, vedecká konferencia k 75. narodeninám RNDr. A. Droppu*, CSc. Zborník referátov, SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 63–70.
- Droppa V. & Klaučo S. 1985. Mezozoikum SZ svahov Nízkyh Tatier – hydrogeologický prieskum. Čiastková štruktúra karbonátov krížňanskej jednotky v povodí Demänovky – hydrogeologický prieskum. Etapová správa čiastkovej úlohy za rok 1984, Manuskript, SGÚ Bratislava a IGHP Žilina – závod Bratislava, 73 s. + prílohy.
- Droppa V. & Klaučo S. 1986. K problematike tvorby chemického zloženia krasovej vody Nízke Tatry – Demänovská dolina. *Mineralia Slovaca*, 18, 5, 451–458.
- Gaál E. 2016. Litológia karbonátových hornín Demänovského jaskynného systému. *Slovenský kras*, 54, 2, 109 – 129.
- Gaál E. & Michalík J. 2017. Strednotriasové vápence v jaskyni Okno Demänovská dolina, Nízke Tatry): litológia a faciálne typy. *Slovenský kras*, 55, 2, 145–154.
- Gazda S. 1971. Modifikácia Palmerovho klasifikačného systému. *Hydrologická ročenka 1970 – 1971*. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 122–126.
- Gazda S. 1974. Chemizmus podzemných vôd Západných Karpát a jeho genetická klasifikácia. In B. Leško (Ed.): *Materiály z III. celoslovenskej geologickej konferencie, II. časť*. Vyd. Slovenský geologický úrad, Bratislava, 1974, 43–50.
- Hanzel V., Dovina V., Kullman E., Malík P. & Vrana, K. 1990. Vysvetlivky k hydrogeologickej mape Nízkyh Tatier v mierke 1 : 50 000. Čiastková záverečná správa, GÚDŠ Bratislava. Manuskript – archív Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava, 180 s.
- Haviarová D., Czop M., Gradzinski M. & Motyka J. 2006. Chemizmus podzemných vôd vybraných jaskýň Demänovskej doliny – vznik úlohy a predbežné výsledky výskumu. In Bella, P. (Ed.): *Výskum využívanie a ochrana jaskýň*. Zborník referátov z 5. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 26. – 29. 9. 2005. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 144–150.
- Haviarová D., Pristaš P. 2010. Výsledky nových stopovacích skúšok ponorových jaskýň v Demänovskej doline vo vzťahu k Demänovskej jaskyni slobody. *Aragonit*, 15, 2, 76–82.
- Haviarová D. 2012. Hydrogeochemická charakteristika jaskynných systémov Západných Karpát na príklade Demänovského jaskynného systému Nízke Tatry) a jaskýň Silickej planiny Slovenský kras. Dizertačná práca. Prirodovedecká fakulta UK, Bratislava, 179 s. + prílohy.
- Herich P. 2017. Demänová caves. The most extensive underground karst phenomenon in Slovakia. *Bulletin of the Slovak Speleological Society, Issued for the purpose of the 17th Congress of the IUS, Sydney 2017*, 27–38.
- Kullman E. & Hanzel V. 1976. Hydrogeologický výskum mezozoika SZ svahov Nízkyh Tatier. Čiastková záverečná správa, GÚDŠ Bratislava. Manuskript – archív Geofondu ŠGÚDŠ Bratislava. 104 s.
- Kuníková E., Hucko P., Adámková J., Makovinská J., Borušovič Š., Chriaštel R., Kullman E. & Vodný J. 2005. Správa Slovenskej republiky o stave implementácie Rámцovej smernice o vode spracovaná pre Európsku komisiu v súlade s článkom 5, prílohy II a prílohy III a článkom 6, prílohy IV RSV. Manuskript, MŽP SR – VÚVH – SHMÚ – SVP, 207 s.
- Lapin M., Faško P., Melo M., Šťastný P. & Tomlain J. 2002. Klimaticke oblasti. In *Atlas krajiny Slovenskej republiky, IV. Prvotná krajinná štruktúra*, mapa č. 27 1 : 1 000 000. Bratislava – Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica – Slovenska agentúra životného prostredia, s. 95.
- Malík P., Haviarová D., Gregor M., Švasta J., Bottlík F., Černák R., Mikita S., Pažická A. & Auxt A. 2013. Demänovská dolina: vzťah povrchových a podzemných vôd. *Aragonit*, 18, 2, 67–78.
- Mazúr E., Lukniš M. 1978. Regionálne geomorfologické členenie SSR. *Geografický časopis*, 30, 2, s. 101–125 + 1 mapa 1 : 1 000 000.
- Méryová E. 1990. Mezozoikum SZ svahov Nízkyh Tatier. Vyhľadávací hydrogeologický prieskum. Záverečná správa, IN GEO, Žilina.

- Motyka J., Gradzinski M., Bella P. & Holúbek P. 2005. Chemistry of water from selected caves in Slovakia – a reconnaissance study. *Environmental Geology*, 48, 682–692.
- Parkhurst D. L. & Appelo C. A. J. 1999. User's guide to PHREEQ-C version 2) – a computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport and inverse geochemical calculations. U. S. Geological Survey Water-Resources Investigation Report 99-4259, 312 s.
- Pukančíková E. (Ed.): Burda C., Mitošinková M., Kozakovič L., Fógelová B., Uhlík J. & Szemesová J. 2008. Správa o kvalite ovzdušia a podiele jednotlivých zdrojov na jeho znečisťovaní v Slovenskej republike 2007. Bratislava, MŽP SR, SHMÚ, 90 s.
- Sluka M., Blaha J., Hladík J. & Vacata Z. 1988. Technická zpráva ze stopovacích zkoušek v Demänovské doline, měření pomocí radioaktivních indikátorů. Manuskript, ÚVVVR, Praha, 13 s. + 36 príloh.
- Sluka M. 2000. Interpretácia stopovacích skúšok v povodí Demänovky z hľadiska speleologického prieskumu. In Bella, P. Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 16. – 19. 11. 1999. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 112–119.
- Šuba J., Bujalka P., Cibulka L., Frankovič J., Hanzel V., Kullman E., Porubský A., Pospišil P., Škvarka L., Šubová A., Tkáčik P. & Zakovič M. 1984. Hydrogeologická rajonizácia Slovenska. SHMÚ, Bratislava, 308 s.
- Tereková V. 1983. Výskum Demänovskej doliny so zameraním na Demänovskú jaskyň mieru, časť Hydrogeologické a hydrogeochemické pomery. Záverečná správa za rok 1981 – 1983. ÚŠOP, Múzeum slovenského krasu a ochrany prírody Liptovský Mikuláš, 46 s.
- Vitásek F. 1937. Krasové problémy Demänové. Otisk ze sborníku IV. sjezdu československých geografů v Olomouci 1937. Vytiskla knihtiskárna Gustava Brhela v Rajhrade u Brna, 5 s.
- Vitásek F. 1938. Nové práce v Demänovských jeskyních. Zvláštní otisk ze Sborníku Československé společnosti zeměpisné v Praze, 44, 1938, 3–4, 54–59.
- Vyhlaška č. 247 / 2017 Z. z. Ministerstva zdravotníctva Slovenskej republiky, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o kvalite pitnej vody, kontrole kvality pitnej vody, programe monitorovania a manažmente rizík pri zásobovaní pitnou vodou.
- Zimák B., Zelinka J. & Štelc J. 2001. Výsledky gamaspektrometrických meraní v Demänovskej ľadovej jaskyni, Jaskyni mieru a jaskyni slobody. Záverečná správa. MS. UP Olomouc – SSJ Liptovský Mikuláš – MU Brno, Archív SSJ, 13 s.

CHEMICAL COMPOSITION OF WATER IN THE DEMÄNOVÁ CAVE OF LIBERTY (DEMÄNOVSKÁ DOLINA VALLEY, NÍZKE TATRY MTS.)

S u m m a r y

The Demänová Cave of Liberty (Demänovská dolina Valley, Nízke Tatry Mts.) is one of the famous caves in Slovakia. The cave represents a part of the underground wetland of international importance that was registered in the list of Ramsar sites on the basis of its biological and hydrological conditions and unique values. The cave is a part of the longest cave system in Slovakia. The cave is formed in the Middle Triassic limestone and dolomite of Gutenstein Formation and Ramsau Dolomite of the Krížna Nappe (Gaál, 2016; Fig. 1).

Hydrogeochemical research was realized in selected caves of the Demänovská dolina Valley in the period 2005 to 2007 within the cooperation of the Slovak Caves Administration, Institute of Geological Sciences of the Jagiellonian University, and Faculty of Mining of the University of Science and Technology. The preliminary results of the research were published in 2006 (Haviarová, 2006) and other chemical analyses were later partly evaluated by Haviarová (2012).

The paper presents the results of research in focus on the Demänová Cave of Liberty, one of the six observed caves included in the research. For the period 2005 to 2007, during various climatic and hydrological conditions on the surface, 10 sampling cycles of water were realized in the cave. Overall, 70 samples of dripping waters (10 sampling cycles from 7 different sites in the cave, sampling places no. 8 – 14 in Tab. 2, Fig. 2), 70 samples of waters from cave lakes (10 sampling cycles from

7 different cave lakes, sampling places no. 1 – 7 in Tab. 2, Fig. 2) and 10 samples of water from the underground Demänovka Stream in the Pekelný dóm Chamber (sampling places no.15 in Tab. 2, Fig. 2) were taken. Based on the results of chemical analyses waters in the cave were characterized.

Dripping waters and waters of cave lakes represent autochthonous waters that form their chemical composition in the carbonate complex. The main process of forming the chemical composition of waters is the dissolution of carbonates. The main cations of waters are calcium and magnesium, the main anions are bicarbonates (Tab. 5 and 7). The content of substances dissolved (TDS) of dripping waters ranged from $190 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ to $389 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, TDS of waters in cave lakes was in the range from $234 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ to $367 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (Tab. 6 and 8; Fig. 6). Mineralization of dripping waters similarly to their water temperature was dependent on the intensity of seepage, the thickness of the overlying bed, and speed of communication with the surface. The average temperature of dripping waters was $6.4 \text{ }^\circ\text{C}$ and $6.2 \text{ }^\circ\text{C}$ for lake waters (Tab. 5 and 7; Fig. 4). Chloride, sodium, and potassium concentrations were low in observed waters. Sulphate concentrations were low too (Tab. 5 and 7). A little higher concentrations of sulphate in waters were e.g. in Mramorové riečisko towards Veľký dóm Chamber, where Gutenstein limestones are located (Gaál, 2016). Higher concentrations of some trace elements detected in the water of cave lakes (Cu, Zn, Ni, Pb) may be related to the anthropogenous activity. Locally elevated concentrations of U in the cave waters correlate with zone characterized by higher natural radioactivity of the rock environment in the cave (Zimák et al., 2001). The waters are according to the classification of predominant ions ($> 25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \%$) Mg-Ca- HCO_3 and Ca-Mg- HCO_3 type. The rMg/rCa ratio is shifted to magnesium, exceeding 0.7 (Tab. 6 and 8; Fig. 5). On some sampling places, especially at dripping waters, the ratio rMg/rCa is significantly changed during the year (Fig. 7). Mg-Ca- HCO_3 type is dominated in the southern part of the cave and higher from Kráľova galéria Gallery to the main cave exit. Ca-Mg- HCO_3 type is more frequent from Kráľova galéria Gallery to Veľký dóm Chamber and further to Mramorové riečisko.

Saturation of the water to calcite and dolomite is relatively high for dripping waters and waters of cave lakes indicating a relatively good ability to form cave decoration. Waters are supersaturated or in equilibrium with respect to calcite and dolomite. The average SI value of dripping waters was 0.42 for calcite, 0.66 for dolomite. The average SI value of lake waters was 0.38 for calcite and 0.63 for dolomite. In the case of gypsum, the state of undersaturation applies to all cave waters.

Observed sites of autochthonous waters (dripping waters, lakes) showed only a mild spatial and temporal variability of the chemical composition of water.

The waters of the underground Demänovka from Pekelný dóm Chamber are less mineralized in comparison to the dripping waters and lake water from the cave (Fig. 6). The mineralization of sampled waters from underground Demänovka ranged from $122 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ to $220 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$, related to their different origin. The pH values (average value 7.8) and temperature values (average value $5.6 \text{ }^\circ\text{C}$) of Demänovka were lower too (Tab. 9). The main cation of waters is calcium ($21.2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ – $48.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$), the main anions are bicarbonates ($64.7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ – $102.8 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) and sulphates ($14.6 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ – $50.7 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) (Tab. 9). The waters of the underground Demänovka from Pekelný dóm Chamber represent a mix of low-mineralized allochthonous waters with higher-mineralized autochthonous waters. Besides dissolution, the silicate weathering and water mixing are the main forming processes of chemical composition of waters. According to the classification of predominant ions ($> 25 \text{ meq}\cdot\text{L}^{-1} \%$), waters of underground Demänovka are of Ca-Mg- HCO_3 - SO_4 type. The rMg/rCa ratio was lower compared to autochthonous waters with average value of 0.58. Water of underground Demänovka are undersaturated or in equilibrium with respect to calcite and undersaturated to dolomite).

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	59/2	187 – 202	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2021
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

DRAČIA JASKYŇA V SOKOLE

PAVEL HERICH

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; pavel.herich@ssj.sk
Slovenská speleologická spoločnosť – Jaskyniarsky klub Demänovská Dolina, Hlavná 91/76, 03101 Liptovský Mikuláš – Ploštín; herich@speleodd.sk
Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia, Tajovského 55, 974 01 Banská Bystrica

P. Herich: Dragon Cave in the Sokol Cliff

Abstract: Dragon Cave in the Sokol Cliff, with a length of 1.1 km and a denivelation of 51 m, represents the newest major discovery within Demänovské jaskyne Caves (Demänovská dolina Valley, Nízke Tatry Mountains). It consist of two main cave levels interconnected by narrow sloping phreatic passages remodelled under vadose conditions. These two levels represent the uppermost lying cave levels in the Demänovská dolina, however, with respect to other levels they are situated on the opposite (left) side of the valley. Within the lower level we have found a significant amount of cave bear bones without any previous direct human impact, therefore the cave represents an important paleontological site of the Slovakia. Traces of different paleoclimatic conditions in the cave and its surrounding are represented by extensive cryogenetic damage of speleothems. We have found 11 sites of cryogenic cave calcite (CCC) in the upper level as well. To large population of Chiroptera in the past are refering partly recrystalised remnants of guano deposits in several parts of the lower level, phosphate mineralisation on cave walls and corrosion of calcite speleothems by bat guano. At present only a few bat individuals have been found in the cave, as well as some troglobionts, troglaphiles and parietal fauna.

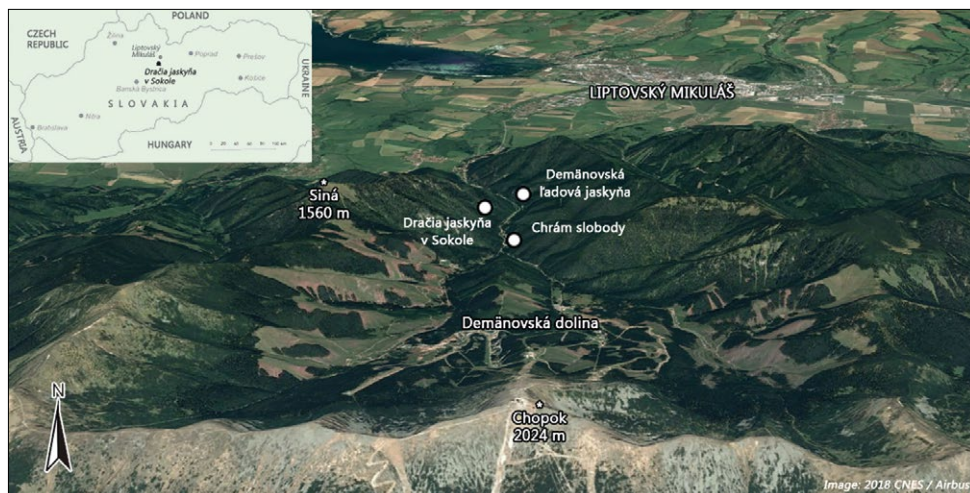
Key words: Demänovské jaskyne Caves, pre-Quaternary river cave, cave level, cave bear bones

ÚVOD

S vyše ročným odstupom od objavu jaskyne Chladivý dych (Herich, 2018a) sa členom Jaskyniarskeho klubu Demänovská Dolina podarilo prekopat' do ďalšej, novej demänovskej jaskyne nazvanej Dračia jaskyňa v Sokole (Herich, 2018b, 2019). V predkladanej práci prinášame súhrn prvotných poznatkov o geologických súvislostiach, morfológii a genéze jaskyne so zaradením do systému jaskynných úrovní v Demänovskej doline, taktiež prehľad rôznych typov sedimentárnych a biogénnych výplní, mikroklimatických podmienok, hydrologických javov a súčasnej bioty jaskyne.

ZÁKLADNÉ ÚDAJE

Dračia jaskyňa v Sokole (registrovaná v Štátnom zozname jaskýň SMOPaJ pod číslom 6242) sa nachádza v ľavej strane Demänovskej doliny, v masíve Veľkého Sokola. Jej pôvodne zavalený vchod má južnú až juhovýchodnú orientáciu a nachádza sa v nadmorskej výške 955,2 m (m. b. 0; mapová príloha). Dĺžka jaskyne dosahuje 1110 m s deniveláciou



Obr. 1. Poloha Drače jaskyne v Sokole.

Fig. 1. Location of the Dragon Cave in Sokol Cliff.

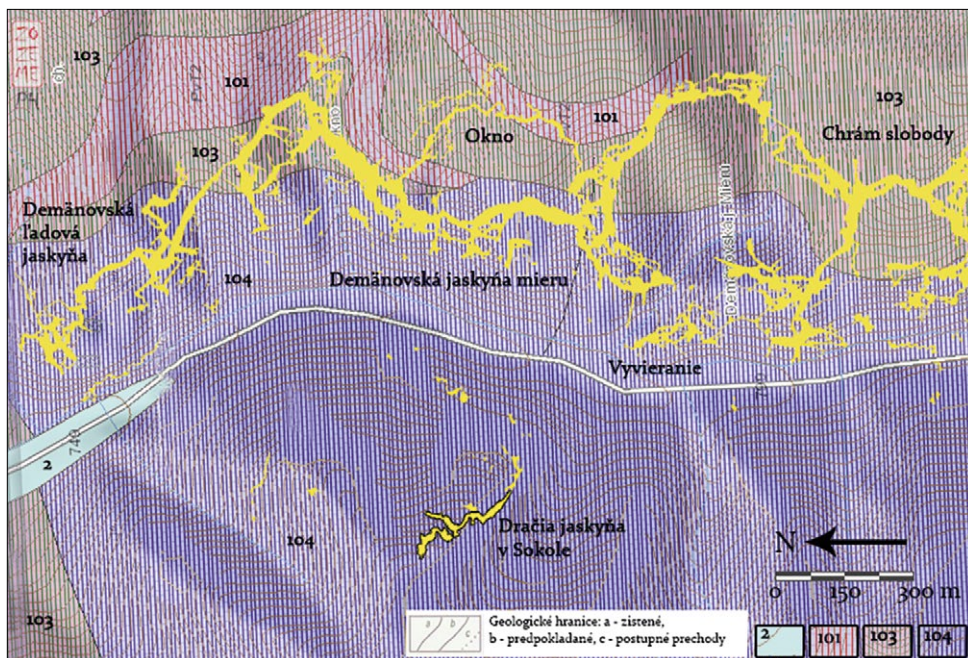
51 m (k 1. júlu 2020). Spodná úroveň je bez bočných vetiev dlhá 228 m (celková dĺžka aj s Medzisieňou je 510 m). Horná úroveň od miesta objavy má celkovo 600 m a dĺžka osí jej chodieb je 146 m. V Jaskyni v Sokole je táto úroveň dlhá 92 m. Približný objem jaskynných priestorov je 9096 m^3 , plocha asi $13\,185 \text{ m}^2$ a nachádza sa v kvádri s rozmermi $220 \times 140 \times 51 \text{ m}$.

GEOLOGICKÁ STAVBA

Jaskyňa je vytvorená v sivých až čiernych lavicovitých stredotriasových vápencoch a dolomitoch gutensteinského súvrstvia fatrika (obr. 2). Medzi m. b. 28 a 29 v strope hlavnej chodby (obr. 3) vystupujú tmavosivé rohovce, ich výskyt vplyvom vrstiev uklonených na SV končí za m. b. 36. Nadložne nad nimi, v okolí m. b. 48 je možné pozorovať organogénne vrstvy (v nadmorskej výške 952 m) s jemnozrnným detritom.

Tieto vrstvy sa nachádzajú až 120 m hlboko pod šikmo ukloneným vrcholovým plateau Veľkého Sokola, kde sa nachádza jaskyňa Hámrik (priamo nad m. b. 9 Jaskyne v Sokole, vo výške 1070 m n. m.), v ktorej sme našli lumachely lastúrnikov. Veľké vertikálne rozpätie medzi týmito organodetritickými vrstvami masívu Sokola môže naznačovať nelinearitu Gaálom a Michalíkom (2017) načrtnutého vývoja gutensteinského súvrstvia.

Väčšinu priestorov Drače jaskyne predurčili diskontinuity, s výnimkou oblasti parageneticky modelovanej Kostnej plazivky (m. b. 24 – 30, obr. 4) a niekoľkých ďalších úsekov laterálne rozšírených, nízkych chodieb hornej úrovne (okolie m. b. 155, 173, 179, 190), ktoré boli prvotne predisponované medzivrstevnými plochami. Spodná úroveň jaskyne je v smere od vstupu vytvorená na šikmo uklonených diskontinuitách smeru JV – SZ, za Perlovou riečkou je kolmo na ňu orientovaná do 10 m vysoká puklinovitá chodba s vyústením do horných partií, záverečná časť sa mierne odchyľuje od jej smeru na SSV – JJZ. Horná úroveň, rovnako ako Jaskyňa v Sokole, je predisponovaná najmä diskontinuitami JV – SZ a SV – JZ. Smerovanie záverečnej časti jaskyne za Sieňou starých dní navyše ovplyvnila vertikálna porucha smeru V – Z. Vrstevnatosť karbonátov sa v jaskyni prejavila najmä v meandrujúcich, klesajúcich chodbách vadózneho pôvodu. K zrúteniu vstupného portálu došlo vplyvom odlučnosti po vrstevných plochách a šikmo uklonenej diskontinuity.



Obr. 2. Jaskynné priestory na výreze geologickej mapy so zvýraznením Dračej jaskyne v Sokole (Biely Ed., 1992; doplnil P. Herich). Vysvetlivky: 2 – fluviaľné nívne hliny (podradne piesčité) alebo štrkovité hliny súčasných dolinných nív a nívnych kuželov; 101 – čierne doskovité vápence (ladin – karn); 103 – ramsauské dolomity (anis – karn); 104 – gutensteinské súvrstvie: sivé až čierne vápence s polohami dolomitov.

Fig. 2. Cave spaces on geological map with the highlighted the Dragon Cave in the Sokol Cliff (after Biely Ed., 1992; modified by P. Herich). Explanations: 2 – fluvial flood loams (rarely sandy loams) or gravelly loams of the recent flood plains and the flood fans; 101 – black bedded limestones (Ladinian – Carnian); 103 – Ramsau Dolomites (Anisian – Carnian); 104 – Gutenstein Formation: gray to black limestones with dolomite layers (Anisian).

MORFOLOGIA A GENÉZA JASKYNE

Jaskyňu generálne tvoria dve úrovne, horná (Sieň s veľkým blokom, Sieň starých dní, Sieň G. Buchholtza) a spodná (Udiareň, Perlová riečka, Kostná plazivka, vchod jaskyne), ktoré sú prepojené šikmo uklonenými menšími chodbami, miestami rozšírenými (Medzisieň).

Horná úroveň (spolu s vrchnými časťami Jaskyne v Sokole) predstavuje staršiu fázu vývoja jaskyne, vyznačujúcu sa mierne väčšími a vertikálne členitejšími priestormi (do 15 m šírky aj výšky) ale s veľmi premenlivým priebehom (striedanie nízkych a širokých chodieb so sieňami prevažne vertikálneho charakteru).

Spodná úroveň jaskyne je tvorená viac-menej jednoduchou, riečnou horizontálnou chodbou približne polovičných dimenzií (väčšinou do 8 m výšky i šírky) s vyrovnaným priebehom, okrem sifónálneho zníženia v priestore Kostnej plazivky. Tu je zjavná paragenetická (zarovnávanie stropu odspodu nahor) a laterálna modelácia chodby a preto predpokladáme, že značná časť pôvodných priestorov spodnej úrovne je zasedimentovaná, vstupná časť po Kostnú plazivku je navyše zanesená autochtónnym materiálom z povrchu. Úrovňová chodba je ukončená mohutným sintrovým nátekom, za ktorým predpokladáme jej pokračovanie (najviac však do dolinky Korenec, obr. 5).

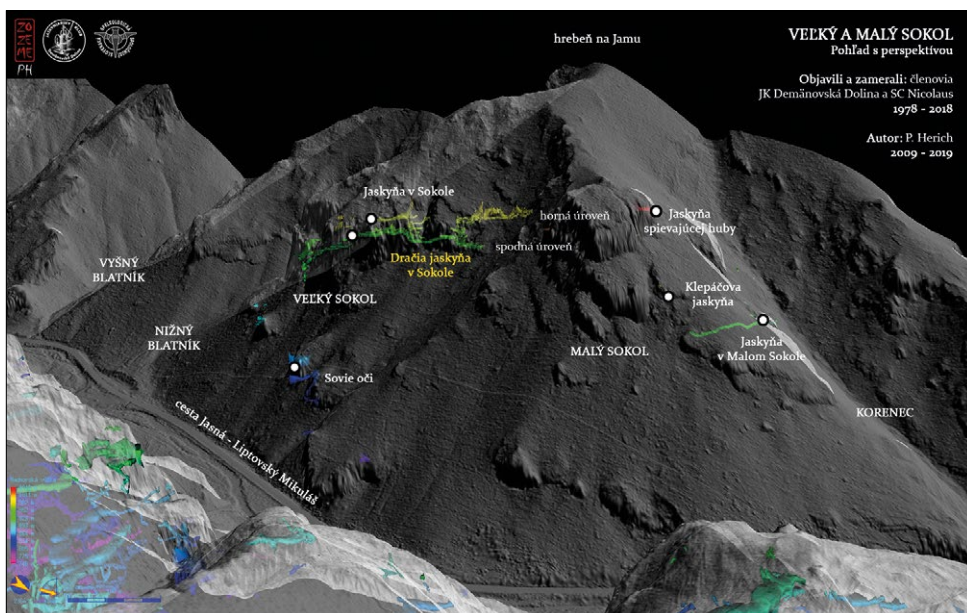


Obr. 3. Chodba hlavného ťahu spodnej úrovne jaskyne (pri m. b. 29). Foto: I. Šulek ml.
 Fig. 3. Main passage of the lower level of the cave (near the measuring point 29). Photo: I. Šulek jr.



Obr. 4. Laterálne rozšírená Kostná plazivka na spodnej úrovni. Foto: R. Shen
 Fig. 4. Laterally enlarged Kostná plazivka Passage in the lower cave level. Photo: R. Shen

Medzisieň a labyrintové priestory nad ňou tvoria čiastočne zasedimentované zvyšky freatických chodieb (už súčasť hornej úrovne) remodelovaných vo vadóznych podmienkach a vadózne meandre, ktoré boli následne až po strop vyplnené riečnymi sedimentami s vytvorením paragenetických nadsedimentových anastomóz. Sieňovité zväčšenie chodby s výraznou sintrovou výzdobou okolo m. b. 146 (Sieň G. Buchholtza, obr. 6) predstavuje najväčší priestor jaskyne so znakmi freatického a viacfázového epifreatického vývoja. Náznak horizontu pozorujeme medzi m. b. 163 – 188, no predovšetkým v laterálne rozšírenej, nízkej chodbe so zarovnaným stropom medzi m. b. 161 – 186, ako aj 195 – 203. Rúťivá Sieň starých dní je charakteristická mohutnými zvyškami kalcifikovaných pieskových sedimentov ako pozostatkom staršej allochtónnej výplne, nasledujúce chodby a priestory (od m. b. 195) sú vytvorené na diskontinuitách najmä vo freatických podmienkach, ktoré aj udávajú celko-



Obr. 5. Jaskyne v bralách Veľký a Malý Sokol. Autor: P. Herich
 Fig. 5. Caves of the Veľký and Malý Sokol cliffs. Author: P. Herich

vý ráz priestorov. Medzi m. b. 239 – 238 sa objavuje krátky meandrujúci úsek chodby s facetami (angl. *scallops*) indikujúcimi smer prúdenia podzemných vôd priamo na Z. Ukončenie známych častí jaskyne predstavuje sústava freaticky rozšírených a čiastočne remodelovaných vertikálnych diskontinuit SV – JZ smeru. Predpokladáme, že odtiaľto jaskyňa pokračuje generálne na sever pod nánosom piesčitých sedimentov, ktoré dosiaľ neboli evakuované do nižšie položených častí jaskyne.

Na vytváraní jaskyne mali rozhodujúcu úlohu alochtónne vodné toky pochádzajúce z kryštalinika Nízkych Tatier, v klesajúcich meandroch hornej úrovne nachádzame žulové okrúhliaky do priemeru 10 cm. Výskyt slabšie opracovaných karbonátových štrkov do priemeru 15 cm (premiešané s alochtónnym materiálom, obr. 7A) dávame do súvisu s lokálnym transportom vodnými tokmi Nižného Blatníka, prípadne Vyšného Blatníka a Radovej dolinky.

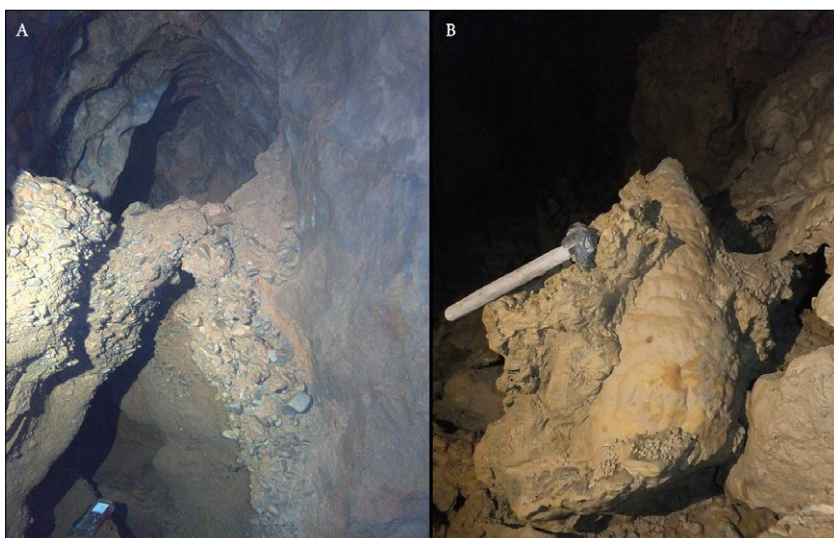
Zložitosť vývoja jaskyne však naznačujú sedimentárne výplne hornej úrovne – v Sieni starých dní je viacero balvanov do



Obr. 6. Sieň G. Buchholta na hornej úrovni predstavuje najväčší priestor Dračej jaskyne. Foto: P. Herich
 Fig. 6. G. Buchholtz's hall, the largest space of Dragon Cave in the upper level. Photo: P. Herich

veľkosti cca 1,5 m, ktoré vznikli kalcifikáciou (zrejme zo skvapovej vody) hrubej vrstvy ílovitého až piesčitého (alochtonného) sedimentu. V jednom takomto bloku sme pozorovali úlomok pagody s rozmermi cca 25 × 60 cm (obr. 7B). Predpokladáme, že pôvodne narástla vo vyprázdnenom priestore, ktorý bol neskôr zanesený jemnozrnným alochtonným (povodňovým) materiálom pri krátkodobom (pravdepodobne opakovanom) vzduť hladiny podzemných vôd. Nasledovalo dlhšie, neprerušované obdobie kalcifikácie sedimentov. Následný odnos neviazaných sedimentov prostredníctvom menších, lokálnych a občasných tokov postupne obnažila spevnené časti sedimentu (niektoré boli následne gravitačne rozlamané) do podoby, v akej ich nachádzame dnes.

Názznaky najmladších procesov vývoja jaskyne ilustruje zrútený vchod a pozícia kostí pleistocénnej fauny (*Ursus ex gr. spelaeus*) pod viacerými blokmi – stropnými opadmi v rámci celej spodnej úrovne (pri m. b. 29, medzi m. b. 38 – 39). Bývalé pozície blokov na strope úrovne a ich riečna modelácia naznačujú, že k rúteniu tu došlo len jediný raz v rámci inaktívnej (senilnej) fázy vývoja jaskyne. Predpokladáme, že rútenie mohlo súvisieť s posledným glaciálnym maximom (pred asi 25-tisíc rokmi) resp. mimoriadnou seizmickou aktivitou.



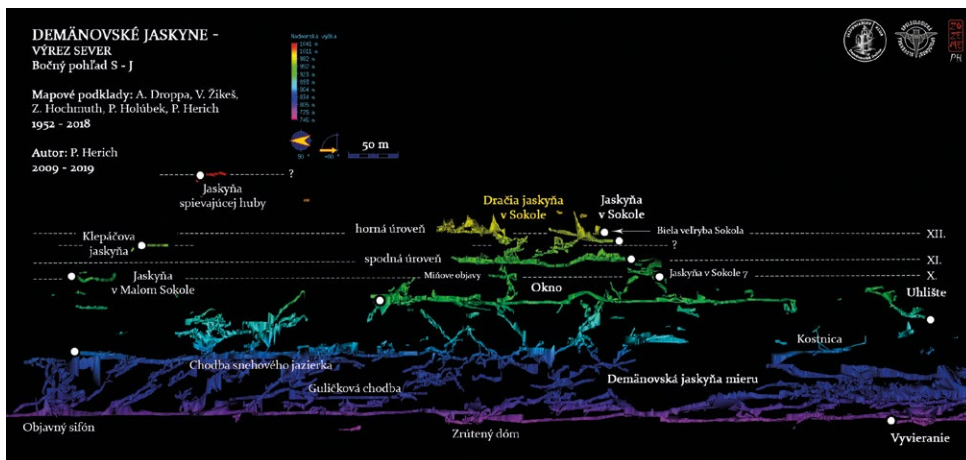
Obr. 7. Zvyšky fluviálnych zmiešaných alochtonných aj autochtonných piesčito-štrkových sedimentov v čiastočne evakuovanej chodbe pri m. b. 133 (A), úlomok pagody ako súčasť bloku zasintrovaných jemnozrnných sedimentov (B). Foto: P. Herich

Fig. 7. Residuum of the mixed fluvial allochthonous as well as autochthonous sand to debris sediments in the partly evacuated passage near the measuring point 133 (A), block of calcified fine-grained sediments with the fragment of pagoda (B). Photo: P. Herich

Zaradenie do systému jaskynných úrovní

Dračia jaskyňa v Sokole, vymedzená spodnou a hornou úrovňou, ktorej súčasťou sú aj horné priestory Jaskyne v Sokole, je vzhľadom na svoju výškovú pozíciu a aj napriek polohe na ľavej strane doliny genetickou súčasťou systému epifreatických úroňových chodieb Demänovských jaskýň (obr. 8).

V Demänovskej doline bolo dosiaľ vyčlenených 10 jaskynných úrovní v nadväznosti na morfostratigrafiu terasového systému na Slovensku (Droppa, 1972; Bella et al. 2011, 2014). Jaskyne, reprezentujúce svojimi priestormi pleistocénny systém úrovní I. – IX.



Obr. 8. Bočný pohľad na severnú časť systému Demänovských jaskýň so znázornením jeho najvyšších úrovní. Autor: P. Herich

Fig. 8. The side view of the northern part of the Demänová cave system with highlighted its uppermost levels. Author: P. Herich

vo výškovej polohe 0 – 150 m nad „riečiskom v úseku poniže vyvieracky“ (Bella et al., 2011) sa bez výnimky nachádzajú na pravej strane doliny Demänovky a Zadnej vody. Až X úroveň (vývojom zaradovaná na rozhranie pliocénu/pleistocénu) predstavuje Jaskyňa v Malom Sokole vytvorená na ľavej strane dolnej časti Demänovskej doliny v nadmorskej výške 930 – 935 m. V rámci rekonštrukcie vývoja georeliéfu Demänovských vrchov Bella a Holúbek (2003) upozorňujú aj na Jaskyňu na terase v Malom Sokole (Jaskyňa spievajúcej huby) v nadmorskej výške 1037 m, ktorej horné chodby považujú za „fragmenty fluvio-krasovej modelácie vytvorené viac-menej v nadväznosti na laterálnu eróziu širokého dna paleodoliny Demänovky v pliocéne“.

Objav Dračej jaskyne v Sokole a rozsiahle meračské práce v Demänovskej doline uplynulých rokov (Herich, 2017) dopĺňajú a rozširujú doterajšie poznatky aj o najvyšších jaskynných úrovniach Demänovských jaskýň, ktorých súhrn uvádzame v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Priestorové vymedzenie najvyšších jaskynných úrovní v Demänovskej doline.

Table 1. Spatial distribution of the uppermost cave levels in the Demänovská dolina Valley.

Označenie	Nadmorská výška v m	Priestorové vymedzenie
X	960 (?); 939 – 930	Chodba pokazených karbidiek (?) v Pustej jaskyni, horizontálny úsek Miňových objavov v jaskyni Okno, Jaskyňa v Sokole 7 (?), Jaskyňa v Malom Sokole
XI	955 – 946	Jaskyňa v Sokole 1 (?), spodná úroveň Dračej jaskyne v Sokole
?	~ 966	Klepáčova jaskyňa
XIIa	~ 972	vstupná chodba Jaskyne v Sokole s pokračovaním na SZ, chodby nad Medzisieňou Dračej jaskyne v Sokole
XIIb	~ 979	Biela veľryba Sokola, horná chodba nad stupňom Jaskyne v Sokole, podlaha hornej úrovne Dračej jaskyne v Sokole
XIIc	~ 985	vrchná časť hornej chodby Jaskyne v Sokole, vyvýšené horizonty hornej úrovne Dračej jaskyne v Sokole
?	1065 – 1058; 1037	Jaskyňa pod Stodôlkou, Jaskyňa spievajúcej huby



Obr. 9. Horná chodba Jaskyne v Sokole.

Foto: P. Herich

Fig. 9. Upper Passage of the Cave in the Sokol Cliff. Photo: P. Herich

najnižšie. V rámci *stupňa c* sa vodný tok dostával sifónalnym prúdením cez terajší vchod Jaskyne v Sokole, kde v priestore nad m. b. 6 – 7 a 45 laterálne rozšíril Hornú chodbu (obr. 9); ďalšiu voľnú hladinu dosiahol v hornej úrovni Dračej jaskyne, od Siene G. Buchholtza (bočné zárezy v nadmorskej výške 985 m) po Sieň starých dní a v okolí Siene s veľkým blokom. V *stupni b* pokračovalo paragenetické zarovnávanie spodného ohybu sifónu terajšieho vstupu Jaskyne v Sokole, v epifreatických podmienkach sa dotváralo dno Hornej chodby; vytvárali sa laterálne rozšírené chodby na dne hornej úrovne Dračej jaskyne. K tomuto vývojovému štádiu prislúcha aj jaskyňa Biela veľryba Sokola (obr. 10), ktorú predstavuje 13 m dlhý fragment horizontálnej, laterálne rozšírenej chodby (vo výške zhodnej so zárezom v Dračej jaskyni) nachádzajúci sa na terase východnej steny Veľkého Sokola (dostupnej len lezeckým spôsobom). Facety v jaskyni indikujú prúdenie paleotokov smerom na ZSZ, teda k Dračej jaskyni. V *stupni a* prebehlo zahĺbenie vstupnej chodby Jaskyne v Sokole (vznikol 2 m vysoký skalný stupeň pred Hornou chodbou) s vytvorením priameho (dnes zasedimentovaného) pokračovania (popod komín m. b. 45 – 46) na SZ smerom do Dračej jaskyne (priestory nad Medzisieňou).

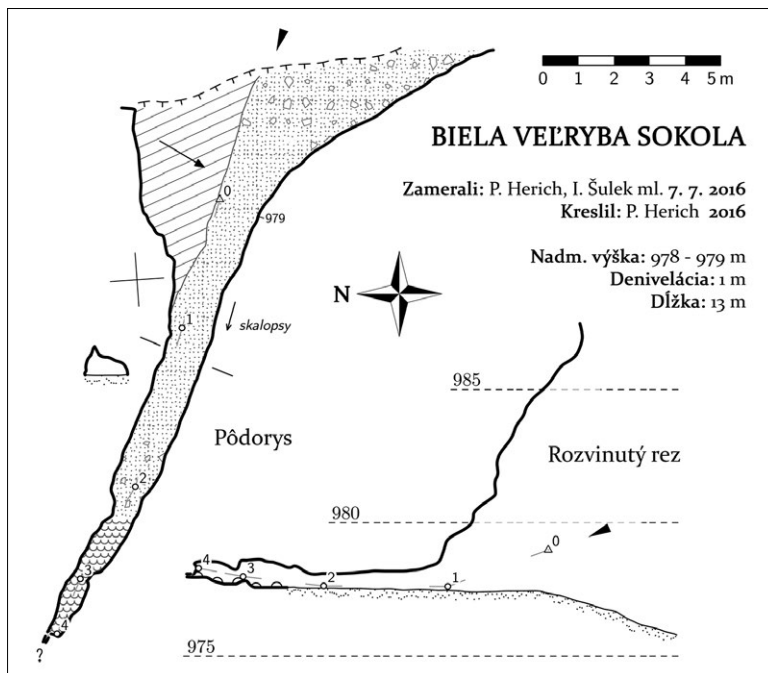
Za v súčasnosti najvyššie známe jaskyne s horizontálnym priebehom (pravdepodobne odrážajúce piezometrický povrch podzemných vôd rovnakého obdobia) považujeme **Jaskyňu pod Stodôlkou** v nadmorskej výške 1065 – 1058 a 2,5 km severnejšie (v smere dole dolinou) **Jaskyňu spievajúcej huby** v nadmorskej výške 1037 m. Úrovňová chodba Mošnickej jaskyne (nachádza sa v susednej, rovnomennej doline) s dĺžkou 357 m (Droppa, 1950) je v nadmorskej výške približne 1060 m, teda zhodne s Jaskyňou pod Stodôlkou.

X. úroveň: Chodbu pokazených karbidiek Pustej jaskyne sem zaraďujeme pre jej polohu nad hornou úrovňou Pustej jaskyne (cca 20 m; IX. úroveň – Bella et al., 2011), ktorú korelujeme s horizontálnou chodbou Okna. Približne 20 – 25 m nad ňou sa nachádza krátky horizontálny úsek v Miňových objavoch (~935 m n. m.). 2 m vyššie a na ľavej strane Demänovskej doliny je prevažná časť 90 m dlhej Jaskyne v Sokole 7, vo výške 935 – 930 m sa nachádza 106 m dlhá Jaskyňa v Malom Sokole.

XI. úroveň: krátka, vykopaná Jaskyňa v Sokole 1 sa nachádza na terase brala Veľký Sokol v nadmorskej výške 953 – 951 m, čo zodpovedá spodnej úrovni Dračej jaskyne (955 – 946 m n. m.) v päte toho istého brala.

Kontextu úrovni masívu Sokolov a príhľadnej Demänovskej doliny sa vymyká viac-menej horizontálna **Klepáčova jaskyňa** dlhá 40 m (966 m n. m.), ku ktorej zatiaľ nevieme priradiť žiadne ďalšie horizontálne úseky jaskýň, možno s výnimkou chodieb medzi m. b. 33 – 40 Jaskyne v Sokole (mapová príloha).

XII. úroveň (stupne a, b, c): predpokladáme, že vývoj jednotlivých stupňov prebiehal od najvyššie položených priestorov jaskýň po



Obr. 10. Mapa jaskyne Biela veľryba Sokola. Autor: P. Herich
 Fig. 10. Speleological map of the Biela veľryba Sokola Cave. Author: P. Herich

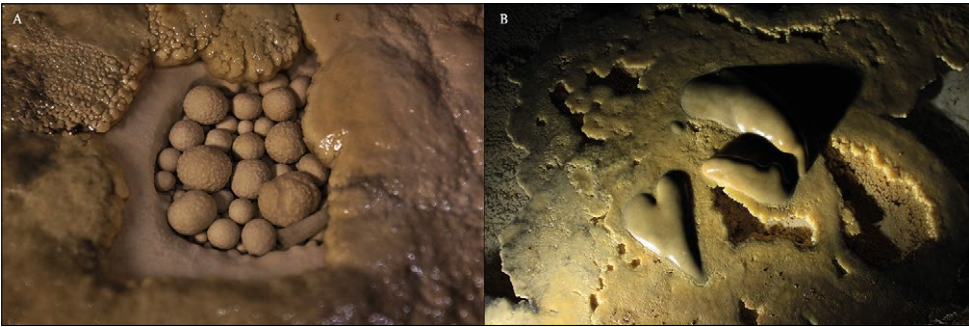
KLASTICKÉ A CHEMOGÉNNE SEDIMENTY

Autochtónne výplne. V jaskyni sa vyskytujú rôznorodé formy chemogénnych výplní charakteristických pre Demänovské jaskyne. Mohutné sintrové náteky šikmých až vertikálnych stien a podláh nachádzame v mnohých priestoroch jaskyne, pričom najmä na spodnej úrovni (najviac v úseku od vchodu po Kostnú plazivku, s výnimkou stúpajúcich odbočiek, kde sa nachádzajú mladšie náteky a kvaple) sú silne porušené prasklinami. Menšie formy sintrových útvarov sú zastúpené o. i. palicovitými stalagmitmi, brčkami, pizolitmi, závesmi a pagodami, konulitmi, sintrovými jazierkami (so zasintrovanými pleistocénnymi kosťami) a hrádzkami s jaskynnými perlami (aj netradičnými „bodkovanými“ perlami; obr. 6, 11 a 12). Na hornej úrovni nachádzame neporušené, mohutné sintrové útvary stien chodieb, na rozdiel od spodnej úrovne sa tu zrejme kryogénna deštrukcia prejavila iba na jemnejších formách výzdoby (sintrové závesy, kvaple). V rôznych výškových a priestorových pozíciách hornej úrovne nachádzame celkovo 11 miest výskytu kryogénnych kalcitových kryštálov (CCC), na spodnej úrovni sme našli len recentné kryogénne prášky, tunajší výskyt CCC mohol byť zakrytý činnosťou pleistocénnej fauny v jaskyni. Mäkký sinter (*Lac lunae*, *moonmilk*) sa vyskytuje vo väčšom množstve len za vchodom, pozdĺž občasného toku medzi m. b. 3 – 5 a pri m. b. 7 a 8, ďalej tvorí len tenkú vrstvu na stenách a strope jaskyne. V celej jaskyni pozorujeme aspoň dve generácie sintrových útvarov, staršia je značne rozlámaná a časť z nej tvorí štrkovú vrstvu dna chodieb (úsek od vchodu po Kostnú plazivku; obr. 13).

Gravitačné klastické sedimenty sú prítomné predovšetkým vo vstupných častiach jaskyne, vo forme roztrúsených blokov na spodnej úrovni. Väčšie blokoviská sú na hornej úrovni (Sieň starých dní a Sieň s veľkým blokom).



Obr. 11. Stenové sintrové náteky v Sieni s veľkým blokom. Foto: I. Šulek ml.
 Fig. 11. Flowstones in the Sieň s veľkým blokom Hall. Photo: I. Šulek jr.



Obr. 12. Vzácné „bodkované“ perly (A), sintrové jazierka a hrádzky (B) spodnej jaskynnej úrovne.
 Foto: I. Šulek ml., P. Herich
 Fig. 12. Rare “dot” cave pearls (A), rimstone pools (B) of the lower cave level.
 Photo: I. Šulek jr., P. Herich



Obr. 13. Úsek chodby na spodnej úrovni (medzi m. b. 17 a 24) so zázornením predpokladaného rozsahu starej generácie sintrových nátekov. Foto: L. Kubičina
 Fig. 13. A part of the lower cave level passage between the measuring points 17 and 24 with a marked presumed extend of the old generation of flowstones. Photo: L. Kubičina

V sedimentárných profiloch čiastočne evakuovaných chodiieb nachádzame aj autochtónne fluvialne štrčky (do veľkosti 15 cm) vmiešané do alochtónnych sedimentov (napr. v labyrinte nad Medzisienu, obr. 7A).

Alochtónne výplne sú na spodnej úrovni viditeľné vo forme žulových pieskov v okolí Perlovej riečky, zrejme boli redeponované z hornej úrovne (a Medzisiene). Ílovito-hlinité sedimenty sú prítomné v okolí m. b. 37 – 41 spodnej úrovne, v Medzisienu a hornej úrovni sa vyskytujú skôr hlinito-piesčité sedimenty. V labyrinte od Medzisiene po Sieň G. Buchholtza v obnažených profiloch vadóznych chodiieb nachádzame aj žulové okruhliaky do veľkosti 10 cm, prevažujú však veľkosti okolo 4 cm (platí aj pre karbonátové, menej opracované štrčky; obr. 7A). Veľké akumulácie alochtónnych pieskov nachádzame na celej hornej úrovni; značný objem bol ale z týchto miest už evakuovaný, o čom svedčia bloky kalcifikovaných pieskov v Sieni starých dní.

BIOGÉNNE VÝPLNE

Pozostatky v minulosti pravdepodobne rozsiahlych guánových akumulácií nachádzame najmä v okolí m. b. 37 až 42 vo forme fosfátových povlakov (s plochou rádovo v m²), medzi m. b. 36 – 37 sa vyskytujú zvyšky vrstevnatého, vyše 10 cm hrubého guánového sedimentu. Predpokladáme, že s ním súvisia aj úlomky spevnených tmavých „čokoládových“ ílov (okolie m. b. 38). Na uvedených miestach tiež pozorujeme výraznú koróziu starých sintrových útvarov spôsobenú agresívnymi guánovými zlúčeninami (obr. 14). Medzi Kostnou plazivkou



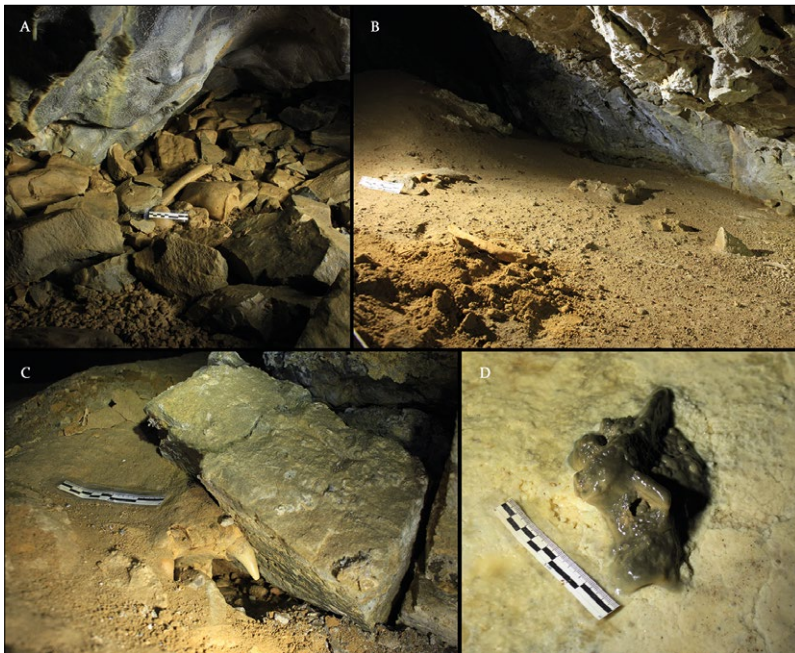
Obr. 14. Stopy starých guánových akumulácií v okolí m. b. 38 – 40: fosfátové povlaky (A); zvyšok starej guánovej kopy (B); úlomky „čokoládových“ ílov (C, D); znaky guánovej korózie na hrubých sintrových nátekokoch (E). Foto: P. Herich a M. Orvošová

Fig. 14. Traces of old guano deposits near the measuring points 38 – 40: phosphate coatings (A); residuum of old guano mound (B); fragments of “chocolate” clays (C, D); signs of corrosion by bat guano on thick flowstones (E). Photo: P. Herich and M. Orvošová

a Perlovou riečkou nachádzame dosiaľ neskúmaný jemnozrnný sediment s organickými zvyškami.

Paleontologické a osteologické nálezy

Z regionálneho hľadiska je významný nález 14 lebiek (rôznych veľkostí do cca 45 cm) a množstva ďalších kostí priradovaných (predbežne určil T. Čeklovský zo Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva) k vyhynutému *Ursus ex gr. spelaeus* v jaskyni. Od vchodu po Kostnú plazivku nachádzame kosti veľmi krehké a zvetrané, zrejme vplyvom nestálej vlhkosti a prúdenia studeného vzduchu z povrchu v zimnom období. Kostry nie sú v jaskyni uložené vcelku, roztrúsené jednotlivé kosti nachádzame takmer po celej spodnej úrovni (obr. 15) aj vo vyvýšených pozíciách nad dnom chodieb, či vmiešané do podlahových sedimentov. Toto môže byť následok soliflukčných a kryogénnych procesov, lokálneho zaplavenia jaskyne alebo aj aktivity (roznos kostí) samotných jedincov *Ursus ex gr. spelaeus* či napr. druhu *Crocota crocota spelaea* (hyeny jaskynnej). Vyskytujú sa tu aj menšie medvedie zrkadlá, medzi m. b. 9 až 25 (hladké časti stien aj balvanov), najvýraznejšie sú pri m. b. 10 a na ohybe chodby medzi m. b. 17 – 25. Zavalenie vchodu jaskyne, či už postupné alebo náhle, znemožnilo ďalšie využívanie jaskyne pleistocénnou megafaunou.



Obr. 15. Kostrové ostatky pravdepodobne *Ursus spelaeus* na konci spodnej úrovne, vmiešané do štrkovo-hlinitého sedimentu, vedľa mierky (10 cm) horná časť lebky a časť dlhej kosti (A); pôvodný stav povrchu sedimentov Kostnej plazivky pri m. b. 28: naľavo fragment ľavej spodnej čeľuste, v strede časť panvy (pravdepodobne druh *Ursus spelaeus*) (B); lebka *Ursus spelaeus* pod skalným blokom stropného opadu pri m. b. 29 (C); zasintrovaná časť chrbtice medzi m. b. 36 a 37 (D). Foto: P. Herich

Fig. 15. Probably *Ursus spelaeus* bones at the end of the lower cave level mixed into clay to debris sediment, the upper part of skull and part of long bone (*ossa longa*) is visible near the scale (10 cm) (A); the original sediment surface near the measuring point 28: a part of the mandible on the left, a part of the pelvis (probably of *Ursus spelaeus* sp.) in the middle (B); the skull of *Ursus spelaeus* under the rock block of ceiling breakdown near the measuring point 29 (C); a part of the backbone covered by flowstone between the measuring points 36 and 37 (D). Photo: P. Herich

Vo vstupných častiach jaskyne (medzi m. b. 2 a 3, ako aj 24 – 25) tiež nachádzame niekoľko recentných kostí bližšie neurčených bylinožravcov. Kostry menších stavovcov sa vyskytujú po celej jaskyni, na Dolnej úrovni bol určený nález *Clethrionomys glareolus* (hrdzač lesný), v hornej úrovni kostra *Myotis bechsteinii* (netopier veľkouchý) (Zavřel, 2019), no systematický zber sa tu dosiaľ nerealizoval.

HYDROLOGICKÉ JAVY

V jaskyni nachádzame viacero, prevažne plytkých sintrových jazier a občasný vodný tok. V hornej úrovni sa vyskytuje jediné jazierko s plochou 0,5 m², na hlavnom ťahu spodnej úrovne je 7 jazier prevažne pozdĺžneho tvaru s hĺbkou do 0,5 m a plochou do 20 m² (prerušované sintrovými hrádzkami). Plocha najmä väčších a plytkých jazier sa mení podľa hydrologickej situácie na povrchu. V dňoch 2. a 3. februára 2019 sme pri rýchlom topení snehu medzi m. b. 5 až 3 pozorovali vodný tok o výdatnosti približne 0,3 l/s, postupným ponáraním sa do štrkových sedimentov vytváral medzi m. b. 3 a 9 jazierko plochy 1 m² a odtekal kolmo na stenu chodby na SV.

JASKYNNÁ KLÍMA

Jaskyňa je súčasťou väčšieho dynamického systému prúdenia vzduchu a jej súčasný vchod sa správa ako jeho spodný otvor, t. j. v letnom období z neho jaskynných vzduch vychádza a počas zimy je studený vonkajší vzduch výrazne nasávaný do jaskyne. Režim prúdenia závisí od vonkajšej teploty vzduchu s určitou dynamickou zotrvačnosťou v rozmedzí teplôt približne 8 – 0 °C. Z kontinuálnych meraní teploty vzduchu z teplej polovice roka 2019 a takmer ročných meraní z rokov 2020 – 2021 vyplýva, že vstupné časti jaskyne do hĺbky rádovo desiatok metrov od vchodu sú ovplyvnené letnými teplotnými výkyvmi (tabuľka 2) aj napriek tomu, že prúdenie pebieha v smere von z jaskyne.

Tabuľka 2. Teplota vzduchu v jaskyni.

Table 2. Air temperature of the cave.

Miesto merania	Vonkajšia teplota vzduchu [°C]	Teplota vzduchu v jaskyni [°C]	Dátum
m. b. 89 (prievan pred vchodom)	24	8,3*	13. 8. 2018
m. b. 89	24	8,0*	17. 8. 2018
m. b. 32 (prievan zhora)	25	6,8*	23. 8. 2018
m. b. 36	25	6,7*	23. 8. 2018
m. b. 195	0	6,3**	11. 2. 2019
m. b. 2 (4 m od povrchu, nad dnom)	~ 25 až 8	7,1 – 7,9**	16. 7. – 5. 10. 2019
m. b. 14 (43 m od vchodu, pod stropom)	~ 25 až -20	7,1***	25. 6. 2020
		7,6***	16. 10. 2020
		7,2***	9. 3. 2021
m. b. 22 (56 m od vchodu, pod stropom)	~ 25 až -20	7,1***	25. 6. 2020
		7,2***	23. 11. 2020
		7,0***	9. 3. 2021

* merané teplomerom Hanna Checktemp 4C s presnosťou ±0,3 °C; ** merané dataloggerom Comet S3120 s presnosťou ±0,4 °C; *** merané Solinst Barologger 5 Model 3001 s presnosťou ±0,05 °C

Rozdielne výsledky (najmä expedičných) meraní treba overiť dlhodobými pozorovaniami. Z doterajších meraní vyplýva, že teplota vzduchu v jaskyni sa pohybuje okolo 6,8 – 7,2 °C s výnimkou prechodných vchodových zón.

Jaskynný prievevanie v smere od vchodu (v zimnom režime) sa rozdeľuje v priestore Perlovej riečky (od vchodu potiaľto spôsobil rozbrázdenie povrchu stien jaskyne procesom kondenzačnej korózie) a minoritne pokračuje spodnou úrovňou až do Udiarne, kde sa tráti v úžinách za ňou. Slabý prievevanie je možno aj v komíne medzi m. b. 39 a 40. Väčšina prievevanu jaskyne smeruje nahor do Medzisiene a do úzkej chodby m. b. 31 – 33. V meandri nad Medzisienu (m. b. 67 – 98) sa pôvodne strácal pri m. b. 98 a po prekonaní prekážky za m. b. 101. Po prekopení zasintrovaného stropu nad m. b. 98 prúdenie podstatne zosilnelo, jeho väčšia časť smeruje k m. b. 110 a ďalej do hornej úrovne, menšia časť smeruje k m. b. 104 – 109 (tu však predpokladáme spojitost' s priestorom pri m. b. 114). V hornej úrovni sme prievevanie ďalej pre veľké priestory a komíny neidentifikovali.

BIOTA

Stavovce. V minulosti zrejme dlhodobo využívaná jaskyňa predstavuje v súčasnosti zimovisko malého počtu netopierov (s prevahou na spodnej úrovni), o čom svedčia aj roztrúsené stopy guána. Dňa 8. 1. 2019 sme na spodnej úrovni pozorovali 7 ex. *Myotis myotis* a dva menšie, bližšie neurčené jedince. S výnimkou jedného ex. *Myotis myotis* (ktorý sa koncom januára tiež presunul hlbšie), sa nájdené jedince nachádzali v zóne (v rámci spodnej úrovne) klimaticky najstabilnejšej, t. j. medzi Perlovou riečkou a Udiarňou. V hornej úrovni sme 18. 11. 2018 pozorovali jedného menšieho, bližšieho neurčeného jedinca. Vo februári sa tu výskyt netopierov nepotvrdil, avšak zvyšky v rozklade za Sieňou starých dní napovedajú o občasnom využívaní aj týchto miest. Dňa 21. 2. 2020 sme na spodnej úrovni našli 1 ex. *Rhinolophus hipposideros*, 3 ex. *Myotis mystacinus/brandtii* a 5 ex. *Myotis myotis* (Herich, 2020).

Jaskyňu prechodne využívajú hlodavce, vyditeľné sú však najmä stopy po činnosti zrejme kún, okrem výkalov sa v okolí m. b. 28 a 29 vyskytujú škrabance od pazúrov a čerstvo vykopané diery (na úschovu potravy?) v jemnozrnnom humusovitom sedimente. Na jar 2020 sme za uzáverom jaskyne zaznamenali aj juvenilného jedinca *Salamandra salamandra*.

Bezstavovce. V auguste 2018 vo vstupnej časti jaskyne (pri m. b. 18) našiel V. Papáč (2018) na zvyškoch trusu netopierov alebo kuny troglofilný západokarpatský endemický druh mnohonôžky *Allorhiscosoma sphinx* z čeľade Attemsidae. Na konci spodnej úrovne v sústave jazierok na dne chodby sa nachádzalo 10 jedincov troglobiontného západokarpatského endemického druhu chvostoskoka *Deuteraphorura kratochvili*. Tento druh bol opísaný z Demänovských jaskýň (Nosek, 1963) a nedávno bol redeskribovaný na základe materiálu (neotyp) z Demänovskej jaskyne mieru (Parimuchová a Kováč, 2016).

Výskytom parietálnej fauny jaskyne sme sa zaoberali od objavu jaskyne a systematicky počas 4 období v rokoch 2019/2020. V auguste 2018, tri dni po objave sme našli asi 30 ex. piadivky *Triphosa dubitata* rozmiestnených od vchodu až po m. b. 22 (obr. 16). V tejto max. vzdialenosti sme ich už viac nezaznamenali, možno vplyvom zmeny parametrov vstupného otvoru, resp.



Obr. 16. Motýľ *Triphosa dubitata* s nárastom entomopatogénnej huby čeľade Cordycipitaceae. Foto: P. Herich

Fig. 16. An entomopathogenic fungus (family Cordycipitaceae) growing from the tissue *Triphosa dubitata*. Photo: P. Herich

(dočasne) častými návštevami jaskyne. Preferovaný priestor parietálnej fauny v jaskyni (tabuľka 3) predstavuje bezprostredné okolie vchodu a m. b. 3, absolútna väčšina jedincov sa spravidla vyskytuje po m. b. 9.

Huby. Entomopatogénne huby čeľade Cordycipitaceae (rozlíšené na dva morfortypy „kefky“ a „vaty“) sa vyskytovali na motýľoch *Triphosa dubitata* (tab. 3, obr. 16) v stredných počtoch vzhľadom na ostatné jaskyne Demänovskej doliny (Herich, 2020).

Tabuľka 3. Parietálna fauna a entomopatogénne huby jaskyne (Herich, 2020).

Table 3. Parietal fauna and entomopathogenic fungi of the cave (Herich, 2020).

Druh	leto 2019	jeseň 2019	zima 2020	jar 2020	leto 2020
MOLLUSCA					
<i>Oxychilus glaber</i>	-	-	-	2	-
ARTHROPODA					
Araneae (VJ *)	-	16	30	17	1
Araneae (MJ *)	-	1	10	3	-
Trichoptera	3	-	-	1	4
Diptera					
Nematocera	70	-	20	-	236
Brachycera	-	-	-	7	7
Lepidoptera					
<i>Chloroclysta</i> sp.	-	-	1	-	-
<i>Scoliopteryx libatrix</i>	-	13	13	-	-
<i>Triphosa dubitata</i>	3	73	75	12	40
entomopatogénne huby (kefky / vaty)	3/-	6/-	13/2	8/4	13/3

*skratky VJ a MJ označujú rozdelenie na veľké a malé jedince radu pavúkov s predpokladanou veľkou prevahou druhu *Meta menardi*

ZÁVER

Význam objavu Dračej jaskyne po viacerých stránkach presiahol rámec Sokolov. Napriek polohe na ľavej strane Demänovskej doliny sa jaskyňa zaradila do genetickej súvislosti s Demänovským jaskynným systémom (ako jeho dve najvyššie položené úrovne). V rámci Demänovských jaskýň sa zaradila na 5. miesto najdlhších podzemných priestorov, v celoslovenskej tabuľke jej v roku 2020 patrí 56. pozícia (Tencer, 2020). Značný význam má z paleontologického hľadiska. Hoci nálezy množstva kostí pleistocénnych zvierat (predbežne určený *Ursus ex gr. spelaeus*) nie sú v regióne Liptova či Demänovskej doliny ojedinelé, v Dračej jaskyni však prevažne ostávajú zachované tak, ako boli v roku 2018 nájdené, na rozdiel od iných, v minulosti dlhodobo narušovaných a vykrádaných lokalít. Početný výskyt kryogénnych kalcitov (CCC), výrazná kryogénna deštrukcia speleotém či pozostatky guánových akumulácií predstavujú hodnotné záznamy mladších fáz vývoja jaskyne.

Spodná úrovňová chodba má najbližšie možné vyústenie na povrch (pri horizontálnom priebehu) vo vzdialenosti 100 m na SV, avšak nie je vylúčené jej pokračovanie aj popod Malý Sokol, v tomto prípade najbližšia časť dolinky Korenec je v smere SSZ vzdialená 290 m. Ďalšie pokračovanie jaskyne na sever tu nepredpokladáme pre výškovú pozíciu dna tejto dolinky. Horná úroveň jaskyne po tom, ako naberá smerovanie na Z, sa končí nám známymi priestormi tesne pred (20 m) vrcholom spojeného masívu Sokolov, v hĺbke 130 m. Tento

vývoj naznačuje jej pokračovanie k dolinke Korenec, vzdialenej najmenej 240 m. Je však obtiažne určiť miesto prolongačných prác vzhľadom na labyrintový charakter priestorov za Sieňou s veľkým blokom. Nevylučujeme tiež možnosť spojenia Dračej jaskyne s Jaskyňou v Sokole v pozícii hornej úrovne; medzi m. b. 52 Jaskyne v Sokole a m. b. 101 Dračej jaskyne je vzdialenosť 34 m.

Ochrana jaskyne. Vzápätí po objave jaskyne sme pomocou vodiacich šnúr vytýčili cestu prechodu jaskyňou tak, aby ostatné časti podláh a bočných chodieb ostali relatívne nedotknuté a čo najmenej navštevované. Prechod cez jazierka v okolí Perlovej riečky bol zabezpečený lávkami zo smrekovca (bez náteru), avšak pre výrazné nárasty húb a plesní sme ich museli zlikvidovať. Jaskyňu sme z dôvodov často navštevovaného okolia a ochrany paleontologických nálezov uzavreli antikórovým uzáverom, vstup bioty pôvodnými priechodmi do jaskyne nebol obmedzený. Súčasťou ochranných opatrení je aj obmedzený exkurzný prístup do jaskyne.

PodĎakovanie: Na tomto mieste by som rád poďakoval dobrovoľným jaskyniarom Jaskyniarskeho klubu Demänovská Dolina, ktorí sa zaslúžili o objav, prieskum, dokumentáciu aj ochranné opatrenia jaskyne. Tiež ďakujem kolegom a vedeckým pracovníkom Správy slovenských jaskýň, Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva a Ústavu vied o Zemi SAV za spoluprácu a poučenie.

Súčasťou príspevku je mapa jaskyne v prílohe časopisu.

LITERATÚRA

- Bella P., Haviarová D., Kováč E., Lalkovič M., Sabol M., Soják M., Struhár V., Višňovská Z. & Zelinka J. 2014. Jaskyne Demänovskej doliny, Ramsarská lokalita stredohorského alogénneho krasu Západných Karpát. *Speleologia Slovaca* 4, ŠOP SR, SSJ, Banská Bystrica, 200 s.
- Bella P., Hercman H., Gradziński M., Pruner P., Kadlec J., Bosák P., Glazek J., Gasiorowski M. & Nowicki T. 2011. Geochronológia vývoja jaskynných úrovní v Demänovskej doline, Nízke Tatry. *Aragonit*, 16, 1–2, 64–68.
- Bella P. & Holúbek P. 2003. Paleohydrografické znaky Jaskyne na terase v Malom Sokole. (Demänovská dolina, Nízke Tatry). *Slovenský kras*, 41, 221–224.
- Biely A. (Ed.), Beňuška P., Bezák V., Bujnovský A., Halouzka R., Ivanička J., Kohút M., Klinec A., Lukáčik E., Maglay J., Miko O., Pulec M., Putiš M. & Vozár J. 1992. Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava.
- Droppa A. 1950. Mošnická jaskyňa v Nízkych Tatrách. *Krásky Slovenska*, 27, 5–8, 182–193.
- Droppa A. 1972. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras*, 10, 9–46.
- Gaál L. & Michalík J. 2017. Strednotriasové vápence v jaskyni Okno (Demänovská dolina, Nízke Tatry): litológia a faciálne typy. *Slovenský kras*, 55, 2, 145–154.
- Herich P. 2017. Demänová caves. The most extensive underground karst phenomenon in Slovakia. *Bulletin of the Slovak Speleological Society, Issued for the purpose of the 17th Congress of the IUS, Sydney 2017*, 27–38.
- Herich P. 2018a. Chladivý dych – nová jaskyňa v Demänovskej doline. *Slovenský kras*, 56, 2, 157–173.
- Herich P. 2018b. Dračia jaskyňa v Sokole – Demänovský jaskynný systém na ľavej strane Demänovskej doliny. *Spravodaj SSS*, 49, 4, 26–31.
- Herich P. 2019. Objav Hornej úrovne Dračej jaskyne v Sokole. *Spravodaj SSS*, 50, 2, 10–14.
- Herich P. 2020. Sezónna dynamika a distribúcia parietálnej fauny vo vybraných jaskyniach Demänovskej doliny. *Bakalárska práca, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra biológie a ekológie*. Banská Bystrica, 64 s.
- Nosek J. 1963. Zwei neue Collembolenarten aus den Karpathen. *Zoologischer Anzeiger*, 170, 76–80.
- Papáč V. 2018. Pozorovania z obliadky Dračej jaskyne v Sokole dňa 3. 9. 2018. *Archív SSJ*, 3 s.
- Parimuchová A. & Kováč E. 2016. Redescription of two troglobiotic species of *Deuteraphorura* Abso- lon, 1901 (Collembola, Onychiuridae) from the Western Carpathians. *Zootaxa*, 4168 (2), 327–340.
- Tencer J. 2020. Tabuľka najdlhších jaskýň na Slovensku stav k 31. 3. 2020. *Spravodaj SSS*, 51, 2, 102.
- Zavřel M. 2019. Dračia – nálezová správa březen 2019. *Archív JK Demänovská Dolina*, 1 s.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	59/2	203 – 228	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2021
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

ZHRNUTIE POZNATKOV O ZIMOVANÍ NETOPIEROV V JASKYNI OKNO (DEMÄNOVSKÁ DOLINA, NÍZKE TATRY)

ZUZANA VIŠŇOVSKÁ

Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš;
zuzana.visnovska@ssj.sk

Z. Višňovská: Knowledge summary on hibernation of bats in the Okno Cave (Demänovská dolina Valley, Nízke Tatry Mts.)

Abstract: The paper provides an overview of knowledge about bats wintering in the Okno Cave (Window Cave) in the Demänovská dolina Valley (Liptovský Mikuláš District, northern Slovakia) since 50ties of the 20th century, including the latest original results from winter bat census performed in the period 2005 – 2020. Records on species composition, abundance and spatial distribution of bats, also with some other faunistical and ecological remarks are presented. Altogether, the presence of at least nine bat species has been known in the cave during the period of 1955 – 2020. They are the following species: *Rhinolophus hipposideros* (seasonal maximum of 7 hibernating individuals known), *Myotis myotis* (max. 48 ind.), *M. blythii* (max. 21 ind.), *M. mystacinus/brandtii* (max. 14 ind.), *Eptesicus nilssonii* (max. 15 ind.), *E. serotinus* (max. 2 ind.), *Barbastella barbastellus* (max. 12 ind.), *Plecotus auritus* (max. 6 ind.) and *P. austriacus* (max. 5 ind.). Populations of *Myotis myotis/blythii* predominated in the local bat assemblage in this cave in the 50ties of 20th century, later a significant decrease of their abundance had been recorded (between 1997 – 2007), but a gradual increasing since 2008 have been recorded again. The composition of the wintering bat community in particular parts of the cave is significantly different. Populations of *Myotis mystacinus/brandtii*, *Eptesicus nilssonii*, *Barbastella barbastellus* and *Plecotus auritus* species hibernate almost exclusively in cooler parts with variable microclimatic conditions (the Výskumná chodba Passage having an air temperature lower than 4.5 °C). More thermophilic species *Rhinolophus hipposideros* and *Myotis myotis/blythii* prefer the deeper spaces with a higher air temperature and relatively stable microclimate (all behind-door spaces of the cave with an air temperature among 3.5 and 6.8 °C). The highest seasonal maximum of 88 hibernating bat individuals have been counted in the cave up to date. The Okno Cave ranks among important hibernacula of the cold-adapted forest species *E. nilssonii* and *M. mystacinus/brandtii* in the territory of Slovakia.

Key words: Chiroptera, bat hibernation, population trends, spatial distribution, winter census

1. ÚVOD

Jaskyňa Okno je v Demänovskej doline Nízkych Tatier jednou z najdlhších, najhlbších a najvyššie situovaných jaskýň (Bella et al., 2014, 2018). Prvý detailnejší výskum netopierov na tejto lokalite realizoval J. Vachold v rokoch 1955 až 1959 po tom, čo v januári 1955 zoológovia z Univerzity Komenského v Bratislave pod vedením prof. O. Ferianca pri prieskume miestnej speleofauny zistili, že niektoré z navštívených jaskýň sú početnými zimoviskami netopierov (Vachold, 1961, 2003). Napriek spomínanému zisteniu nasledova-

lo po roku 1960 dlhé „hluché“ obdobie bez významnejších chiropterologických aktivít na predmetnom území, s výnimkou sporadických kontrol (Gaisler a Hanák, 1973). Pravidelný zimný monitoring netopierov na lokalite Okno začali od roku 1997 vykonávať Brinzík et al. (1998, 2002) a po roku 2004 naň nadviazal a zabezpečuje ho doteraz kolektív odborných pracovníkov zo Správy slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš (Višňovská, 2007, 2009, 2021; Bella et al., 2014).

V predložennom príspevku poskytujeme súhrn doterajších poznatkov o druhovej skladbe, početnosti a rozmiestnení netopierov v jaskyni Okno vrátane originálnych, dosiaľ nepublikovaných výsledkov z vlastných zimných sčítaní za obdobie rokov 2005 – 2020. Hodnotíme zároveň populačné trendy jednotlivých druhov netopierov na lokalite od 50. rokov 20. storočia a charakter ich hibernácie vo vzťahu k niektorým zisteným podmienkam prostredia. Stručne sa zmieňujeme aj o stave praktickej ochrany netopierov a potenciálnych hrozbách na predmetnej lokalite.

2. CHARAKTERISTIKA LOKALITY

Jaskyňa Okno sa nachádza vo vápencovom brale Okno (obr. 1) na pravom brehu riečky Demänovka v Demänovskej doline na severnej strane Nízkyh Tatier (k. ú. Demänovská Dolina, okr. Liptovský Mikuláš). Podľa Databanky fauny Slovenska sa lokalita zaraďuje do mapovacieho kvadrátu 6983 a je súčasťou orografického celku Nízke Tatry (kód 190 – podľa Kroupová, 1980). Najvyšší stupeň legislatívnej ochrany zaručuje lokalite jej poloha v Národnej prírodnej rezervácii Demänovská dolina v rámci Národného parku Nízke Tatry, resp. na území európskeho významu SKUEV302 Ďumbierske Nízke Tatry. Od roku 2001 je pre výnimočné prírodné hodnoty klasifikovaná ako národná prírodná pamiatka (Holúbek,

2001). V Demänovskej doline predstavuje jednu z najvyššie položených jaskýň, resp. najstarších vývojových úrovní (Droppa, 1957; Bella et al., 2014). Jej vchod leží v nadmorskej výške 915 m.

Prvé písomné zmienky o jaskyni Okno pochádzajú z prvej polovice 18. storočia (Lalkovič, 2014). V roku 1918 dovedy známa časť jaskyne merala okolo 250 m (terajší predný úsek jaskyne). V rokoch 1920 – 1923 došlo po prekopení nánosového sifónu za priestorom terajšej Siene smútočnej vrby k objaveniu pokračovania jaskyne až po Prepadlisko, a na krátke obdobie, počas rokov 1925 – 1932, bola jaskyňa turisticky sprístupnená (Lalkovič, 2014). Od toho času známe priestory jaskyne (tzv. „stará jaskyňa“) pozostávajú z hlavnej, prevažne horizontálnej chodby tiahnucej sa na úrovni okolo 910 m n. m., ktorá sa miestami rozširuje, resp. zväčšuje do siení, alebo z nej vybíhajú menšie postranné vetvy. Celková zameraná dĺžka priestorov „starej jaskyne“ predstavuje 930 m (Droppa, 1972; Bella a Holúbek, 1999). Prevratným sa stal



Obr. 1. Poloha vchodu do jaskyne vo vápencovom brale Okno. Foto: Z. Višňovská
Fig. 1. Location of the entrance to the cave in the Okno limestone cliff. Photo: Z. Višňovská

V „starej jaskyni“ možno rozlíšiť dva úseky vyznačujúce sa rozdielnymi mikroklimatickými podmienkami a charakterom vnútorného prostredia. Prvý úsek, dlhý od vchodu cca 120 m, začína vchodom do jaskyne orientovaným na západ. Je ním voľný portálový otvor o rozmeroch 6×6 m, ktorý plynule prechádza do Vstupnej siene (obr. 3). Za ňou nasleduje relatívne priestranná rovnomerná Výskumná chodba s ojedinelou krasovou výzdobou, na konci ktorej je od roku 1999 vybudovaný kamienno-betónový múr s kovovými dvierkami (obr. 4, 5). Medzi rokmi 1976 a 1999 tam bol uzáver mrežový. Na dvierkach sa nachádza malý obdĺžnikový otvor (10×12 cm), ktorý, pravdepodobne ako jediný, využívajú netopiere ako vletový otvor do hlbších vnútorných častí jaskyne. Za uzáverom nasleduje druhý úsek jaskyne, počnúc Hlinenou chodbou a Sieňou smútočnej vrby a končiac Prepadliskom, tvorený zväčša tunelovitou alebo širšou klenbovitou chodbou spravidla malých až stredných rozmerov, miestami členitou a s bohatou sintrovou kvapľovou výzdobou (obr. 6). Predný úsek jaskyne je vystavený výraznému vplyvu vonkajšieho prostredia, dochádza tu v priebehu zimy ku značným výkyvom teploty vzduchu a k sezónnej tvorbe ľadovej výplne, úsek za ochranným múrom je charakteristický relatívne ustálenou mikroklimou. Teplota vzduchu v najteplejších zadných častiach jaskyne dosahovala v 50. rokoch 20. storočia $5,9 - 6,8$ °C



Obr. 3. Vstupný portál jaskyne Okno, pohľad od Vstupnej siene (február 2011). Foto: Z. Višňovská
 Fig. 3. Entrance portal of the Okno Cave, a view from the Vstupná sieň Hall (February 2011). Photo: Z. Višňovská



Obr. 4. Výskumná chodba (február 2006). Foto: Z. Višňovská
 Fig. 4. The Výskumná chodba Corridor (February 2006). Photo: Z. Višňovská



Obr. 5. Ochranný múr s dvierkami na konci Výskumnej chodby. Foto: Z. Višňovská
 Fig. 5. Protective wall with a door at the end of the Výskumná chodba Corridor. Photo: Z. Višňovská



Obr. 6. Sieň smútočnej vrby. Foto: P. Staník
 Fig. 6. The Sieň smútočnej vrby Hall. Photo: P. Staník

a relatívna vlhkosť vzduchu 91 – 98 % (Droppa, 1957; Vachold, 1961). Podrobnejší klimatologický výskum nebol v jaskyni dosiaľ realizovaný.

3. PREHĽAD PREDCHÁDZAJÚCICH VÝSKUMOV

Z obdobia spred roka 1950 nám nie sú známe odborné údaje o výskyte netopierov v jaskyni Okno. V septembri 1916 jaskyňu preskúmal geológ H. Horusitzky za účelom zistenia prítomnosti fosfátových sedimentov (pozn.: tie vznikajú napríklad na miestach výskytu akumulácií fosílnych kostí alebo guána netopierov a vtákov), avšak bez väčšieho úspechu. Zistil tu len malé množstvo zhnitého zvieracieho trusu (Droppa, 1957; Lalkovič, 2014). Prítomnosť prehnitého, spráchniveného zvieracieho trusu v hornej vrstve sedimentov v prednej časti jaskyne opisuje aj J. Volko-Starohorský, ktorý tu v lete 1923 kopal výskumné sondy na zistenie prehistorického osídlenia a pleistocénnej fauny cicavcov, pričom v získanom bohatom osteologickom materiáli neuvádza nálezy netopierov (Volko-Starohorský, 1927).

Zmienky o výskyte konkrétnych druhov v jaskyni Okno nachádzame až v práci Droppu (1957), ktorý počas svojich speleologických výskumov začiatkom 50. rokov 20. storočia zaregistroval vo Výskumnej chodbe prítomnosť druhov *Barbastella barbastellus* a *Eptesicus nilssonii* (determinované pracovníkmi Zoologického ústavu Univerzity Komenského v Bratislave). Pravdepodobne ide o tri exempláre nájdené A. Droppom v roku 1953, ktoré boli pôvodne odoslané na odbornú determináciu do Krajského nitrianskeho múzea v Bojniciach (Lalkovič, 2014), a následne sa zrejme dostali k spomínaným pracovníkom do Bratislavy. Túto lokalitu i dovtedy známe demänovské jaskyne všeobecne Droppa (1957) charakterizuje ako jaskyne s výskytom netopierieho guána len v nepatrných množstvách. Svedčí to o novodobej absencii kolónii netopierov v miestnych jaskyniach v letnom a prechodnom období, teda počas najaktívnejšej fázy ich ročného životného cyklu, kedy netopiere produkujú najviac exkrementov.

Základný inventarizačný výskum chiropterofauny na lokalite Okno ako prvý vykonal J. Vachold počas zimných sezón 1954/55 až 1958/59 (Vachold, 1961, 2003). Sledoval nielen druhové zloženie a početnosť netopierov, ale zameral sa aj na hodnotenie ekologických faktorov, ktoré ovplyvňujú ich výskyt a hibernáciu. Počas terénnych prác Vachold mnohé zimujúce jedince v jeho dosahu fyzicky odoberal a okružkoval ich kvôli neskoršiemu rozpoznaní týchto jedincov pri ďalších výskumoch (v tých časoch bežný postup), niekoľko jedincov z každého druhu usmrtil a použil ako dokladový materiál, prípadne odovzdal špecialistom na ďalšie analýzy (virologické, helmintologické, parazitologické a iné). Katalóg Vacholdovej kolekcie zozbieraného materiálu mikromammálií z Demänovskej doliny s odstupom času publikoval Matoušek (1998). Dudich a Matoušek (1985) zo zrevidovaného materiálu blch (Siphonaptera), ktoré parazitovali na jedincoch netopierov (*Myotis myotis*, *M. blythii*, *M. mystacinus*, *Eptesicus nilssonii*, *Barbastella barbastellus*) odobratých Vacholdom z jaskyne Okno v rokoch 1956 – 1959, uvádzajú nálezy druhov *Ischnopsyllus octactenus*, *I. simplex*, *I. intermedius*, *I. hexactenus* a *Nycteridopsylla pentactena*.

Za obdobie rokov 1960 až 1996 sú známe iba údaje zo sporadických kontrol (Gaisler a Hanák, 1973). Zbery kostrového materiálu netopierov z mája 1990, ktoré publikoval Obuch (1994) pod názvom „Okno cave“, sa týkajú vývržkov potravy sovy lesnej (*Strix aluco*) z nižšie situovanej Tunelovej jaskyne v dolinke Okno (Obuch, in litt.). Zo susednej jaskyne Veľké Okno prezentuje Obuch (1994, 2009) výsledky osteologickej analýzy zvyškov potravy krkavca čierneho (*Corvus corax*).

Pravidelný zimný monitoring na lokalite bol obnovený v roku 1997. Za obdobie rokov 1997 – 2003 vykonávali zimné sčítania netopierov chiropterológovia pod vedením M. Brin-

zíka (Brinzík et al., 2002; Lehotská, 2002), a od roku 2005 monitoring zabezpečuje Správa slovenských jaskýň (Višňovská, 2007, 2009, 2021; Bačkor et al., 2010; Bella et al., 2014).

4. METODIKA MONITORINGU OD ROKU 2005

Autorka príspevku so spolupracovníkmi realizovali chiropterologický monitoring v jaskyni Okno v období od decembra 2005 do februára 2020. Celkovo sme vykonali 22 kontrol lokality počas 13 zimných sezón, a to spravidla raz alebo dvakrát počas zimnej sezóny (najčastejšie v novembri a/alebo februári). Výsledky z niektorých kontrol sme medzičasom publikovali v prácach Višňovská (2007, 2009) a Bačkor et al. (2010). Názvy jaskynných priestorov uvádzame podľa Droppu (1957).

Štandardná trasa sčítania zahŕňala všetky dostupnejšie priestory pozdĺž hlavnej, prevažne horizontálnej chodby od Vstupnej siene až po Prepadlisko (po studňovitú prepadlinu) v rámci „starej jaskyne“ (obr. 2). Výnimkou boli kontroly v dňoch 15. 3. 2012 a 25. 2. 2016, keď kvôli zablokovanému zámku na dvierkach v ochrannom múre na konci Výskumnej chodby sa nám nepodarilo preskúmať vnútorný úsek jaskyne za uzáverom. Pri každej návšteve lokality sme zaznamenávali druhové zastúpenie, početnosť a rozmiestnenie netopierov a informatívne merali aktuálnu teplotu vzduchu vo výške približne 0,5 až 1 m nad úrovňou dna terénu na vytypovaných miestach (tab. 1, obr. 2) za použitia digitálneho teplomera Checktemp 1 od výrobcu HANNA Instruments (rozlíšenie 0,1 °C, presnosť $\pm 0,2$ °C). Na vyhľadávanie netopierov sme používali ručné LED svietidlá a nájdené jedince sme identifikovali výlučne vizuálne, prípadne pomocou fotografických snímok.

Do základnej, štandardnej trasy sčítania sme nezaradili priestory tzv. „novej jaskyne“ začínajúce v Pekelnej chodbe, známe od roku 2005 (Holúbek et al., 2006). Vykonali sme tu tri orientačné obhliadky, v dňoch 5. 12. 2007 a 27. 2. 2008 za účasti L. Vlčeka a dňa 24. 2. 2017 (M. Kudla, L. Kunáková).

Termíny a výsledky všetkých zimných sčítaní na lokalite realizovaných autorkou príspevku sú zhrnuté v tabuľke 2. V grafoch, tabuľkách a texte uvádzame nasledujúce druhy netopierov a skratky ich vedeckých názvov: *Rhip* – *Rhinolophus hipposideros* (Borkhausen, 1797); *Myotis myotis* (Borkhausen, 1797); *Myotis blythii* (Tomes, 1857); *Mmyo/bly* – *Myotis myotis/blythii*; *Myotis mystacinus* (Kuhl, 1817); *Myotis brandtii* (Eversmann, 1845); *Mmys/bra* – *Myotis mystacinus/brandtii*; *Eser* – *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774); *Enil* – *Eptesicus nilssonii* (Keyserling et Blasius, 1839); *Bbar* – *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774); *Paur* – *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758); *Plecotus austriacus* Fischer, 1829; *Paur/aus* – *Plecotus auritus/austriacus*. V našom príspevku ako nerozlíšené uvádzame a hodnotíme veľmi podobné druhy *Myotis myotis* / *Myotis blythii* a *Myotis mystacinus* / *Myotis brandtii*, a zo špecifického dôvodu (upresnený ďalej v texte) aj druhy *Plecotus auritus* / *Plecotus austriacus*.

Okrem zimného obdobia sme lokalitu príležitostne navštívili za účelom faunistického prieskumu aj v mimohibernačnom období (4. 8. 2006, 16. 10. 2007).

Tabuľka 1. Variabilita teploty vzduchu vo vybraných častiach jaskyne Okno na základe 21 meraní zo zimného obdobia rokov 2005 – 2020. Vysvetlivky: minimálna nameraná hodnota (T min.), maximálna nameraná hodnota (T max.), rozpätie hodnôt (T amplitude), príemer zo všetkých nameraných hodnôt (T mean).
 Table 1. Air temperature variability in selected parts of the Okno Cave based on 21 measurements from the winter period 2005–2020. Explanations: minimum measured value (T min.), maximum measured value (T max.), range of values (T amplitude), average of all measured values (T mean).

Priestor jaskyne / Part of the cave	Teplota vzduchu / Air Temperature (°C)									
	9 meraní v období november – december					12 meraní v období február – marec				
	T min.	T max.	T amplitude	T mean		T min.	T max.	T amplitude	T mean	
Pred uzáverom / Pre-door spaces:										
1* Vstupná sieň	-1,4	4,6	6,0	0,6		-12,3	1,5	13,8		-1,9
Výskumná chodba:										
2* stred chodby - pri odbočke	0,1	4,3	4,2	1,9		-5,5	1,9	7,4		0,2
3* koniec chodby - pred uzáverom	2,4	4,3	1,9	3,1		-2,7	3,0	5,7		1,6
4* odbočka v strede chodby	2,4	4,2	1,8	3,2		-0,9	3,3	4,2		2,1
5* postranná vetva na konci chodby	2,9	4,2	1,3	3,4		-0,9	3,4	4,3		2,2
Za uzáverom / behind-door spaces:										
6* Hlinená chodba	4,4	5,2	0,8	4,7		3,5	4,7	1,2		4,2
7* Sieň smútočnej víby	4,7	5,4	0,7	5,0		4,3	5,2	0,9		4,7
8* Prieprastová chodba (rázcestie)	5,4	5,9	0,5	5,5		5,4	5,9	0,5		5,5
9* Pekelná chodba	5,4	6,0	0,6	5,6		5,5	5,9	0,4		5,6
10* Sieň pagod	5,6	6,2	0,6	5,8		5,7	6,1	0,4		5,8
11* Jazerná sieň	5,8	6,4	0,6	6,0		5,8	6,3	0,5		6,0
12* Chodba trosiek	5,9	6,5	0,6	6,1		5,9	6,4	0,5		6,1
13* Nánosová chodba	6,1	6,7	0,6	6,3		6,1	6,6	0,5		6,3
14* Palmová sieň	6,2	6,8	0,6	6,4		6,3	6,7	0,4		6,4

Tabuľka 2. Výsledky zimných sčítaní netopierov v jaskyni Okno za obdobie rokov 2005 – 2020. Vysvetlivky: * – údaje iba z predného úseku jaskyne (pred uzáverom); () – počet jedincov v priestoroch „novej jaskyne“ mimo štandardnej trasy sčítania; ? – neznámy počet jedincov za uzáverom.

Table 2. Results of winter censuses of bats in the Okno Cave for the period 2005 – 2020. Explanations: * – data only from the front section of the cave (in front of the door); () – the number of individuals in the “new cave” spaces away from the standard bat census route is given in parentheses; ? – unknown number of individuals behind the door.

Dátum / Date	Rhip	Mmyo/bly	Mmys/bra	Enil	Paur	Bbar	Počet spolu / Total Σ ind.	Zdroj údajů / Data source
sezóna 2005/2006								
7. 12. 2005	2	4	3	8	—	8	25	Višňovská (2007)
20. 2. 2006	2	10	1	7	—	4	24	Višňovská (2007)
sezóna 2006/2007								
20. 2. 2007	2	6	1	6	—	3	18	Višňovská (2007)
sezóna 2007/2008								
16. 10. 2007	—	2	5	10	—	—	17	Višňovská (2009)
5. 12. 2007	2	10	13 (+1)	9	—	5	39 (+1)	Višňovská (2009)
27. 2. 2008	1	13 (+2)	12 (+1)	8	—	2	36 (+3)	Višňovská (2009)
sezóna 2008/2009								
25. 11. 2008	1	5	3	11	—	2	22	Bačkor et al. (2010)
25. 2. 2009	2	10	2	10	—	3	27	Bačkor et al. (2010)
sezóna 2009/2010								
26. 11. 2009	1	6	1	11	—	3	22	Bačkor et al. (2010)
24. 2. 2010	1	15	1	10	—	2	29	Bačkor et al. (2010)

5. VÝSLEDKY A DISKUSIA

5.1. PREHĽAD DRUHOV



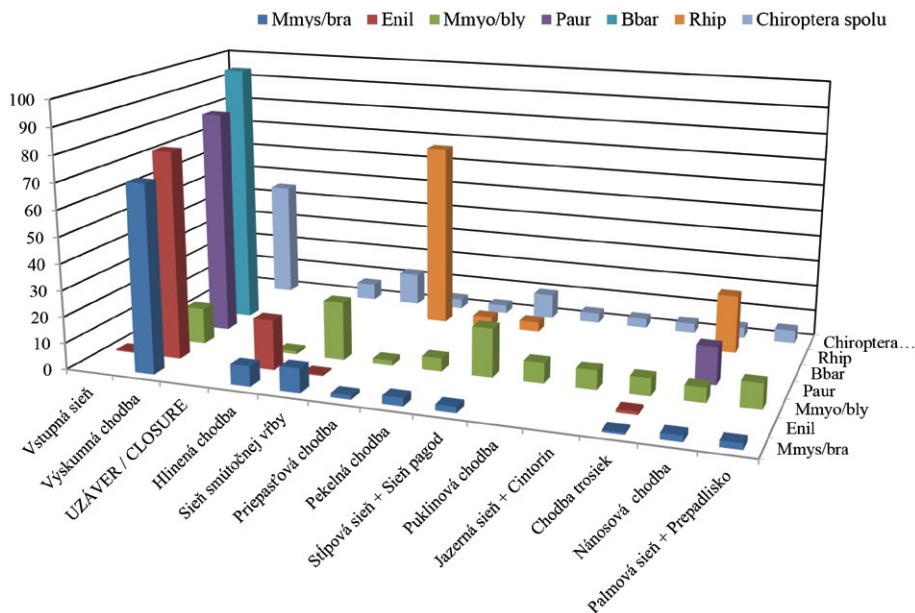
Obr. 7. Podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*) – termofilný prvok v jaskyni Okno. Foto: Z. Višňovská

Fig. 7. The lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) – thermophilic element in the Okno Cave. Photo: Z. Višňovská

Podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*)

Prehľad nálezov iných autorov: 26. 1. 1955 – 6 ex., 20. 2. 1956 – 6 ex., 5. 3. 1957 – 7 ex., 12. 2. 1958 – 4 ex., 8. 1. 1959 – 1 ex. (Vachold, 1961); 28. 2. 1964 – 2 ex. (Gaisler a Hanák, 1973); 27. 2. 1998 – 4 ex. (Brinzík et al., 2002); 14. 3. 2002 – 2 ex. (Lehotská, 2002).

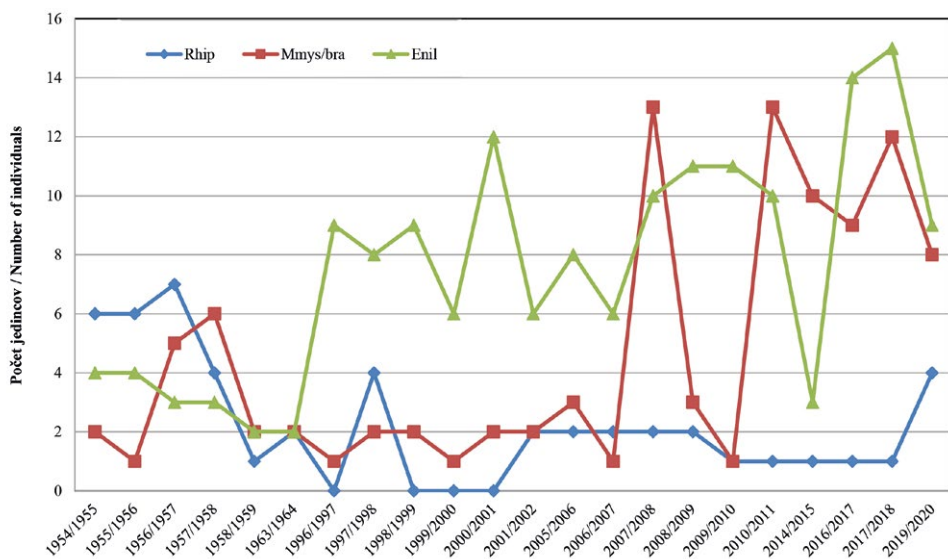
Podkovár malý (obr. 7) patrí v Nízkych Tatrách medzi frekventované a dominantné druhy netopierov, pričom v zimnom období je početnejší na južnej strane pohoria (Bačkor et al., 2010). V severne situovanej Demänovskej doline zimuje na viacerých lokalitách, no jeho početnosť, s výnimkou Pustej jaskyne (max. 54 ex.) a jaskyne Beníková (max. 12 ex.), je spravidla nízka (Bella et al., 2014). Tento termofilný druh preferuje v spomínanej oblasti podzemné priestory s konštantnou mikroklimou a teplotou nad 5,0 °C (Bella et al., 2014). Tomu odpovedá aj situácia v jaskyni Okno, kde v najteplejších priestoroch (v rozmedzí 5,4 až 6,7 °C), spravidla v Priepasťovej a Nánosovej



Obr. 8. Priestorová distribúcia (v %) populácií jednotlivých druhov netopierov a všetkých netopierov v jaskyni Okno v období hibernácie (priemerné hodnoty za obdobie 2005 – 2020).

Fig. 8. Spatial distribution (in % expression) of the populations of individual bat species and all bats inside the Okno Cave in the period of hibernation (average values for the period 2005 – 2020).

chodbe, solitérne hibernujú 1 až 4 jedince *R. hipposideros* (tab. 2, obr. 8). Mierne početnejší (max. 7 ex.) tu tento druh bol zaznamenaný v 50. rokoch 20. storočia (Vachold, 1961; obr. 9).



Obr. 9. Zmeny v maximálnej početnosti populácií *Rhinolophus hipposideros* (modrá čiara), *Myotis mystacinus/brandtii* (červená čiara) a *Eptesicus nilssonii* (zelená čiara) v jaskyni Okno medzi uvedenými zimnými sezónami za obdobie rokov 1955 – 2020.

Fig. 9. Changes in maximum abundance of the populations of *Rhinolophus hipposideros* (blue line), *Myotis mystacinus/brandtii* (red line) and *Eptesicus nilssonii* (green line) in the Okno Cave between the mentioned winter seasons for the period 1955 – 2020.

Netopier veľký (*Myotis myotis*) a netopier ostrouchý (*Myotis blythii*)

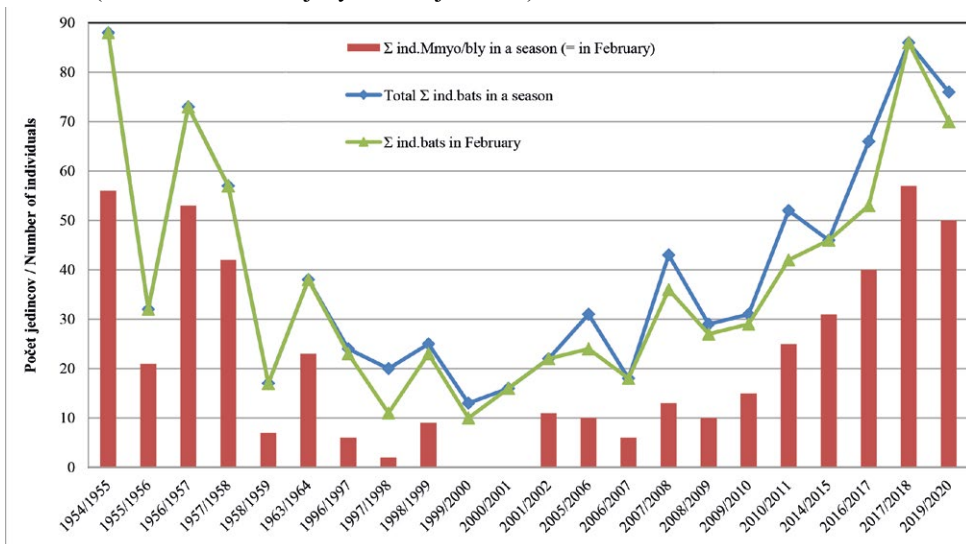
Prehľad nálezov iných autorov: *M. myotis*: 26. 1. 1955 – 35 ex., 20. 2. 1956 – 19 ex. (14 ex.), 5. 3. 1957 – 48 ex. (18 ex.), 12. 2. 1958 – 37 ex. (24 ex.), 8. 1. 1959 – 5 ex. (Vachold, 2003; počet v zátvorke in Vachold, 1961); 28. 2. 1964 – 22 ex. (Gaisler a Hanák, 1973); 7. 2. 1997 – 6 ex., 29. 3. 1997 – 2 ex., 29. 11. 1997 – 1 ex., 27. 2. 1998 – 2 ex., 12. 2. 1999 – 9 ex. (Brinzík et al., 2002); 14. 3. 2002 – 11 ex. (Lehotská, 2002). *M. blythii*: 26. 1. 1955 – 21 ex., 20. 2. 1956 – 2 ex., 5. 3. 1957 – 5 ex., 12. 2. 1958 – 5 ex., 8. 1. 1959 – 2 ex. (Vachold, 1961, 2003); 28. 2. 1964 – 1 ex. (Gaisler a Hanák, 1973).

Netopier veľký (*M. myotis*) je najčastejšie sa vyskytujúcim a najpočetnejším druhom netopiera v Nízkych Tatrách, pričom v zimnom období je hojnejší na severnej strane pohoria (Bačkor et al., 2010). V Demänovskej doline je dlhodobo najvýznamnejším zimoviskom Pustá jaskyňa so sezónnymi maximami viac ako 160 jedincov (Bella et al., 2014). Dosiaľ najvyšší doložený počet zimujúcich jedincov *M. myotis* v jaskyni Okno predstavuje 48 ex. zo zimnej sezóny 1956/1957 (Vachold, 2003).

V súčasnej dobe otáznym ostáva výskyt netopiera ostrouchého (*M. blythii*, starší názov *M. oxygnathus*). Všetky doložené nálezy tohto druhu z jaskýň Demänovskej doliny pochádzajú ešte z 50. a 60. rokov 20. storočia, kedy pravidelne zimoval aj v jaskyni Okno v premenlivom počte od 1 do 21 jedincov za sezónu (Vachold, 1961, 2003; Gaisler a Hanák, 1973). Po roku 1964 ďalšie hodnoverné nálezy druhu absentujú. Nevylučujeme však jeho sporadický výskyt v tejto oblasti aj v recentnom období.

Od roku 2005 tieto druhy pri vizuálnych kontrolách na tunajších zimoviskách spravidla nerozlišujeme a hodnotíme ich ako podvojnú formu *M. myotis/blythii*; každopádne, prevažná väčšina nami identifikovateľných jedincov prislúchala druhu *M. myotis*. Z dlhodobého hľadiska, vo vývoji celkovej početnosti *M. myotis/blythii* (hodnotíme tzv. „starú jaskyňu“) možno badať rozdielne fázy (obr. 10). Pri porovnaní ich stavu na lokalite v polovici a na konci 20. storočia mala zjavne klesajúcu tendenciu, a to od najvyššieho sezónneho maxima 56 jedincov zo zimnej sezóny 1954/1955 až po ich absenciu zaznamenanú v sezónach 1999/2000 a 2000/2001. Po roku 2001 evidujeme stabilizovanie výskytu na úrovni okolo 10 ex. a neskôr postupný nárast počtu zimujúcich jedincov v jaskyni, pričom nateraz rekordné sezónne maximum predstavuje 57 ex. zo zimnej sezóny 2017/2018. Početnosť populácie na tejto lokalite, ako aj na iných miestnych zimoviskách, je zvyčajne vyššia v neskoršej fáze obdobia hibernácie než na začiatku zimy (tab. 2).

Pri výbere zimných úkrytov v Demänovskej doline sa zo spomínanej dvojice najmä *M. myotis* považuje za pomerne adaptabilný druh, preferuje však mikroklimaticky stabilnejšie a teplejšie podzemné priestory (Vachold, 1961; Višňovská, 2007; Višňovská et al., 2007). V jaskyni Okno za obdobie rokov 2005 – 2020, v priemere až 86 % jaskynnej populácie *M. myotis/blythii* hibernovalo v priestoroch s teplotou vzduchu okolo 3,5 až 6,8 °C (stredný a zadný úsek jaskyne za uzáverom). Zvyšné jedince tolerovali počas hibernácie aj nižšiu teplotu prostredia, výnimočne až blížiacu sa k 0 °C (Výskumná chodba). Pri hľadaní konkrétnych miest úchyty vidno miernu preferenciu väčších, resp. vyšších priestorov, akými sú Sieň smútočnej vírby, Sieň pagod alebo Výskumná chodba (obr. 8). Jedince zimovali individuálne alebo v zoskupeniach dvoch až šiestich jedincov (obr. 11), pričom viseli väčšinou voľne na stenách a stropoch, menej často boli ukryté v menších dutinkách v jaskynných stenách (obzvlášť v chladnej Výskumnej chodbe).



Obr. 10. Rozdiely v maximálnej sezónnej početnosti populácie *M. myotis/blythii* (červené stĺpce), v celkovom počte netopierov vo februári (prípadne v januári alebo marci) (zelená čiara) a v sumárnom počte sezónnych maxim prítomných druhov netopierov v jaskyni Okno (priestory „starej jaskyne“) (modrá čiara) medzi uvedenými zimnými sezónami za obdobie rokov 1955 – 2020.

Fig. 10. Differences in the maximum abundance of the *M. myotis/blythii* population in a season (red columns), in the total number of bats in February (possibly in January or March) (green line) and in the summary number of seasonal maxima of bat species present in the Okno Cave (“old cave spaces”) (blue line) between the mentioned winter seasons for the period 1955 – 2020.



Obr. 11. Zimná agregácia netopiera veľkého (*Myotis myotis*) v Sieni smútočnej vrby. Foto: Z. Višňovská
 Fig. 11. Winter aggregation of the greater mouse-eared bat (*Myotis myotis*) in the Sieň smútočnej vrby Hall. Photo: Z. Višňovská

Netopier fúzatý (*Myotis mystacinus*) a netopier Brandtov (*Myotis brandtii*)

Prehľad nálezov iných autorov: *M. mystacinus*: 26. 1. 1955 – 2 ex., 20. 2. 1956 – 1 ex., 5. 3. 1957 – 5 ex., 12. 2. 1958 – 6 ex., 8. 1. 1959 – 2 ex. (Vachold, 1961); 28. 2. 1964 – 2 ex. (Gaisler a Hanák, 1973). *M. mystacinus/brandtii*: 7. 2. 1997 – 1 ex., 29. 3. 1997 – 1 ex., 29. 11. 1997 – 2 ex., 12. 9. 1998 – 2 ex., 26. 11. 1999 – 1 ex., 3. 2. 2000 – 1 ex., 23. 2. 2001 – 2 ex. (Brinzík et al., 2002); 14. 3. 2002 – 2 ex. (Lehotská, 2002); 15. 2. 2003 – 2 ex. (Bačkor et al., 2010).

Druhy *Myotis mystacinus* a *Myotis brandtii* sa pre vzájomnú morfológickú podobnosť pri vizuálnych kontrolách zimovísk spravidla hodnotia ako podvojná forma *Myotis mystacinus/brandtii*. Označenie samostatného druhu *M. mystacinus* na lokalite Okno sa uvádza v dokladovom materiáli Vacholdovej kolekcie netopierov z roku 1959 (Matoušek, 1998). V tom čase sa však tento druh ešte nerozlišoval od druhu *M. brandtii*.

V Nízkych Tatrách patria medzi dominantné a frekventované druhy netopierov s koncentrovaným výskytom v Demänovských vrchoch, pričom najpočetnejšie nálezy pochádzajú z Demänovskej ľadovej jaskyne (max. 238 ex.) a Suchej jaskyne (max. 122 ex.), odkiaľ sú hodnoverne doložené oba taxóny (Bella et al., 2014). V „starej jaskyni“ Okno zimujú pravidelne, no medziročne v striedavej početnosti (1 až 13 ex.). Dosiaľ známe absolútne maximum na lokalite predstavuje 14 ex. *M. mystacinus/brandtii* z decembra 2007, ak berieme do úvahy aj priestory tzv. „novej jaskyne“ (tab. 2). Od roku 2000 sa zaznamenal výrazný nárast počtu jedincov *M. mystacinus/brandtii* na najvýznamnejších tunajších zimoviskách (Demänovská ľadová jaskyňa, Suchá jaskyňa) až do takej miery, že sa stali dominantnou zložkou spoločenstva netopierov na predmetnom území (Višňovská, 2009; Bella et al., 2014). Podobný trend evidujeme aj v jaskyni Okno, ide tu zhruba o dvojnásobne vyšší stav ich počtu za poslednú dekádu v porovnaní s predchádzajúcim obdobím (obr. 9).

Ekologickými nárokmi sa *M. mystacinus* a *M. brandtii* radia ku chladnomilným lesným formám (Bella et al., 2014). V jaskyni Okno hibernujú prevažne v úseku od Výskumnej chodby po Hlinenú chodbu a Sieň smútočnej vrby (obr. 8). Ide o prednú, najviac podchladzovanú časť jaskyne pred uzáverom a tesne za ním s variabilnou mikroklímou, pričom prevažná väčšina jedincov bola nachádzaná v priestoroch s teplotou vzduchu v rozmedzí

od -1,0 do 5,5 °C. Do najteplejších zadných častí jaskyne prenikajú pomerne zriedkavo (tab. 3). Prítomné jedince sa vyskytujú solitérne, prípadne vo dvojiciach, pričom sú spravidla ukryté v rôznych dutinkách a štrbinkách jaskynných stien alebo sintrovej výplne, menej často visia voľne.

Tabuľka 3. Priemerné počty jedincov každého druhu netopiera vo vybraných častiach jaskyne na základe 21 zimných kontrol za obdobie 2005 – 2020 (termíny medzi 22. novembrom a 15. marcom). Výsvedlivky: D% = percentuálne vyjadrenie obsadenosti jednotlivých častí jaskyne netopiermi. Table 3. Average numbers of individuals of each bat species in selected parts of the cave from 21 winter inspections for the period 2005 – 2020 (dates between 22 November and 15 March). Explanations: D% = percentage expression of the occupancy of individual parts of the cave by bats.

Priestor jaskyne / Cave space	<i>Mmys/bra</i>	<i>Enil</i>	<i>Mmyo/bly</i>	<i>Paur</i>	<i>Bbar</i>	<i>Rhip</i>	Spolu priemer / Mean Σ ind.	D%
Vstupná sieň		0,05	0,05				0,10	0,27
Výskumná chodba	4,65	6,85	2,45	0,30	2,35		16,60	44,75
ZA UZÁVEROM / BEHIND DOOR:								
Hlinená chodba	0,50	1,65	0,20				2,35	6,33
Sieň smútočnej vrby	0,60	0,05	3,95				4,60	12,40
Priepasťová chodba	0,10		0,35			0,95	1,40	3,77
Pekelná chodba	0,20		0,90			0,05	1,15	3,10
Stĺpová sieň + Sieň pagod	0,15		3,30			0,05	3,50	9,44
Puklinová chodba			1,40				1,40	3,77
Jazerná sieň + Cintorín			1,30				1,30	3,50
Chodba trosiek	0,05	0,10	1,20				1,35	3,64
Nánosová chodba	0,15		1,00	0,05		0,30	1,50	4,04
Palmová sieň + Prepadlisko	0,15		1,70				1,85	4,99
Priemer/ Mean Σ ind. in the cave:	6,55	8,70	17,80	0,35	2,35	1,35	37,10	100%

Večernica severská (*Eptesicus nilssonii*)

Prehľad nálezov iných autorov: 26. 1. 1955 – 4 ex., 20. 2. 1956 – 4 ex., 5. 3. 1957 – 3 ex., 12. 2. 1958 – 3 ex., 8. 1. 1959 – 2 ex. (Vachold, 1961, 2003); 28. 2. 1964 – 2 ex. (Gaisler a Hanák, 1973); 7. 2. 1997 – 8 ex., 29. 3. 1997 – 9 ex., 29. 11. 1997 – 8 ex., 27. 2. 1998 – 3 ex., 12. 2. 1999 – 9 ex., 26. 11. 1999 – 6 ex., 3. 2. 2000 – 3 ex., 23. 2. 2001 – 12 ex. (Brinzík et al., 2002); 14. 3. 2002 – 6 ex. (Lehotská, 2002); 15. 2. 2003 – 6 ex. (Bačkor et al., 2010).

Demänovské vrchy (obzvlášť Demänovská dolina) sú jednou z najvýznamnejších oblastí na Slovensku pre hibernáciu chladnomilného lesného druhu, večernice severskej (Bačkor et al., 2010). Jej výskyt je typický v chladnejších jaskyniach, pričom strategicky významná v tejto oblasti je Demänovská ľadová jaskyňa so známym maximom 63 jedincov (Bella et al., 2014). Abundancia druhu na lokalite Okno medzi rokmi 1955 – 1965 dosahovala maximálne 4 jedince (Vachold, 1961; Gaisler a Hanák, 1973). Od 90. rokov 20. storočia sa tu eviduje početnejšia populácia *E. nilssonii* so sezónnymi maximami od 3 do 15 jedincov (obr. 9).

V jaskyni Okno tento druh hibernuje takmer výlučne vo Výskumnej a Hlinenej chodbe (spolu v priemere až 98 % jaskynnej populácie; obr. 8). V rámci „starej jaskyne“ ide o priestory charakteristické najvyššou variabilitou teploty vzduchu počas zimnej sezóny a najnižšou teplotou vnútorného prostredia (spravidla v rozmedzí od -5,5 do 5,0 °C). Bežne obsadzuje aj prednú a strednú časť Výskumnej chodby s prítomnou ľadovou výplňou. Jedince tu zimujú individuálne, výnimočne aj vo dvojiciach, pričom väčšina z nich visí voľne na stenách (obr. 12).

Večernica pozdňá (*Eptesicus serotinus*)

Prehľad nálezov iných autorov: 26. 1. 1955 – 2 ex., 8. 1. 1959 – 1 ex. (Vachold, 1961, 2003); 7. 2. 1997 – 2 ex., 12. 2. 1999 – 1 ex., 3. 2. 2000 – 1 ex. (Brinzík et al., 2002).

Na rozdiel od predchádzajúceho druhu, večernica pozdňá sa objavuje v demänovských jaskyniach len sporadicky (Bačkor et al., 2010). V jaskyni Okno sa v priebehu druhej polovice 20. storočia evidoval príležitostný výskyt jedného až dvoch hibernujúcich jedincov *E. serotinus* (Brinzík et al., 2002; Vachold, 2003), po roku 2000 však nálezy druhu absentujú (obr. 13). Je typickým štrbinovým druhom, ktorý solitérne hibernuje v úzkych skalných puklinách a štrbinách, kde ho možno ľahko prehliadnuť.

Uchaňa čierna (*Barbastella barbastellus*)

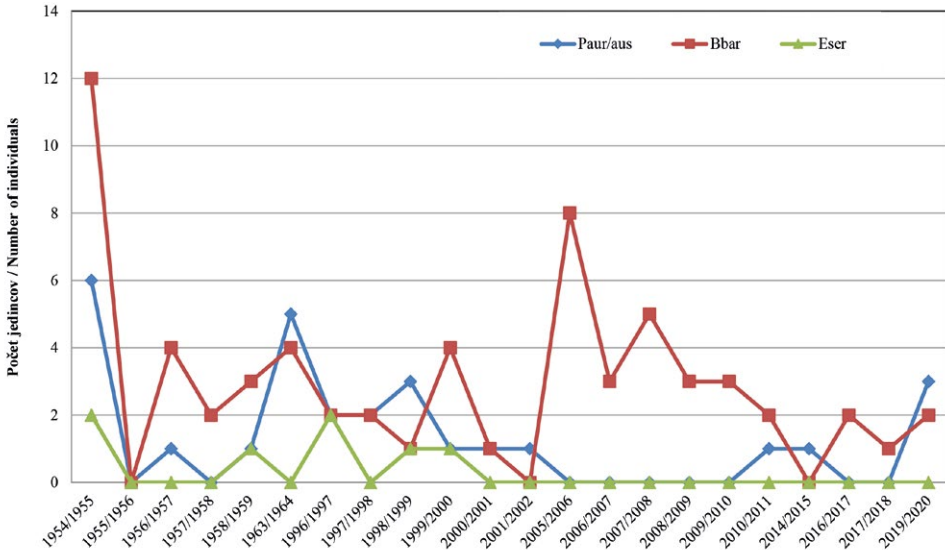
Prehľad nálezov iných autorov: 26. 1. 1955 – 12 ex., 5. 3. 1957 – 4 ex., 12. 2. 1958 – 2 ex., 8. 1. 1959 – 3 ex. (Vachold, 1961, 2003); 28. 2. 1964 – 4 ex. (Gaisler a Hanák, 1973); 7. 2. 1997 – 2 ex., 29. 3. 1997 – 1 ex., 27. 2. 1998 – 2 ex., 12. 2. 1999 – 1 ex., 26. 11. 1999 – 3 ex., 3. 2. 2000 – 4 ex., 23. 2. 2001 – 1 ex. (Brinzík et al., 2002); 15. 2. 2003 – 4 ex. (Bačkor et al., 2010).



Obr. 12. Večernica severská (*Eptesicus nilssonii*) – chladnomilný prvok v jaskyni Okno. Foto: Z. Višňovská

Fig. 12. The northern bat (*Eptesicus nilssonii*) – a cold-adapted element in the Okno Cave. Photo: Z. Višňovská

Uchaňa čierna je na zimoviskách v Nízkych Tatrách relatívne frekventovaným netopierom (Bačkor et al., 2010). Dlhodobo významné podzemné úkryty tohto chladnomilného štrbinového druhu v Demänovskej doline predstavujú Suchá jaskyňa (max. 12 ex.) a jaskyňa Okno (Bella et al., 2014). Početnosť zimnej populácie na lokalite Okno medzročne osciluje v rozmedzí 0 – 12 jedincov (obr. 13). V období po roku 2005 sme jedince *B. barbastellus* nachádzali výlučne vo Výskumnej chodbe, obzvlášť v jej strednej a zadnej časti, a to solitérne visiace voľne na stenách alebo ukryté v skalných ryhách. Hlbšie do jaskyne, za ochranný múr, tento druh nepreniká (obr. 8, tab. 3).



Obr. 13. Zmeny v maximálnej početnosti populácií *Plecotus auritus/austriacus* (modrá čiara), *Barbastella barbastellus* (červená čiara) a *Eptesicus serotinus* (zelená čiara) v jaskyni Okno medzi uvedenými zimnými sezónami za obdobie rokov 1955 – 2020.

Fig. 13. Changes in maximum abundance of the populations of *Plecotus auritus/austriacus* (blue line), *Barbastella barbastellus* (red line) and *Eptesicus serotinus* (green line) in the Okno Cave between the mentioned winter seasons for the period 1955 – 2020.

Ucháč svetlý (*Plecotus auritus*) a ucháč sivý (*Plecotus austriacus*)



Prehľad nálezov iných autorov:
P. auritus: 26. 1. 1955 – 6 ex., 5. 3. 1957 – 1 ex., 8. 1. 1959 – 1 ex. (Vachold, 1961, 2003); 14. 3. 2002 – 1 ex. (Lehotská, 2002).
P. austriacus: 28. 2. 1964 – 5 ex. (Gaisler a Hanák, 1973); 7. 2. 1997 – 2 ex., 29. 3. 1997 – 2 ex., 29. 11. 1997 – 2 ex., 12. 2. 1999 – 3 ex.,

Obr. 14. Ucháč svetlý (*Plecotus auritus*) – jedinec z jaskyne Okno. Foto: Z. Višňovská

Fig. 14. The brown long-eared bat (*Plecotus auritus*) – an individual from the Okno Cave. Photo: Z. Višňovská

26. 11. 1999 – 1 ex., 3. 2. 2000 – 1 ex., 23. 2. 2001 – 1 ex. (Brinzík et al., 2002); 15. 2. 2003 – 3 ex. (Bačkor et al., 2010).

V horských regiónoch stredného a severného Slovenska je relatívne bežným netopierom ucháč svetlý (*P. auritus*). V rámci Nízkych Tatier je hibernácia tohto chladnomilného lesného druhu zdokumentovaná prevažne zo severnej strany pohoria (Bačkor et al., 2010). V Demänovskej doline nepravidelne, resp. príležitostne hibernuje v chladnejších jaskyniach (Bella et al., 2014). Na lokalite Okno zimuje od roku 2005 takmer výlučne v prednej časti jaskyne (Výskumná chodba) o početnosti nepresahujúcej 3 jedince (obr. 8, 14).

Výskyt ucháča svetlého sa v Nízkych Tatrách čiastočne prekrýva s rozšírením príbuzného druhu, ucháča sivého (*P. austriacus*), ktorý je tu však zriedkavejší (Bačkor et al., 2010). V Demänovskej doline sú dosiaľ známe tri výskytové lokality. Väčšina zimných nálezov *P. austriacus* pochádza z jaskyne Okno s najvyšším zisteným počtom 5 exemplárov z roku 1964 (Gaisler a Hanák, 1973).

V prípade doteraz známych nálezov zástupcov rodu *Plecotus* v jaskyni Okno nastala paradoxná situácia. Niektorí autori zaradili všetky svoje nálezy ucháčov do druhu *P. auritus* (Vachold, 1961, 2003; Lehotská, 2002; Z. Višňovská, unpubl.) a iní autori do druhu *P. austriacus* (Brinzík et al., 2002; Gaisler a Hanák, 1973; Bačkor et al., 2010). Je tu zjavná diskrepancia pri odbornom posudzovaní druhovej príslušnosti nájdených jedincov ucháčov. Z tohto špecifického dôvodu sme v našom príspevku vyhodnotili dlhodobé trendy početnosti týchto druhov spolu ako podvojnú formu *P. auritus/austriacus* (obr. 13). Historicky najvyššie sezónne maximum počtu jedincov rodu *Plecotus* v jaskyni Okno predstavuje 6 ex. zo zimnej sezóny 1954/1955 (Vachold, 1961).

5.2. ŠTRUKTÚRA SPOLOČENSTVA

Druhovú skladbu, frekvencia, dominancia

Pri celkovo 22 vizuálnych kontrolách počas 13 zimných sezón za obdobie rokov 2005 – 2020 sme v jaskyni Okno zaznamenali hibernáciu najmenej šiestich druhov netopierov: *Rhinolophus hipposideros*, *Myotis myotis/blythii*, *Myotis mystacinus/brandtii*, *Eptesicus nilssonii*, *Plecotus auritus* a *Barbastella barbastellus* (tab. 2). Eukonštantnými a zároveň eudominantnými prvkami zimného spoločenstva netopierov na lokalite boli *M. myotis/blythii* (frekvencia výskytu = 100 %, dominancia = 47,98 %), *E. nilssonii* (F = 100 %, D = 23,45 %) a *M. mystacinus/brandtii* (F = 100 %, D = 17,66 %). Takmer pravidelne (F > 85 %), no spravidla s nižším kvantitatívnym podielom na zložení cenózy (D = 3 – 7 %) tu zimovali *B. barbastellus* a *R. hipposideros*. Druh *P. auritus* bol v sledovanom období minoritným prvkom spoločenstva (F < 30 %, D < 1 %).

Z deviatich druhov netopierov známych na tejto lokalite od 50. rokov 20. storočia sme po roku 2005 nezaregistrovali prítomnosť večernice pozdnej (*Eptesicus serotinus*) a ucháča sivého (*Plecotus austriacus*), ktorých relatívne frekventovaný výskyt uvádzajú Vachold (1961), Gaisler a Hanák (1973) a Brinzík et al. (2002), a otáznym v recentnom období ostáva výskyt netopiera ostrouchého (*Myotis blythii*).

Početnosť a jej medzisezónna variabilita

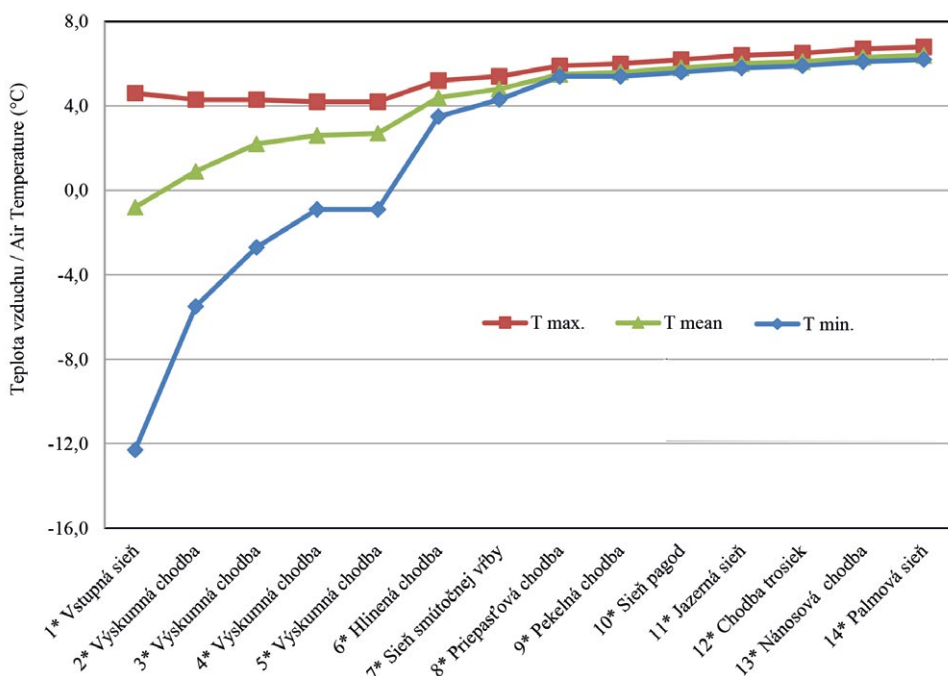
Jaskyňa Okno patrí spolu s Pustou, Suchou a Demänovskou ľadovou jaskyňou k najpočetnejším zimoviskám netopierov na území Demänovskej doliny minimálne od 50. rokov 20. storočia (Vachold, 1961; Bella et al., 2014). Za ostatných 70 rokov tu však možno badať rozdielne fázy vo vývoji celkovej početnosti hibernujúcich netopierov (hodnotíme tzv. „starú jaskyňu“). Pri porovnaní ich stavu na lokalite v polovici a na konci 20. storočia mala zjavne klesajúcu tendenciu, a to od rekordného sezónneho maxima 88 jedincov netopierov

zo zimnej sezóny 1954/1955 až po historické minimum 13 netopierov zaznamenané v sezóne 1999/2000 (obr. 10). Po roku 2000 pozorujeme spočiatku mierny a následne výraznejší nárast počtu jedincov v jaskyni až na úroveň počiatočných hodnôt z 50. rokov minulého storočia, pričom nateraz najvyššie sezónne maximum predstavuje 86 netopierov zo zimnej sezóny 2017/2018.

Na celkovej abundancii spoločenstva netopierov v jaskyni Okno sa dlhodobo najviac podieľajú zástupcovia *M. myotis/blythii* a v menšej miere aj populácie *E. nilssonii*, *M. mystacinus/brandtii* a *B. barbastellus* (Vachold, 1961; Brinzík et al., 2002; tab. 2). V medziobdobí 1997 až 2007 sa na lokalite zaznamenal výrazný kvantitatívny pokles zimujúcej populácie *M. myotis/blythii* až na rekordne nízke stavy ich počtu s najvyššími maximami len 11 jedincov v porovnaní s ich stavom z 50. rokov 20. storočia, kedy najvyššie počty v zimnej sezóne dosahovali až 56 jedincov (obr. 8). Prinajmenšom v období rokov 1995 – 2000 boli výrazne nižšie stavy *M. myotis/blythii* zaznamenané aj na iných dlhodobo sledovaných zimoviskách v oblasti, ako sú Demänovská ľadová alebo Suchá jaskyňa (Brinzík et al., 2002; Bella et al., 2014). Príčiny poklesu na lokalite Okno tak pravdepodobne nesúviseli s negatívnym vplyvom človeka v samotnej jaskyni, ale podľa Grescha (1998) sa mohlo skôr jednať o celkový ústup týchto druhov z územia Demänovskej doliny, prípadne zo širšieho okolia Liptova, a predostrel aj niekoľko možných dôvodov. Zdá sa však, že tento úbytok bol len prechodný, keďže zhruba od roku 2008 evidujeme na lokalite Okno opätovný nárast počtu zimujúcich jedincov *M. myotis/blythii*, a to postupne až na úroveň ich stavu spreď roka 1960 (obr. 10). Za poslednú dekádu pozorujeme na lokalite taktiež početnejší výskyt *M. mystacinus/brandtii* (max. 13 ex.) v porovnaní s predchádzajúcim obdobím (max. 6 ex.), a početný stav hibernujúcej populácie *E. nilssonii* (max. 15 ex.) je tu vyšší minimálne od 90. rokov 20. storočia (obr. 9). Abundancia ostatných druhov (*B. barbastellus*, *P. auritus/austriacus*, *E. serotinus*) medziročne kolíše, pravdepodobne v závislosti od podmienok vonkajšieho prostredia v jednotlivých zimných sezónach, pričom u jednotlivých druhov spravidla nepresahuje 12 jedincov (obr. 13).

Priestorová distribúcia

Z ekologických faktorov ovplyvňujúcich hibernáciu netopierov medzi najdôležitejšie patria mikroklimatické pomery, a do značnej miery tiež vletové možnosti a konfigurácia vstupného otvoru, resp. vnútorných priestorov zimoviska. Netopiere počas hibernácie javia druhovo špecifické nároky najmä na teplotné pomery zimoviska (Vachold, 1961; Višňovská et al., 2007). Tie podmieniajú druhové zloženie lokálnej komunity netopierov a zároveň ich priestorovú distribúciu v rámci podzemného úkrytu. Základnú teplotnú charakteristiku vnútorných priestorov jaskyne Okno z obdobia rokov 2005 – 2020 uvádzame v tabuľke 1. Pre presnejšie vyjadrenie stavu podmienok v jednotlivých priestoroch hodnotíme osobitne periódu skorej zimy (9 meraní medzi 22. novembrom a 7. decembrom) a periódu neskorej zimy (12 meraní medzi 12. februárom a 15. marcom). Do tohto hodnotenia sme nezapočítali stav na lokalite zo dňa 16. 10. 2007, ktorý časovo prislúcha ešte do prechodného, resp. jesenného obdobia. Obrázok 15 ilustruje medzisezónnu variabilitu teploty vzduchu v jednotlivých častiach jaskyne na základe 21 meraní zo všetkých 13 zimných sezón dohromady. Je vhodné mať na zreteli, že obzvlášť v mikroklimaticky dynamických jaskynných častiach, akými sú Vstupná sieň a Výskumná chodba, môžu mať teplotné dáta relatívny charakter, nakoľko teplota vzduchu v rôznych úrovniach nad zemou sa tu môže líšiť pomerne výrazne (Droppa, 1957). To znamená, že teplota v prízemnej časti sa nemusí zhodovať s teplotou v stropnej časti. V prípade našich meraní ide o hodnoty vo výške zhruba 0,5 až 1,0 m nad



Obr. 15. Rozsah hodnôt teploty vzduchu vo vybraných častiach jaskyne Okno nameraných počas 21 návštev v zimnom období počas rokov 2005 – 2020 (termíny medzi 22. novembrom a 15. marcom). Vysvetlivky: minimálna nameraná hodnota (T min.), maximálna nameraná hodnota (T max.), priemer zo všetkých nameraných hodnôt (T mean), na lokalizáciu meracích bodov č. 1 až 14 pozri obr. 2.

Fig. 15. Range of air temperature values in selected parts of the Okno Cave measured during 21 visits in the winter period during the years 2005 – 2020 (dates between 22 November and 15 March). Explanations: minimum measured value (T min.), maximum measured value (T max.), average of all measured values (T mean), for locating measuring points no. 1 to 14 see Fig. 2.

úrovňou terénu. A v neposlednom rade, k dispozícii máme iba hodnoty aktuálne ku dňu kontroly a nie údaje z kontinuálneho mikroklimatického monitoringu.

S výnimkou Vstupnej siene, netopiere pravidelne využívajú na hibernáciu takmer každý priestor pozdĺž „starej jaskyne“ (tab. 3). Najviac obsadzovanými časťami za obdobie rokov 2005 – 2020 boli Výskumná chodba (44,75 % zo všetkých nálezov jedincov netopierov), Sieň smútočnej výby (12,40 %) a Sieň pagod so Stĺpovou sieňou (9,44 %) (obr. 8). Na základe získaných údajov o rozmiestnení fauny netopierov a niektorých mikroklimatických charakteristík za uvedené obdobie možno v rámci „starej jaskyne“ rozlíšiť dve základné zóny.

Predný úsek jaskyne (pred uzáverom) tvoria priestory Vstupnej siene a Výskumnej chodby, na konci ktorej sa od roku 1999 nachádza kamenno-betónový múr s kovovým uzáverom (obr. 5). Veľký portálový vchod do jaskyne (obr. 3) a mierne sa na začiatku zvažujúca a ďalej viac-menej horizontálna priestranná chodba zvyšujú účinok vnikania chladného vzduchu počas mrazivých dní pomerne hlboko do prednej časti jaskyne, v dôsledku čoho spomínaný priestor postupne vymŕza za sprievodnej tvorby ľadovej výplne z presakujúcich vôd (obr. 4). Tento úsek, dlhý od vchodu po ochranný múr cca 120 m, je v priebehu zimy najchladnejším miestom v jaskyni a podlieha najväčším výkyvom teploty vzduchu, avšak čím ďalej od vchodu, tým vplyv vonkajšieho prostredia postupne slabne (Višňovská, 2021; obr. 15). Pri našich návštevách od roku 2005 sme prítomnosť ľadovej výplne najďalej od

vchodu, siahajúcej až zhruba do $\frac{2}{3}$ Výskumnej chodby, zaznamenali koncom februára 2018, a do $\frac{1}{2}$ chodby vo februári 2011.

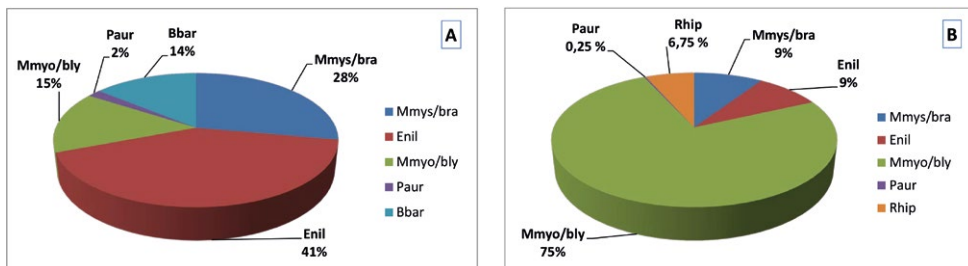
V hodnotenom období 2005 – 2020 sme v prednom úseku jaskyne zaznamenali minimálne 5 druhov netopierov (tab. 3). Vstupná sieň (obr. 3), vzhľadom na extrémne premenlivé podmienky a značné premŕzanie, je priestorom nevhodným na hibernáciu netopierov, ich nálezy v tejto časti boli len sporadické. Vo Výskumnej chodbe (obr. 4) sú teplotné výkyvy už spravidla miernejšie a samotná teplota vzduchu v priemere vyššia (tab. 1). Celkový počet netopierov tu medziročne, ale aj v rámci zimnej sezóny značne kolísal, pričom maximá ich počtu medzi jednotlivými sezónami boli zistené v rozsahu od 8 do 31 jedincov. Zimujú tu prevažne chladnomilné lesné a štrbinové druhy netopierov. Najväčšie pomerné zastúpenie v prednom úseku jaskyne (obr. 16) mali druhy *E. nilssonii* (41 %) a *M. mystacinus/brandtii* (28 %). Pre tento úsek je zároveň charakteristický výskyt druhov *B. barbastellus* a *P. auritus*. Väčšina jedincov netopierov sa zvyčajne koncentruje v koncovej časti Výskumnej chodby, kde teplota vzduchu kolíše spravidla medzi 0 – 4 °C, pri dlhšie trvajúcom mrazivom počasi však aj tu, prinajmenšom v jej prízemnej časti, klesá pod 0 °C. Druh *E. nilssonii* relatívne bežne obsadzuje aj oveľa chladnejšiu prednú a strednú časť Výskumnej chodby s prítomnou ľadovou výplňou.

Stredný a zadný úsek „starej jaskyne“ (za uzáverom) je charakteristický relatívne ustálenou mikroklimou a vyššou teplotou vzduchu s obmedzeným až minimálnym vplyvom vonkajšieho prostredia (Višňovská, 2021; obr. 15). Podľa našich zistení, priestory v tomto úseku už nepremŕzajú. Teplota vzduchu v priestore bezprostredne za ochranným múrom neklesla pod 3 °C ani v čase mrazivého počasia a výrazného podchladenia celého predného úseku pod bod mrazu. Ochranný múr (obr. 5) tak v plnom rozsahu plní funkciu stabilizačného faktora a umožňuje zachovávať pôvodné speleoklimatické pomery v kvapľových častiach od Siene smútočnej vrvy spreď roka 1921 (Zelinka, 2000). Za obdobie rokov 2005 – 2020 sa v celom úseku jaskyne za uzáverom zistilo minimálne 5 druhov netopierov (tab. 3), pričom celkový počet netopierov dosahoval sezónne maximá od 10 do 55 jedincov. Až 75 % zo všetkých nálezov netopierov v tomto úseku tvorili zástupcovia *M. myotis/blythii* (obr. 16).

Za akúsi prechodnú zónu z hľadiska druhového spektra i teploty prostredia považujeme priestory Hlinenej chodby a Siene smútočnej vrvy, nachádzajúce sa ako prvé za ochranným múrom. V tejto časti jaskyne sa ešte v obmedzenej miere prejavuje vplyv vonkajšieho prostredia. Počas našich zimných návštev od roku 2005 tu teplota prostredia dosahovala hodnoty v rozmedzí 3,5 – 5,5 °C. Svojím výskytom sem pomerne často zasahujú niektoré chladnomilné druhy typické pre predný úsek jaskyne, ako sú *E. nilssonii* alebo *M. mystacinus/brandtii*. Sieň smútočnej vrvy (obr. 6) je zároveň miestom najčastejšieho a najpočetnejšieho výskytu *M. myotis/blythii* v jaskyni, pričom niektoré jedince sa tu zvyknú zhlukovať do málopočetných zoskupení (obr. 11).

V ďalšom pokračovaní hlavného úseku za ochranným múrom od Priepastovej chodby po Prepadlisko evidujeme najvyššiu teplotu vnútorného prostredia (v rozmedzí 5,4 – 6,8 °C) a zároveň minimálne teplotné rozdiely ($\leq 0,6$ °C) počas zimného obdobia i medzi rôznymi sezónami (tab. 1; obr. 15). Výlučne v tomto úseku jaskyne sa vyskytoval druh *R. hipposideros*, a to najčastejšie v Priepastovej alebo Nánosovej chodbe (obr. 8). Jeho početnosť je tu však celkovo nízka, preto podiel v pomernom zastúpení tu prítomných druhov predstavuje v priemere menej ako 7 % (obr. 16).

Druhy *M. myotis/blythii* a *M. mystacinus/brandtii* vykazujú pri hibernácii v jaskyni Okno relatívne vysokú mieru tolerancie na teplotu aj charakter jaskynného prostredia. Hibernujúce jedince týchto druhov sme zaznamenávali v ktorejkoľvek časti jaskyne, či už teplejšej zadnej alebo chladnejšej prednej, vo vyšších aj nízkych priestoroch, visiace voľne na stenách aj



Obr. 16. Dominancia (v %) jednotlivých druhov netopierov v úseku jaskyne Okno pred uzáverom (A) a v úseku za uzáverom (B). Ide o priemer hodnôt zo zimných sčítaní za obdobie rokov 2005 – 2020. Fig. 16. Dominance (in %) of individual bat species in the section of the Okno Cave in front of the closure (A) and in the section behind the closure (B). This is the average of the values from the winter censuses for the period 2005 – 2020.

ukryté v dutinkách alebo štrbinách. Evidentný rozdiel ale vidno z hľadiska preferencie k určitému úseku jaskyne. V priemere takmer 86 % jaskynnej populácie *M. myotis/blythii* obsadzovalo teplejšie priestory s ustálenou mikroklimou v strednom a zadnom úseku jaskyne (za uzáverom) s mierne vyššou koncentráciou jedincov v priestrannjších častiach jaskyne, ako sú Sieň smútočnej vrbý, Sieň pagod alebo Palmová sieň (tab. 3, obr. 8). V priemere okolo 88 % jaskynnej populácie *M. mystacinus/brandtii* preferovalo chladnejšie priestory s variabilnou mikroklimou v prednom a strednom úseku jaskyne (z toho 71 % populácie pred uzáverom a ďalších cca 17 % tesne za ním) s najvyššou koncentráciou jedincov vo Výskumnej chodbe, Sieni smútočnej vrbý a Hlinenej chodbe (tab. 3, obr. 8).

5.3. ĎALŠIE ZISTENIA A POZNÁMKY

Pri zimnom sčítaní netopierov neboli do štandardnej trasy zaradené **priestory tzv. „novej jaskyne“**, začínajúce v Pekelnej chodbe približne v strednej časti jaskyne. K objaveniu týchto priestorov prispela kuriózna príhoda zo septembra 2005, keď jaskyniari pri prieskume jaskyne spozorovali netopiera vyletujúceho z prudko klesajúceho úzkeho otvoru na dne Pekelnej chodby. To im naznačovalo perspektívu jeho pokračovania do ďalších priestorov, čo sa napokon aj potvrdilo po prekonaní závalu dreva a sedimentov, za ktorým bolo postupne zameraných takmer 1640 m nových chodieb s deniveláciou 110 m (Holúbek et al., 2006). Podľa odhadov miestnych jaskyniarov je v daných priestoroch počet zimujúcich netopierov celkovo nízky, nie viac ako 10 jedincov. Za obdobie nášho chiropterologického monitoringu sme tu uskutočnili tri orientačné obhliadky, pri ktorých sa spozorovala prítomnosť jedného až šiestich netopierov, zakaždým z rodu *Myotis* (tab. 2). Na základe doterajších zistení a vzhľadom na prevládajúci tesný kanálovitý alebo puklinovitý charakter príslušných chodieb možno nateraz charakterizovať priestory „novej jaskyne“ ako málo atraktívne pre samotné zimovanie netopierov. Na druhej strane, exkrementy netopierov roztrúsené na viacerých miestach svedčia o ich častých preletoch v týchto priestoroch (Holúbek et al., 2006).

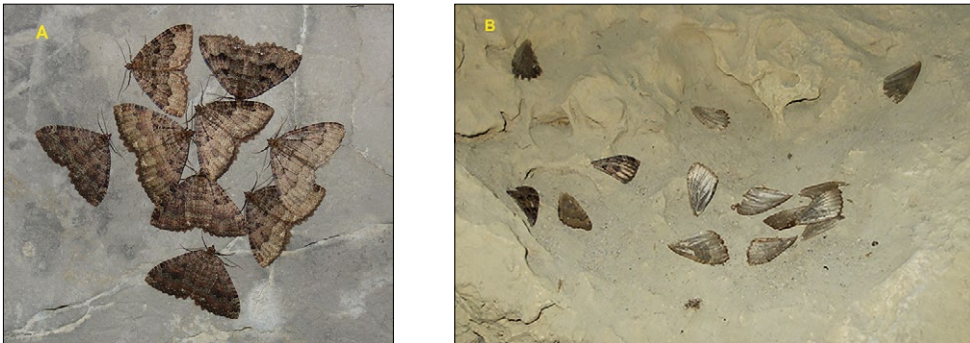
Nález netopierov na lokalite Okno **z letného obdobia** absentujú. Vachold (1961), v snahe zistiť, koľko zo zimujúcich jedincov netopierov ostáva v Demänovskej doline aj cez letné mesiace, vykonal v rokoch 1955 a 1956 obhliadky tejto a niektorých ďalších miestnych jaskýň vrátane večerného pozorovania, no nepodarilo sa mu zistiť prítomnosť netopierov v jaskyniach. Rovnakým výsledkom skončila obhliadka priestorov jaskyne Okno počas našej návštevy začiatkom augusta 2006. Niekoľko nálezov pochádza **z jarného alebo jesenného obdobia**. V septembri 1999 tu Brinzík et al. (2002) zaznamenali výskyt dvoch

oddychujúcich jedincov *M. mystacinus/brandtii*. V polovici októbra 2007 sme v jaskyni zistili prítomnosť 17 jedincov troch druhov netopierov (tab. 2).

Vo Výskumnej chodbe sme ojedinele pozorovali čerstvé **kadávery netopierov** z rodu *Myotis*. Ide o prednú časť jaskyne charakteristickú značnými výkyvmi teploty vzduchu v priebehu zimy (aj o viac ako 10 °C), čo môže byť jednou z príčin ich úhynu v prípade, ak tieto jedince počas hibernácie nestihnú včas zareagovať na náhle podchladenie priestoru. Ich telá sme našli čiastočne zatečené v ľadových nátekoch.

Jaskyňu zrejme netopiere príležitostne využívajú ako **miesto získavania potravy**. Vo februári 2020 sme spozorovali zvyšky tiel piadivky jaskynnej (*Triphosa dubitata*). Išlo o niekoľko desiatok krídel bez telíčok, ktoré boli roztrúsené na dvoch miestach pri stene v prednej časti Výskumnej chodby (obr. 17). Pri predchádzajúcej kontrole, v novembri 2019, sme tento úkaz ešte neevidovali. Predpokladáme, že ich tu ulovili a skonžumovali niektoré z prítomných netopierov, ktoré sa dočasne prebudili zo zimného spánku, a tým si doplnili zásoby energie (sensu Anděra, 2014). Na základe našich dlhoročných pozorovaní, spomínaný troglofilný druh motýľa zimuje v tejto jaskyni pravidelne a vo veľkom počte (odhadom niekoľko stoviek jedincov) na stenách predného a stredného úseku Výskumnej chodby.

V inom ohľade zaujímavý je aj prípad z novembra 2008, keď sme vo vstupnom portáli jaskyne spozorovali jedinca murárika červenokrídleho (*Tichodroma muraria*), vzácného druhu vtáka, ako v skalných štrbinách vyhľadáva potravu (bezstavovce).



Obr. 17. Piadivka jaskynná (*Triphosa dubitata*) vo Výskumnej chodbe: A – zimujúce jedince, B – časť nahromadených fragmentov tiel motýľov. Foto: Z. Višňovská

Fig. 17. The tissue (*Triphosa dubitata*) in the Výskumná chodba Corridor: A – wintering individuals, B – part of the accumulated fragments of moth bodies. Photo: Z. Višňovská

6. STAV PRAKTICKEJ OCHRANY A POTENCIÁLNE HROZBY

O významnom postavení jaskýň Demänovskej doliny z hľadiska zimovania netopierov svedčí fakt, že až štyri miestne jaskyne – jaskyňa Okno spolu s Demänovskou ľadovou, Suchou a Pustou jaskyňou, boli zaradené medzi podzemné biotopy netopierov európskeho významu (EUROBATS, 2015). Tie sú viazané medzinárodnou Dohodou o ochrane európskych populácií netopierov účinnou od roku 1994, ktorá sa vzťahuje aj na všetky u nás žijúce druhy netopierov s cieľom ich zachovania a ochrany. Jednou z priorit je tak zvýšená praktická ochrana predmetných jaskýň ako dôležitých podzemných úkrytov netopierov.

Vstupná časť jaskyne Okno bola známa už oddávna, ale až zvýšená aktivita miestnych nadšencov po roku 1918 a neskôr jaskyniarov priniesla niekoľko zásadných objavov pokračovania jaskyne. V letnom období rokov 1925 až 1932 dokonca jaskyňu turisticky sprístupnil vtedajší majiteľ miestneho pozemku a jaskyne Ladislav Povolný (Lalkovič,

2014). Spomínané objavy ďalších častí jaskyne a jej následné, aj keď krátkodobé sprístupnenie verejnosti, priniesli so sebou viacero výrazných zásahov do pôvodného prostredia podzemného biotopu, či už to bolo prekopávanie, rozširovanie alebo prehĺbovanie zúžených priestorov, alebo používanie acetylénových lúčov na osvetlenie pri prehliadkach, a vyskytovali sa taktiež prípady vstupu nepovolovaných osôb s prejavmi vandalizmu (Droppa, 1957; Dzúr, 2005; Lalkovič, 2014). Vo vzťahu k faune netopierov, významným antropickým zásahom bolo inštalovanie rôznych typov zábran a uzáverov, a to najprv drevenej brány tesne za jaskynným vchodom po roku 1923, a minimálne od roku 1976 aj dreveného a neskôr kovového mrežového uzáveru na konci Výskumnej chodby smerom do Siene smútočnej vŕby (Zelinka, 2000; Dzúr, 2005). Od júla 1999 je tento priechod v celom profile tvorený kamenno-betónovým múrom so zabudovanými kovovými dvierkami, v ktorých je malý vletový otvor pre netopiere (obr. 5). Jeho samotná inštalácia údajne nebola príčinou výrazného poklesu počtu jedincov *M. myotis/blythii* na lokalite vo vtedajšom období, keďže ich nižšie stavy boli zaznamenané už v čase pred týmto zásahom (Brinzík et al., 2002). Menšou technickou úpravou uzáveru v roku 2007, kedy boli kovové dvierka premiestnené na iné miesto v múre (Balciar a Staník, 2008), sa vytvorili podmienky k ľahšiemu preletu netopierov cez otvor uzáveru. V následnom období (od zimnej sezóny 2007/2008) evidujeme vo vnútornom jaskynnom úseku za uzáverom postupný nárast zimujúcich jedincov *M. myotis/blythii* (obr. 10), čo nemusí, ale aj môže súvisieť s touto zmenou. Každopádne, samotná inštalácia ochranného múru v spomínanom bode jaskyne prispela k stabilizácii mikroklimatických pomerov v jaskyni, čo pravdepodobne priaznivo vplýva na lokálnu komunitu netopierov.

Veľmi dôležitým faktorom pre netopiere počas hibernácie, predstavujúcej kritickú fázu ich ročného životného cyklu, je zachovávanie kľudového režimu na zimovisku, predovšetkým v období od polovice novembra do polovice apríla. Nepriaznivo v tomto čase pôsobí ich časté vyrušovanie a rovnako nevhodné je prípadné používanie svietidiel na báze otvoreného ohňa (napr. karbidové lampy). Tieto typy svietidiel by sa na lokalite nemali používať vôbec. Nakoľko väčšiu časť jaskyne za ochranným múrom tvoria pomerne nízke alebo úzke, slabo vetrané chodby, a navyše, netopiere často visia relatívne nízko nad úrovňou terénu v dosahu prechodu ľudí, nie je možné počas pobytu v jaskyni vytvárať si väčší odstup od zimujúcich jedincov. To môže v niektorých prípadoch viesť k neplánovanému prebúdzaniu jedincov, čo znižuje ich šance na prežitie do jari (Anděra, 2014). Potenciálnou hrozbou pre netopiere hibernujúce v prednom úseku jaskyne je aj zakladanie ohňa vo vchode do jaskyne v zimnom období. V tomto čase, v závislosti od teploty vonkajšieho prostredia, môže totiž dochádzať k nasávaniu dymu a tepla z ohniska do jaskynného priestoru (prinajmenšom v časti Výskumnej chodby), a nepriamo tým k ohrozeniu prítomných jedincov.

Zvláštnosťou jaskyne Okno je to, že hoci ide o pomerne vysoko položenú jaskyňu, ktorá geneticky súvisí s Demänovským jaskynným systémom, jej vchod sa v zimnom období prejavuje ako spodný otvor do jaskynného systému, ktorým môže chladný vonkajší vzduch vnikáť pomerne hlboko do predného úseku jaskyne, na dĺžke aj viac ako 100 m (Droppa, 1957; Holúbek et al., 2006). Od objavenia nových, prevažne vertikálnych priestorov v strednej časti jaskyne sa po roku 2005 zintenzívnila výskumná a speleologická činnosť na lokalite zameraná na hľadanie možného postupu smerom k Demänovskej jaskyni mieru (Psoťka, 2008; Herich et al., 2015, 2017 a ďalší), čo je sprevádzané odkopávaním sedimentov, rozširovaním a prepájaním rôznych priestorov. V tomto smere je vhodné dbať na to, aby po prípadnom fyzickom prepojení jaskyne Okno s nižšie situovanými teplejšími časťami Demänovského systému nedošlo k narušeniu mikroklimatických pomerov v samotnej jaskyni Okno. To by mohlo vyvolať postupné zmeny v druhej skladbe netopierov, prejavujúce sa

predovšetkým úbytkom až absenciou chladnomilných druhov, ktoré sú pre túto jaskyňu, resp. pre jej predný chladný úsek charakteristické.

V záujme zachovania zimujúcich populácií chránených druhov netopierov na lokalite bude hlavným cieľom aj v nadchádzajúcom období monitorovanie hrozieb a eliminácia nežiadúcich javov, aby sa predchádzalo neprimeraným zmenám podmienok vo vnútornom prostredí jaskyne. Nateraz možno konštatovať, že štruktúra lokálneho spoločenstva netopierov je relatívne stabilná, a ich početný stav na lokalite hodnotíme celkovo ako priaznivo sa vyvíjajúci.

7. ZÁVER

V príspevku sme poskytli prehľad o súčasnom stave poznania chiropterofauny v jaskyni Okno (Demänovská dolina, Nízke Tatry). Ide o jednu z dlhodobo monitorovaných podzemných lokalít na predmetnom území. Prvé odborné údaje o výskyte netopierov na lokalite pochádzajú z 50. rokov 20. storočia a pravidelný zimný monitoring sa tu vykonáva od roku 1997.

Z celkového počtu 18 druhov netopierov známych na území Demänovskej doliny Nízkych Tatier (Bačkor et al., 2010; Bella et al., 2014) sa v jaskyni Okno doteraz potvrdil výskyt najmenej deviatich druhov: *Rhinolophus hipposideros* (dosiaľ najvyššie známe sezónne maximum 7 jedincov), *Myotis myotis* (max. 48 ex.), *Myotis blythii* (max. 21 ex.), *Myotis mystacinus/brandtii* (max. 14 ex.), *Eptesicus nilssonii* (max. 15 ex.), *Eptesicus serotinus* (max. 2 ex.), *Barbastella barbastellus* (max. 12 ex.), *Plecotus auritus* (max. 6 ex.) a *Plecotus austriacus* (max. 5 ex.).

Všetky zaznamenané druhy využívajú vnútorné priestory jaskyne počas zimného obdobia na hibernáciu, a niektoré príležitostne aj v prechodnom období ako denný úkryt. Najviac obsadzovanými časťami „starej jaskyne“ sú Výskumná chodba, Sieň smútočnej vrby a Sieň pagod so Stĺpovou sieňou. V chladnejšom prednom úseku jaskyne s premenlivou mikroklímou (Výskumná chodba) sa koncentrujú prevažne chladnomilné lesné a štrbinové druhy ako *E. nilssonii*, *M. mystacinus/brandtii*, *B. barbastellus* a zástupcovia rodu *Plecotus*, ktoré sú voči premenlivým a drsnejším podmienkam prostredia relatívne odolné, resp. tolerantné. Do roku 2000 sa tu príležitostne objavoval aj skalný štrbinový druh *E. serotinus*. Termofilnejšie druhy *R. hipposideros* a *M. myotis* (do roku 1964 bol potvrdený aj *M. blythii*) preferujú na zimovanie teplejšie partie v strednom a zadnom úseku jaskyne so stálou mikroklímou (úsek za uzáverom od Siene smútočnej vrby po Prepadlisko). Jedince netopierov zimujú v jaskyni prevažne solitérne, zriedkavo aj vo dvojiciach (*M. mystacinus/brandtii*, *E. nilssonii*) alebo v menších zoskupeniach (*M. myotis/blythii*).

Jaskyňa Okno patrí medzi chiropterologické lokality európskeho významu. Významná je najmä pravidelným zimovaním širšieho spektra chladnomilných druhov netopierov. Z dlhodobého hľadiska najviac frekventované a dominantné na lokalite sú druhy *M. myotis/blythii*, *E. nilssonii*, *M. mystacinus/brandtii* a *B. barbastellus*. Po roku 2000 tu evidujeme postupný nárast celkového počtu netopierov, a to najmä z dôvodu opätovného nárastu abundancie netopiera veľkého/ostrouchého (*M. myotis/blythii*), a čiastočne aj vďaka vyšším stavom počtu jedincov *E. nilssonii* a *M. mystacinus/brandtii*. Stúpajúci trend početnosti netopierov je zachytený aj na niektorých iných zimoviskách v predmetnej oblasti, napr. v Demänovskej ľadovej jaskyni alebo Suche jaskyni (Bella et al., 2014). Tieto tri lokality patria v súčasnosti medzi najvýznamnejšie známe zimoviská večernice severskej (*E. nilssonii*) a netopiera fúzatého a Brandtovho (*M. mystacinus/brandtii*) na Slovensku.

Z hľadiska celkovej abundancie netopierov, najvyššie známe sezónne maximá v priestoroch „starej jaskyne“ atakujú hranicu 90 jedincov a v priestoroch „novej jaskyne“ je

v rámci príležitostných pozorovaní známy počet nepresahujúci 10 jedincov. Na základe toho predpokladáme, že lokalitu Okno v súčasnosti využíva na hibernáciu zhruba 80 až 100 netopierov ročne.

Pod'akovanie: Autorka príspevku ďakuje za asistenciu a pomoc pri terénnom monitoringu v období rokov 2005 – 2020 všetkým menovaným kolegom a spolupracovníkom: Eva Farkašová, Zuzana Galfyová, Alfréd Gresch, Dagmar Haviarová, Roman Hlavna, Ľubomír Korček, Miroslav Kudla, Lucia Kunáková, Michal Lopčiansky, Miloš Melega, Jozef Psoťka, Štefan Ratkovský, Michal Rendoš, Pavol Staník, Lukáš Vlček. Za poskytnutie primárnych údajov zo sčítania netopierov v jaskyni Okno zo dňa 14. 3. 2002 patrí vďaka Jánovi Obuchovi, Petrovi Holúbekovi a Jánovi Harmaniakovi. Za vyhľadanie a poskytnutie záznamov v dostupných archívnych materiáloch ďakujeme Ing. Erikovi Kližanovi a RNDr. Vladimírovi Janskému zo Slovenského národného múzea. Pravidelný chiropterologický monitoring na lokalite od roku 2005 sa vykonával v rámci Plánu hlavných úloh SŠJ a ŠOP SR. Časť výskumných aktivít za roky 2019 – 2020 sa realizovala v rámci projektu „Ochrana a starostlivosť o jaskyne Slovenska I.“, kód ITMS: 310011P445 za finančnej podpory z fondov EÚ.

LITERATÚRA

- Anděra M. 2014. Naši netopýři. Správa jeskyní České republiky, Průhonice, 167 s.
- Báčkor P., Uhrin M., Višňovská Z., Urban P. & Gresch A. 2010. Prehľad nálezov netopierov (Chiroptera) a chiropterologická bibliografia Národného parku Nízke Tatry (stredné Slovensko). *Vespertilio*, 13–14, 3–34.
- Balciar I. & Staník P. 2008. Uzatváranie a čistenie jaskýň v roku 2007. *Aragonit*, 13, 1, 37–38.
- Bella P., Haviarová D., Kováč L., Lalkovič M., Sabol M., Soják M., Struhár V., Višňovská Z. & Zelinka J. 2014. Jaskyne Demänovskej doliny. *Speleologia Slovaca*, 4, ŠOP SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 200 s.
- Bella P., Hlaváčová I. & Holúbek P. 2018. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 31. 12. 2017). Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, 528 s.
- Bella P. & Holúbek P. 1999. Zoznam jaskýň na Slovensku (stav k 31. 12. 1998). Ministerstvo životného prostredia SR, Bratislava, 268 s.
- Brinzík M., Noga M. & Molnár B. 1998. Bats of the Demänová valley (Lower Tatra Mts., Slovakia). *Vespertilio*, 3, 150.
- Brinzík M., Noga M. & Bernadovič, F. 2002. Zimoviská netopierov v Demänovskej doline. *Vespertilio*, 6, 131–136.
- Droppa A. 1957. Demänovské jaskyne – Krasové zjavy Demänovskej doliny. Slovenská akadémia vied, Bratislava, 289 s.
- Droppa A. 1972. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras*, 10, 9–46.
- Dudich A. & Matoušek B. 1985. Blchy (Siphonaptera, Insecta) zo zbierok Slovenského národného múzea v Bratislave. Zborník Slovenského národného múzea, Prírodné vedy, 31, 81–104.
- Dzúr J. 2005. Jaskyňa Okno – nové poznatky. *Spravodaj SSS*, 36, 4, 24–26.
- EUROBATS 2015. Important Underground Sites for Bats in Europe – Slovakia. https://www.eurobats.org/sites/default/files/documents/Underground_sites/Slovakia.pdf
- Gaisler J. & Hanák V. 1973. Aperçu de chauves-souris des grottes Slovaques. *Slovenský kras*, 11, 73–84.
- Gresch A. 1998. Vplyv prostredia na netopiere Liptovskej kotliny v severných Karpatoch. *Vespertilio*, 3, 25–28.
- Herich P., Kubičina L. & Holúbek P. 2015. Expedícia Demänovská dolina. *Spravodaj SSS*, 46, 3, 37–41.
- Herich P., Kubičina L. & Holúbek P. 2017. Expedícia Demänová 2017. *Spravodaj SSS*, 48, 2, 17–21.
- Holúbek P. 2001. Nové národné prírodné pamiatky. *Spravodaj SSS*, 32, 4, 23.
- Holúbek P., Staník P. & Psoťka J. 2006. Stručné zhrnutie nových poznatkov z jaskyne Okno. *Spravodaj SSS*, 37, 1, 56–59.
- Kroupová V. 1980. Topografické podklady Databanky fauny Slovenska. Správy Slovenskej zoolo-gickej spoločnosti pri SAV, 7, 23–27.
- Lalkovič M. 2014. Z histórie jaskyne Okno v Demänovskej doline. *Aragonit*, 19, 1–2, 20–28.

- Lehotská B. (Ed.) 2002. Zimné sčítanie netopierov na Slovensku 2001/2002. Skupina pre ochranu netopierov, Revúca, 20 s.
- Matoušek B. 1998. Katalóg kolekcie cicavcov Júliusa Vacholda v Prírodovednom múzeu Slovenského národného múzea. Zborník Slovenského národného múzea, Prírodné vedy, 44, 61–96.
- Obuch J. 1994. Types of the bat assemblages (Chiroptera) recorded in Slovakia. *Folia Zoologica*, 43, 4, 393–410.
- Obuch J. 2009. Zaujímavé osteologické nálezy z Nízkych Tatier. *Príroda Nízkych Tatier*, 2, Banská Bystrica, 237–247.
- Psočka J. 2008. Fluvial deposits and morphology of the Okno Cave, Demänová Valley – preliminary results of the study. *Slovenský kras*, 46, 1, 99–107.
- Vachold J. 1961. K pomerom hibernácie netopierov v jaskyniach Demänovského krasu. *Slovenský kras*, 3, 59–67.
- Vachold J. 2003. Výskyt a rozšírenie netopierov na Slovensku s ekologickými dodatkami. *Vespertilio*, 7, 185–233.
- Višňovská Z. 2007. Jaskyne Demänovskej doliny – významné zimoviská netopierov. *Aragonit*, 12, 54–61.
- Višňovská Z. 2009. Zimoviská netopierov v Demänovskej doline (Nízke Tatry) s dôrazom na zimnú sezónu 2007/2008. *Príroda Nízkych Tatier*, 2, Banská Bystrica, 219–228.
- Višňovská Z. 2021. Jaskyňa Okno – zaujímavé zimovisko netopierov v Demänovskej doline (Nízke Tatry). *Aragonit*, 26, 1, 43–44.
- Višňovská Z., Zelinka J. & Strug K. 2007. Spatial distribution of hibernating bats (Chiroptera) in relation to climatic conditions in the Demänovská Ice Cave (Slovakia). In Zelinka, J. (Ed.): 2nd International Workshop on Ice Caves (IWIC-II). Proceedings, Demänovská Dolina 8. – 12. 5. 2006, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 87–97.
- Volko-Starohorský J. 1927. Vykopávky v jaskyni „Okne“ (Demänovská dolina, Liptov). Zpráva o nálezisku. *Sborník Muzeálnej slovenskej spoločnosti*, 21, Turčiansky Sv. Martin, 24–39.
- Zelinka J. 2000. Rekonštrukcia uzáveru jaskyne Okno v Demänovskej doline. *Aragonit*, 5, 23–24.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	59/2	229 – 249	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2021
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

VÝSKUM ARCHEOLOGICKÝCH LOKALÍT V SEVERNOM PREDHORÍ NÍZKYCH TATIER S VYUŽITÍM LIDAROVÝCH DÁT, REFÚGIUM NA DEMÄNOVSKEJ HORE A HRADISKO ROHAČKA

ZUZANA ŠIMKOVÁ – PETER LAUČÍK

Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš;
zuzana.simkova@smopaj.sk; peter.laucik@smopaj.sk

Z. Šimková, P. Laučík: Research of archaeological sites in the northern foothills of the Low Tatras using the LIDAR data – a refuge place on the Demänovská hora Mountain and the hillfort Rohačka

Abstract: Demänovská hora Mountain is situated in the northern foothills of the Nízke Tatry Mts. in the cadastral areas of Ploštín and Demänovská Dolina villages. It is a rocky peak of a mountain ridge, which descends to the north and ends with the prehistoric hillfort Rohačka. At the top of Demänovská hora there is an archeological site – a refuge place dated to the Iron Age, where several short-term archaeological excavations carried out in the past. They focused mainly on acquisition movable archaeological finds in the interior of the fort. Based on the data obtained by aerial laser scanning of the earth's surface, we focused on the surface survey of the site to determine the course of the fortifications, entrance and access roads to the refuge, which has not been given sufficient attention so far. Further archaeological research also detected numerous traces of armed conflict, especially on the slopes of the fortified settlement. The number of arrowheads of a predominantly “Scythian” type and stone shots into slingshots, which were concentrated in certain places of the refuge, allow us to specify the assumed directions of attack. Two arrowheads of the “Scythian” type, which were found in 1995 and 2018 in the Dvere Cave, confirm that the caves of the Demänovská dolina Valley have granted refuge since prehistoric times. The Dvere Cave can be attached to the settlement micro-region, which formed a refuge place on Demänovská hora, the Rohačka fortified settlement and the settlement at its west foothill.

Key words: Liptov region, Demänovská hora Mountain, Rohačka, Dvere Cave, Nízke Tatry Mts., Iron Age, Hallstat Period, LIDAR, refuge place, hillfort, historic pathways, settlement, bronze arrowheads, granite sling shots, sandstone plates

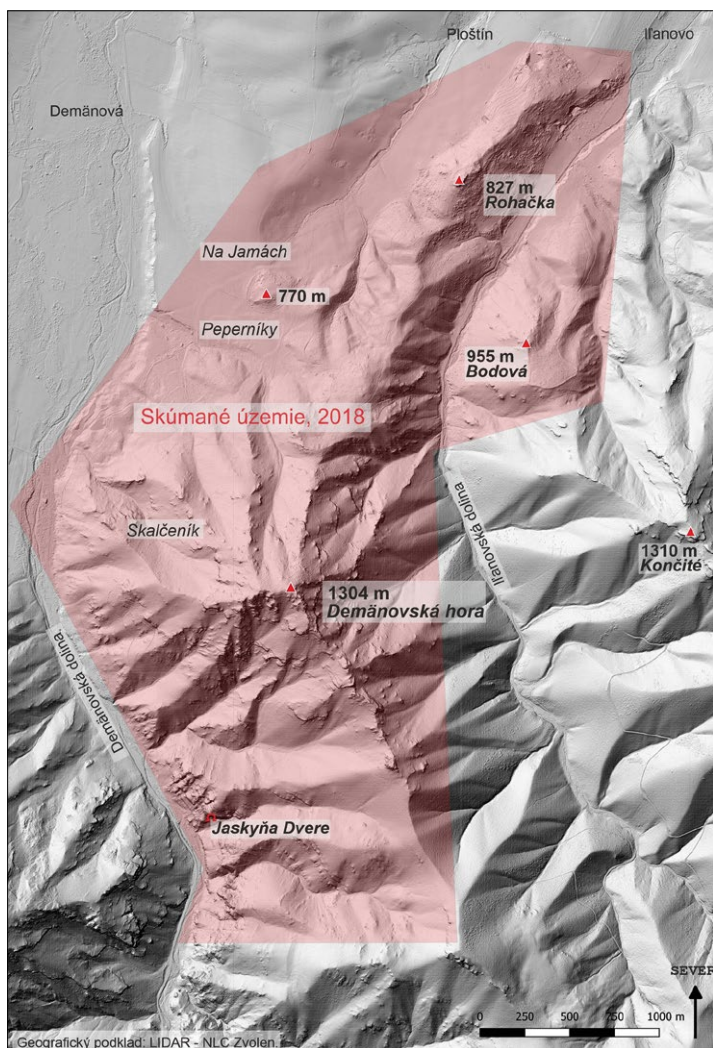
ÚVOD

Cieľom výskumu vybraných archeologických lokalít bolo zistenie nových, prípadne potvrdenie už známych historických antropogénnych štruktúr na území kultúrnych areálov Rohačky (794 m n. m.) a Demänovskej hory (1 304 m n. m.) za pomoci štúdia digitálnych modelov reliéfu (DMR) získaných leteckým laserovým skenovaním (LIDAR). Okrem širokého spektra predpokladaných antropogénnych štruktúr sa pri výskume venovala zvláštna pozornosť zisťovaniu priebehu opevnenia na pravekom výšinnom refúgiu na Demänovskej hore, ako aj identifikácii prístupovej cesty a vstupu do areálu refúgia. Ako nové nálezy ukazujú, osídlenie z mladšej halštatskej doby na Demänovskej hore mohlo súvisieť s využívaním niektorých jaskýň v Demänovskej doline, predovšetkým s jaskyňou Dvere. Výskum

prebiehal v roku 2018 a ťažiskom skúmaného územia bolo širšie okolie mladohalštatského refúgia Demänovská hora a viacnásobne osídleného polyfunkčného areálu hradiska Rohačka.

LOKALIZÁCIA, VYMEDZENIE SKÚMANÉHO ÚZEMIA, METÓDY VÝSKUMU

Orientačné vymedzenie skúmaného územia spolu s kľúčovými orientačnými bodmi je znázornené na obr. 1. Ústredným bodom našej pozornosti bol vrch Demänovská hora (v literatúre často označovaný aj Demänovská Poludnica), ktorý sa nachádza na severnom vápencovom predhorí Nízkych Tatier v katastrach obcí Ploštín a Demänovská Dolina (okr. Liptovský Mikuláš). Predstavuje skalnatý vrchol tiahleho hrebeňa (obr. 2), ktorý klesá smerom na sever a končí sa hradiskom Rohačka (obr. 3) zasahujúcim do katastrov obcí Ploštín a Iľanovo. Skúmané územie zo západu ohraničuje dno Demänovskej doliny, z východu je



Obr. 1. Vymedzenie skúmaného územia na digitálnom modeli reliéfu (DMR).

Fig. 1. Definition of the investigated area on a digital elevation model (DEM).

ohraničované dnom Iľanovskej doliny, kde výnimočne zahŕňame aj hradisko Bodová (955 m n. m.), nachádzajúce sa síce na pravej strane Iľanovskej doliny, ktoré však K. Pieta dáva do súvislosti s osídlením na Rohačke (Pieta, 1981). Kultúrnu súvislosť lokalít potvrdila priestorová analýza T. Lieskovského (Lieskovský, 2006). Severnú časť územia tvorí sídelný areál Rohačky a s ňou súvisiacich osád na západnej strane, na obhospodarovateľných poliach nad obcou Ploštín.

Východiskom výskumu boli digitálne modely reliéfu DMR získané leteckým laserovým skenovaním zemského povrchu, ktoré uskutočnilo Národné lesnícke centrum vo Zvolene v roku 2016. Dáta DMR v hustote 5 bodov na m² boli spracované v programe QGIS Desktop 2.18.15 v rôznych zobrazeniach a uhloch pohľadu. Ako najvhodnejšie zobrazenie sa ukázalo použitie režimu „hillshade“, teda zobrazenie tieňovania odlesneného reliéfu v stupnici odtieňov šedej v závislosti od relatívneho prevýšenia bodov v mračne. Na viditeľnosť antropogénnych štruktúr vyplývalo premenlivé umiestnenie svetelného zdroja v horizontálnom azimute od 0 – 360° a jeho náklon po zvislej osi, optimálne 45°. Vytypované zistenia zo štúdia DMR boli

následne overované v teréne a fotograficky dokumentované. Počas riešenia úlohy sme sa zúčastňovali na archeologických výskumoch, realizovaných pod vedením Krajského pamiatkového úradu v Žiline (ďalej KPÚ), ktoré prebiehali v rámci vymedzeného územia, na poliach pod hradiskom Rohačka a na refúgiu na Demänovskej hore (od roku 2018 do súčasnosti).



Obr. 2. Demänovská hora zo severnej strany. Foto: Z. Šimková
 Fig. 2. The Demänovská hora Mountain from the north side.
 Photo: Z. Šimková



Obr. 3. Hradisko Rohačka, pohľad z Demänovskej hory.
 Foto: P. Laučík
 Fig. 3. The fort Rohačka, view from Demänovská hora Mountain.
 Photo: P. Laučík

HISTÓRIA VÝSKUMU

Samotný vrchol Demänovskej hory tvorí lúčinatá plošina, členená skupinami skál a vápencových vrzov (obr. 4), orientovaná v smere SV – JZ v dĺžke cca 150 m a šírke 40 – 80 m. Vrcholové plató je sčasti trávnaté, vyššie stromy a kry pokrývajú najmä svahy, severný, východný a čiastočne južný okraj plošiny. Ide o archeologickú lokalitu, ktorá bola v minulosti niekoľkokrát skúmaná. Zatiaľ prvá zmienka v literatúre sa nachádza v článku A. Droppu (1970) o výšinných hradiskách na Liptove, kde Demänovskú horu zaraďuje k lokalitám osídleným ľuďmi lužickej kultúry. Na toto miesto ho upozornil učiteľ M. Macko z Liptovského Mikuláša, pretože si všimol výskyt cudzorodého geologického materiálu – prevažne žulových okruhliakov a pieskovcových platní vo vápencovom (dolomitovom) prostredí. A. Droppa lokalitu navštívil, preskúmal a potvrdil predpoklad o jej pravekom osídlení.

Archeologický výskum tu realizoval v roku 1979 K. Pieta. Konštatoval, že napriek badateľným stopám po úpravách terénu sa tu umelé opevnenie nepodarilo zistiť. Počas výskumu sa vykopali dve sondy a ďalšie nálezy sa získali zo zárezu chodníka vo svahu. Sonda nachádzajúca sa juhozápadne od kóty obsahovala prepálenú keramikú, zuhoľnatený hrach a bôb. Sonda v strednej časti plošiny odhalila ohnisko z pieskovcových platní, druhotne prepálené črepy, fragmenty kostí (i ľudských), hrach, obilie, sklenený korálik a trojbokú bronzovú strelku šípu. Zárez chodníka vo svahu odhalil popolovitú vrstvu s prepálenými keramickými črepami, mazanicou, žulovými okruhliakmi, pieskovcovými platňami, zuhoľnateným obilím a strukovinami. Okrem toho sa po celej ploche i na svahoch lokality, najmä však na juhovýchodnej strane, nachádzali rozptýlené žulové okruhliaky s priemerom 5 – 12 cm. Na základe nálezov zaradil K. Pieta túto lokalitu do skupiny refúgií, ktoré boli na severnom Slovensku budované na konci doby halštatskej (koniec 5. stor. pred n. l.) a väčšina z nich v tom období i násilne zanikla (Pieta, 1980, s. 165).

Jednodňový revízný výskum na Demänovskej hore realizovala L. Benediková v roku 2015. Vo východnej časti vrcholovej plošiny boli vyhlbené tri sondy s rozmermi 1 × 2 m. Cieľom akcie bolo získanie väčšieho množstva materiálu vhodného na ¹⁴C datovanie, na overenie mocnosti kultúrnych vrstiev, stratigrafie lokality a koreláciu relatívnej a absolútnej chronológie. Zistila sa kultúrna vrstva bohatá na keramikú typickú pre zatiaľ široko datovaný horizont mladšej doby halštatskej až začiatku staršej doby laténskej, deštrukcia kameňov, prepálená mazanica a uhľíky (Benediková, 2015a).

Zatiaľ posledný výskum lokality sa uskutočnil v roku 2018 pod vedením KPÚ Žilina v spolupráci s Archeologickým ústavom Slovenskej akadémie vied v Nitre, Slovenským múzeom ochrany prírody a jaskyniarstva a členmi Občianskeho združenia Septentrio. Prieskum spočíval v lokalizovaní predmetov odovzdaných nálezcom KPÚ v Žiline a v preskúmaní celej polohy detektorom



Obr. 4. Západná časť vrcholovej plošiny Demänovskej hory.

Foto: P. Laučík

Fig. 4. The western part of the top plateau of Demänovská hora Mountain. Photo: P. Laučík

kovov. Okrem potvrdenia polohy výskytu prevažnej väčšiny odovzdaných nálezov, ktorých koncentrácia sa sústreďovala na severných svahoch Demänovskej hory, bolo novým zistením dokázanie výskytu hrotov šípov aj na južných svahoch. Celkovo sa počas prieskumu podarilo zmerať 100 GPS bodov, ku ktorým boli priradené získané archeologické nálezy (Furman et al., 2018, s. 11).

Najviac nálezov predstavovali železné a bronzové hroty šípov. Morfológicky tu bolo rozpoznávaných viacero tvarov: dvojkrídelkové, trojkrídelkové



Obr. 5. Časť nálezov zo severného svahu Demänovskej hory.

Foto: Z. Šimková

Fig. 5. Part of the findings from the northern slope of the Demänovská hora Mountain. Photo: Z. Šimková

hroty s vnútornou i s vonkajšou tuľajkou, trojboké hroty s krátkou tuľajkou a bez tuľajky, s plochým dvojkrídelkovým hrotom a dlhou tuľajkou, so spätnými krídelkami, s trojbokým hrotom a so štvorhranným hrotom. Súbor vyše 300 ks hrotov šípov je doteraz najväčším vedecky dostupným komplexom takýchto artefaktov z horskej oblasti Slovenska, odkiaľ boli zatiaľ publikované len ojedinelé predmety tohto typu (Furman et al., 2018, s. 78). Okrem toho bola nájdená bronzová plechová loďkovitá spona, železná sekera, bronzové klincovité záušnice, ihly, sekerky, kosáky, zlomky drobných predmetov a fragmenty keramiky (Furman et al., 2018; obr. 5). Nové nálezy umožnili spresniť poznatky o chronológii archeologickej lokality. Okrem toho, že sa potvrdilo využitie tohto miesta v období mladšej doby halštatskej (HC2 – HD1), zistilo sa osídlenie v skoršom období – v staršej dobe halštatskej, a tiež vo včasnej dobe laténskej (Furman et al., 2018, s. 81). Rozptyl streliiek pozdĺž okrajov vrcholovej plošiny, rovnako ako stopy po požiaroch, dokladajú prítomnosť bojov a násilného dobývania refúgia.

Refúgium na Demänovskej hore (Demänovskej Poludnici) je súčasťou mikroregiónu archeologických, navzájom spolu súvisiacich lokalít, ktoré sú súdobé a tvoria geografický celok, prepojený horským hrebeňom (Pieta, 1981, s. 61). Okrem Demänovskej hory sem patrí hradisko Ploštín – Rohačka a sídlisko pri jeho západnom úpätí. Rohačka je oddávna známa ako archeologická lokalita. Prvá písomná zmienka pochádza už od Mateja Bella (Bel, 2014, s. 217). O početných pravekých nálezoch keramiky, bronzových, kamenných či kostných nástrojov vedeli nielen domáci obyvatelia blízkych obcí Iľanovo a Ploštín, ktorí s nimi obchodovali, ale aj vzdelanci pôsobiaci v regióne (Mihalik, 1888, 1889; Volko-Starohorský, 1965 a i.). Odborný archeologický prieskum tu realizoval až K. Pieta (Pieta, 1983) a od roku 2014 tu vykonáva archeologický výskum Liptovské múzeum v Ružomberku a súkromná firma Archeovýskum, s. r. o. (Sliacka, 2016). Na poliach na západnej strane hradiska viedol zisťovací archeologický výskum v roku 2006 Archeologický ústav SAV (Benediková, 2008; Benediková et al., 2019) a od roku 2018 sa vykonáva systematický archeologický výskum na vedecké a dokumentačné účely pod vedením KPÚ v Žiline. Za necelé tri roky činnosti sa potvrdilo viacnásobné praveké osídlenie a zachránilo sa niekoľko stoviek kusov kovových artefaktov datovaných od doby bronzovej až po dobu rímsku. V týchto miestach sa pred-

pokladá existencia pravekej osady, ktorá mala tvoriť poľnohospodárske zázemie hradiska Rohačka. Niektorí autori zastávajú názor, že na západnom úpätí hradiska sa nachádza aj popolnicové pohrebisko (Soják a Struhár, 2014, s. 142).

VÝSLEDKY VÝSKUMU

Opevnenie

Vrchol Demänovskej hory sa nachádza v nadmorskej výške 1 304 m n. m. V porovnaní s okolitými kopcami nepatrí medzi najvyššie, ale vedie naň pomerne pohodlný prístup chodníkom po hrebeni od severu z hradiska Rohačka. Samotné refúgium tvorí členitá plošina, vybiehajúca do viacerých skalnatých ostrôh na juhu, východe a severovýchode. Počas našich prieskumov sme zistili, že Demänovská hora mala, na rozdiel od starších názorov (Pieta, 1980, 1983), umelé opevnenie. V niektorých oblastiach ako napr. v lokalite „Skalčenie“ v severozápadnej strane masívu, kde možno nájsť pieskovce, mohlo ísť dokonca o viacnásobné opevnenie. Obvodové valy hradiska na vrchole sú dobre zreteľné v DMR. V teréne sú na prvý pohľad nevýrazné a javia sa len v podobe miernej terénnej vlny (nevýraznej terasy). Lepšie zachované a viditeľné sú najmä na južnej strane lokality, kde sú svahy omnoho strmšie než na severnej strane. V mnohých prípadoch nám pri identifikácii opevnenia veľmi pomohli stromy vyvrátené po veternej kalamite i s koreňmi. Vďaka tomu sa na niektorých miestach odhalili sústredené pieskovcové platne, ktoré sa dali vysledovať v pomerne plynulej línii (obr. 6). Jej priebeh vidno v podobe spomínanej miernej terénnej vlny vľavo nad prístupovým chodníkom, siaha po vstup do areálu refúgia a potom sa presúva na pravú stranu chodníka, kde kopíruje hranu svahu a terasy, po ktorej vedie chodník až po skalnú ostrohu v severnej až severozápadnej časti. Tu už chodník ústi na vrcholovú plošinu a „val“ akoby sa strácal. Očakávanie, že val bude ďalej kopírovať hranu plošiny a svahu sa nepotvrdilo, no deštruované pieskovcové platne sa vďaka vývratom stromov našli až 20 – 30 m nižšie od tejto hrany pozdĺž západného svahu. Smerom ďalej na juh sa val už zrejme napájal na prirodzené vápencové ostrohy a zrázy – ale tu ďalší priebeh nebolo možné sledovať kvôli množstvu popadaných stromov a neprehľadnému terénu. Celý juhozápadný

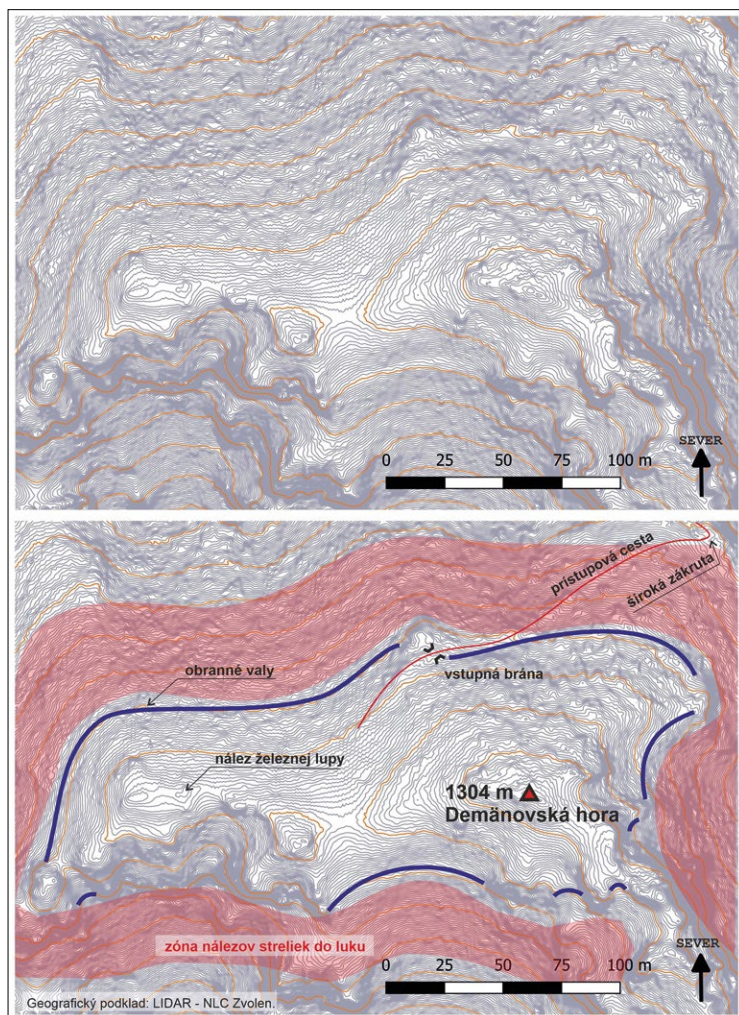


Obr. 6. Pieskovcové platne nachádzajúce sa po obvode refúgia na Demänovskej hore. Foto: Z. Šimková

Fig. 6. Sandstone plates located around the perimeter of the refuge at Demänovská hora Mountain. Photo: Z. Šimková

roh a západnú časť južnej strany hradiska možno považovať vďaka strmým (niekde takmer kolmým) skalným zrázom za prirodzene chránený úsek, bez potreby budovania umelého opevnenia, hoci drevená palisáda nie je vylúčená. Vo východnej časti južnej strany je ale celý areál slabšie chránený, resp. ľahšie dostupný (bez skalných zrázov, i keď svah zostáva strmý) – a tu sa val znovu objavuje – v teréne sa javí ako nevýrazná vlna/terasa, v ktorej sme ale na obnažených (porušených miestach) vo vývratoch stromov znovu našli početné a rozmerné pieskovcové platne. Východná strana lokality bola prirodzene

opevnená strmými skalnatými zrázmi, no na miestach, kde boli skaly prerušené žľabmi sme opäť nachádzali pieskovcové platne zosunuté z vyšších polôh. Svahy tu na niektorých miestach majú sklon viac ako 50 – 60°, no úseky nechránené skalnými ostrohami boli pravdepodobne v tejto časti doplnené tiež umelým opevnením. Najzraniteľnejšia bola severná, západná a čiastočne južná strana. Priebeh obranných valov je vyznačený na obr. 7.



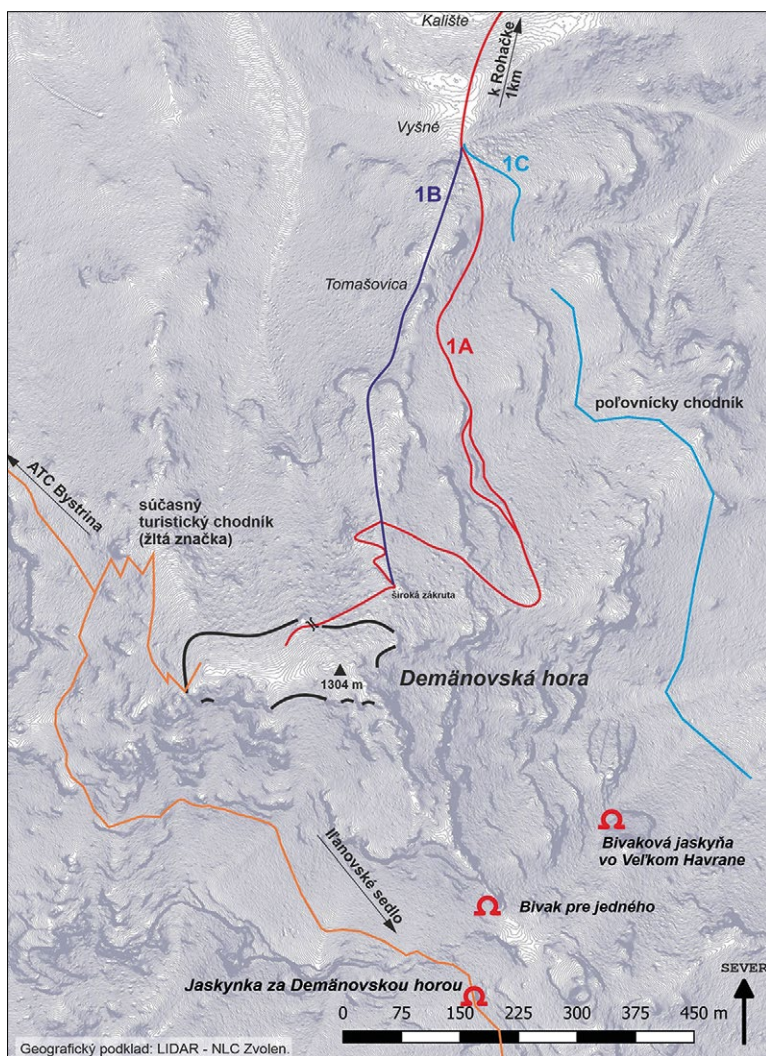
Obr. 7. Priebeh opevnenia a zóna rozptylu náleзов streliek tzv. skýtskeho typu na digitálnom modeli reliéfu vrcholu Demänovskej hory.

Fig. 7. The course of the fortification and the zone of the findings of the arrowheads of so-called Scythian type on a digital elevation model of the summit of Demänovská hora Mountain.

Prístupové komunikácie/vchod

V súčasnosti vedie prístupový chodník od severozápadu (turistická trasa) a od severu (neznačený chodník) po horskom hrebenku, ktorý sa ťahá od hradiska Rohačka. Hlavná prístupová cesta ústiaca do samotného vchodu do refúgia najpravdepodobnejšie viedla práve zo severu, tu je sklon svahu najmiernejší. Na základe poznatkov zistených štúdiom DMR sa

zdá, že stará cesta v najstrmšej strednej tretine trasy nevedla hrebenkom ako dnes chodník, ale pravdepodobne stúpala miernejšie popod hrebeň jednou veľkou serpentínou po východnom svahu (obr. 8, cesta 1B). V niektorých miestach sa táto cesta javí ako zdvojená, čo pravdepodobne slúžilo na obchádzanie „ťažkej“ vystupujúcej a zostupujúcej obsluhy hradiska. Analogické zdvojenie prístupovej cesty sme zaznamenali na protiaľhlej strane Demänovskej doliny na trase vedúcej na refúgium Na jame. V prípade Demänovskej hory sa po skončení osídlenia táto etapa cesty pravdepodobne prestala využívať a neskôr ju nahradila individuálna pešia trasa po hrebeni, z ktorej sa sformoval dnešný chodník. Podstatná časť zo spomínanej etapy je v súčasnosti denudovaná svahovým zarovňaním. Cestu vidno lepšie v počítači než v teréne, hoci i tam ju možno identifikovať. V hornej tretine trasy sa cesta vracala z východného svahu späť na hrebeň. Miesto napojenia je v súčasnosti nezreteľné a nachádza sa v komplikovanom teréne a hustom smrekovom poraste kombinovanom s kalamitou.



Obr. 8. Priebeh prístupových ciest do refúgia na DMR severného hrebeňa Demänovskej hory.
 Fig. 8. The course of the access routes to the refuge in the DEM of the northern slope of the Demänovská hora Mountain.

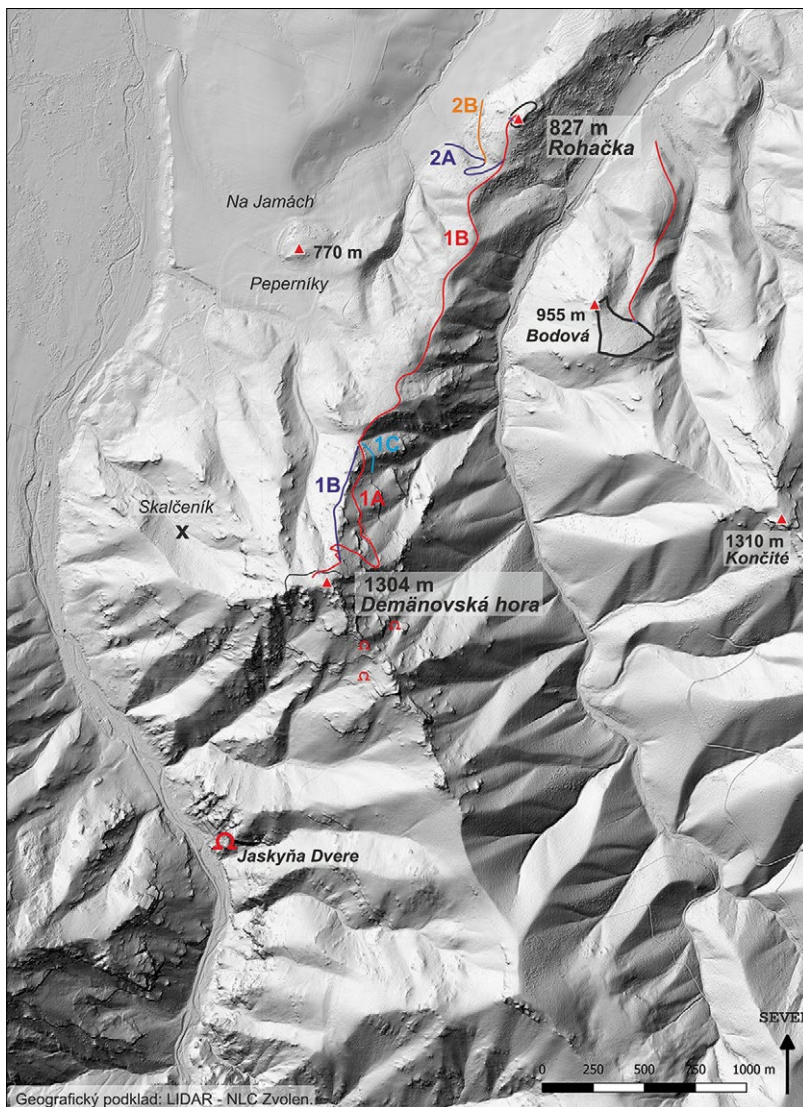
Cesta sa na hrebeni objavuje a opäť mizne. Bezpečne identifikovateľná je až tesne pod hradiskom, kde vedie takmer po vrstevnici smerom na východ. Tu sa ostro stáča na západ a pokračuje užším chodníkom až do areálu. Táto posledná zákruta prístupovej cesty (obr. 9) je široká a pohodlná aj pre menšie vozy, no od nej nahor sa prístupová komunikácia do refúgia zužuje na šírku pešieho chodníka (obr. 7 a 8). Znamená to, že až do týchto miest mohlo byť hradisko prístupné s rozmernejšou dopravou napr. vozom. Tu bolo možné bezpečne odstaviť voz, prípadne celý záprah vytočiť na cestu nadol. Dostupnosť týchto miest pre jazdcov, dokazuje fragment podkovy na severnom svahu Demänovskej hory asi 50 m od prístupového chodníka, resp. opevnenia. Hoci ide o novoveký nález, nie je dôvod vylúčiť prístup na koňoch aj v pravekom období.



Obr. 9. Posledná široká zákruta prístupovej cesty vedúcej do refúgia na Demänovskej hore od severu. Foto: Z. Šimková

Fig. 9. The last wide bend in the access road leading to the refuge on Demänovská hora Mountain from the north. Photo: Z. Šimková

Kompletné priebehy súčasnej cesty (1B) i predpokladaných pravekých variant ciest (1A a 1C) severnej prístupovej trasy medzi Demänovskou horou a Rohačkou sú vyznačené na obr. 10. Z hľadiska prístupu na Demänovskú horu sa zaujímavým javí fragment starej cesty po východných svahoch. Ide o cestu 1C (obr. 8), východne od sedla Kalište. Cesta je pomerne úzka cca 1,4 m, čo svedčí o tom, že sa nejedná o recentnú zväznicu. Z jej úvodu, v oblasti, kde pretína hlavný hrebeň, sa zachoval len cca 100 m úsek. Neskôr, na strmých svahoch nasledujúcej dolinky cesta kompletne mizne bez stopy. Jej pokračovanie južným smerom vidno len v DMR, ale v teréne ju nemožno identifikovať. Je možné, že na jej relikty čiastočne nadviazal nevýrazný neznačkovaný poľovnícky chodník, ktorý z východu traverzuje po vrstevnici okolo Demänovskej hory ďalej na juh po ľavej strane Iľanovskej doliny. Zo štúdia DMR sa však zatiaľ zdá pravdepodobnejšie, že fragment cesty 1C nadväzoval mierne stúpajúcou serpentínou na vyššie položený variant cesty 1A čo by predstavovalo existenciu spomínanej miernejšej varianty, ktorá logicky obchádzala bralnatý, pomerne strmý a – z hľadiska viditeľnosti ciest – nie veľmi zrejmy úsek hrebeňa bezprostredne nad Kališťom. Druhá prístupová trasa na Demänovskú horu vedie od severozápadu, od Demänovskej doliny a v súčasnosti je to žltá značkovaný turistický chodník (obr. 8). Podľa A. Droppu (1970) bol tento prístupový chodník od autokempingu vybudovaný až v roku 1965. Nález strelky šípu v jaskyni Dvere a prirodzene refugiálna funkcia jaskýň nám dovoľuje vysloviť predpoklad, že jaskyne Demänovskej doliny mohli byť pôvodným obyvateľstvom v núdzových prípadoch využívané ako úkryty, hoci zrejme nemohli pojať toľko ľudí ako útočisko na vrchole Demänovskej hory. Dá sa predpokladať, že v dobách budovania opevnenia existovali a boli využívané i chodníky z tohto smeru, z južnej strany, od Demänovskej doliny a najmä z Čiernej dolinky. Iný, ako individuálny prístup tu však komplikujú masívne skalné prahy. Vchod do refúgia na Demänovskej hore sme identifikovali zo severnej strany, takže hlavný prístup bol odtiaľ zrejme pre utekajúcich z hradiska Rohačka a priľahlých



Obr. 10. Kompletné priebehy ciest z Rohačky na Demänovskú horu a tiež na hradisko Bodová.
 Fig. 10. Complete courses of roads from Rohačka to Demänovská hora Mountain and also to the Bodová fortified settlement.

osád. Uvažovanú bránu/vstup do hradiska umiestňujeme na špecifické prírodné vyvýšenie v mieste, kde sa pretína prístupová cesta s obrannými valmi (obr. 11). Využitie prirodzeného terénneho vyvýšenia ako miesta vstupu poskytovalo výhodu pri jeho obrane. Ďalšie vchody sme neidentifikovali, ani ich zatiaľ nepredpokladáme, keďže išlo o refúgium a z hľadiska obrany bol vchod vždy najslabším článkom a viazal na seba väčší počet obrancov.

Počas výskumu sme v oblasti južne od vrcholu Demänovskej hory preskúmali a zdokumentovali 3 jaskyne – 13 m dlhú Bivakovú jaskyňu v dolinke Veľký Havran (r. č. 7576) zo strany Ilanovskej doliny, ďalej zo strany Demänovskej doliny 3 m dlhú jaskynku Bivak pre jedného (r. č. 7577) a 7 m dlhú Jaskyňu za Demänovskou horou (r. č. 7580). Hoci sa

v prvých dvoch jaskyniach nachádzali recentné stopy po prítomnosti ľudí (hlavne stopy bývavania), ich využitie v praveku sa nepotvrdilo a je skôr nepravdepodobné, kvôli ich malým rozmerom.

Dôkazy aktívnej obrany refúgia

Pasívnu obranu útočiska na Demänovskej hore zabezpečoval najmä spomínaný val, vybudovaný zo zeminy a pieskoccových platní, ktorý bol pravdepodobne doplnený drevenou palisádou, o čom sa však zatiaľ môžeme len domnievať na základe analógií z iných pravekých hradísk. Val bol postavený na miestach, ktoré neboli dostatočne prirodzene chránené strmými skalnými zrázmi. Z nálezov ojedinelých pieskoccov rozsypaných po lesnej ceste v lokalite „Skalčienik“ na dne dolinky otvorenej na severozápad do Liptovskej kotliny v nadmorskej výške zhruba 910 m možno usudzovať, že tu bol skonštruovaný jeden z obranných valov ako posilnenie pasívnej ochrany prípadne ako pokus o presmerovanie prípadného útoku očakávaného z tejto (severozápadnej) strany (viď. bod x v lokalite Skalčienik na obr. 10). Obdobné opatrenia možno očakávať v susedných dolinkách otočených na severozápad, ktoré predstavujú relatívne najprístupnejšie časti Demänovskej hory.

Okrem pasívnych opatrení sme počas prieskumu objavili množstvo stôp po aktívnej obrane priamo na povrchu alebo len pár cm pod povrchom v opadaných listoch, v machu a taktiež vo výhraboch po diviacej zveri a v koreňoch vyvrátených stromov. Obrancovia okrem iných zbraní využívali najmä žulové okruhliaky, ktoré sa nachádzali na svahoch v dvoch veľkostiach. Skupinka okruhliakov v priemere 5 – 7 cm sa používala na ručné vrhanie, resp. ako strely do prakov. Druhú skupinu predstavujú veľké balvany s priemerom niekoľko desiatok centimetrov a odhadovanou váhou cca 50 – 70 kg, ktoré spúšťali dolu svahom na útočníkov (obr. 12). Balvany postupne naberali rýchlosť, pričom smer ich pohybu bol nepredvídateľný a mohol sa meniť v závislosti na menších prekážkach (terénne nerovnosti, menšie kamene, korene a kmene stromov), ktoré sa mu dostali do cesty a mohli nečakane pozmeniť jeho trajektóriu. Najúčinnjšie boli, keď sa nasmerovali do skupiny viacerých ľudí. Tu bol zásah istý a stačil nato, aby vyradil z boja hneď viacerých bojovníkov. Proti ojedinelým útočníkom boli zrejme účinnejšie strely do prakov, prípadne iné typy diaľkových zbraní, najmä luky so šípami.

Popri množstve žulových okruhliakov, ktoré sa našli na svahoch, za predpokladaným opevnením, a teda boli zrejme aktívne použité proti útočníkom, sme na niektorých miestach v areáli refúgia našli aj tzv. muničné sklady (obr. 13). Predstavovali koncentrácie uložených žulových okruhliakov s priemerom do 7 cm, ktoré ale neboli použité a zostali pripravené na pôvodnom mieste. Zatiaľ vieme o dvoch polohách. Jedna sa podľa znalca miestneho



Obr. 11. Vstup do refúgia na severnej strane Demänovskej hory, kde pravdepodobne stála brána. Foto: Z. Šimková

Fig. 11. Entrance to the refuge on the northern side of Demänovská hora Mountain, where the gate probably stood. Photo: Z. Šimková



Obr. 12. Balvan zo žuly skotúľaný pod svahom na severnej strane refúgia na Demänovskej hore. Foto: Z. Šimková
 Fig. 12. A granite boulder rolled under a slope on the north side of the refuge on Demänovská hora Mountain. Photo: Z. Šimková



Obr. 13. Koncentrácia žulových okruhliakov na južnej strane opevnenia refúgia Demänovskej hory. Foto: Z. Šimková
 Fig. 13. The concentration of small granite stones (slingshots) on the south side of refuge Demänovská hora Mountain. Photo: Z. Šimková

vosivých vápencov (podľa geologickej mapy SR – <https://apl.geology.sk/gm50js/>). Žulové okruhliaky sa prirodzene nachádzajú najbližšie v koryte rieky Demänovka. Pieskovce sa spolu s ílovcami a siltovcami vyskytujú najmä na pravom brehu Váhu (Háj, oblasť Veternej Poruby, Smrečian a Ondrašovej), ale menšie enklávy možno nájsť bližšie pri lokalite Demänovská hora, a to medzi Ploštínom a Demänovou na ľavej strane Váhu a v oblasti medzi Pavčinou Lehotou, Bodicami a Andicami. J. Volko-Starohorský (1924) sa zmieňuje, že ľudia používali v minulosti pieskovec z Hája do základov stavieb. Na budovy sa údajne nehodil, lebo maštale, ktoré mali steny z pieskovca boli studené a vlhké. Z hľadiska horizontálnej vzdialenosti teda transport materiálu nebol až taký náročný, bolo potrebné prejsť od 3 do 5 kilometrov. Oveľa zložitejšie bolo dopraviť tento materiál do nadmorskej výšky 1 304 m n. m., keď stavitelia museli prekonávať výškový rozdiel 650 – 700 m v náročnom

prostredí. J. Laštika nachádzala na západnej strane, druhé miesto sme objavili počas prieskumu v máji 2018 v mieste terénnej vlny, ktorá indikuje umelé opevnenie v podobe kamenného (pieskovcového) valu, obnaženého v južnej časti hradiska vedľa skalnej ostrohy ústiacej na skalný hrebeň. Archeologické nálezy dokazujúce dobývanie i aktívnu obranu (strelky šípov, žulové okruhliaky) sa vyskytovali najmä na severnej a južnej strane, kde sú síce výrazné strmé zrázy, ale aj schodnejšie úseky (Furman et al., 2019, s. 78). Na početný výskyt okruhliakov najmä v juhovýchodnej časti lokality upozorňuje K. Pieta počas výskumu v roku 1979 (Pieta, 1980, s. 165). Nesmieme zabúdať ani na ďalšie typy obrany, ktoré sa síce nezachovali, ale určite boli účinné: pováľané stromy, záseky. O neschodnosti terénu s pováľanými stromami sme sa sami presvedčili na mieste počas výskumu.

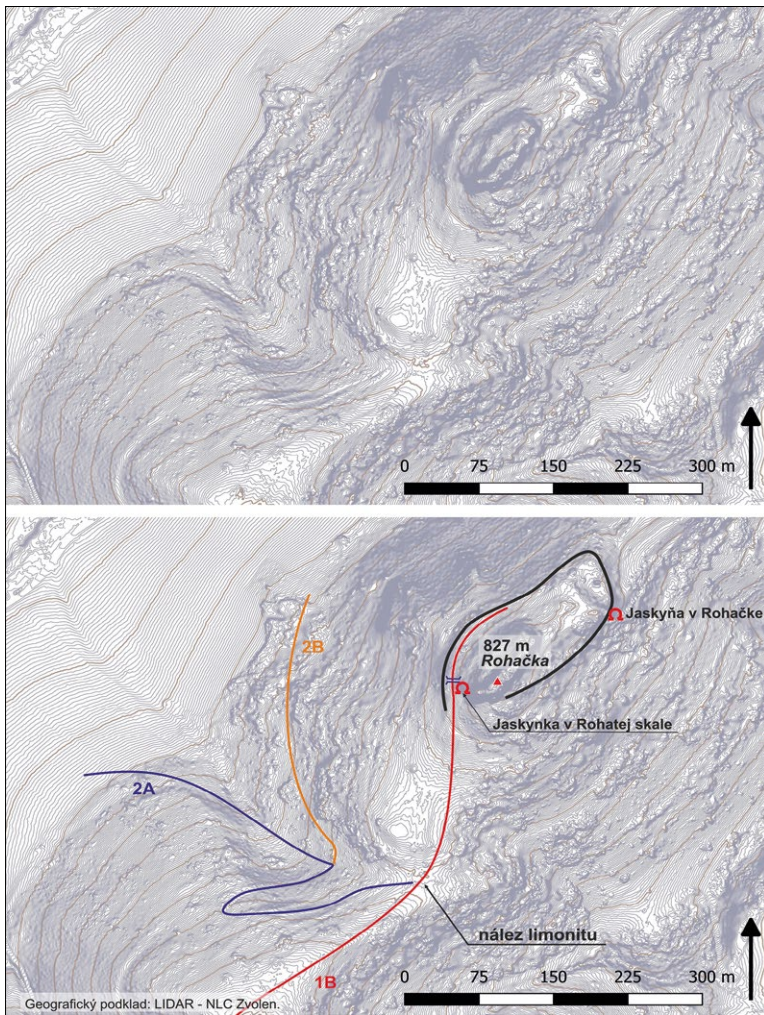
Rovnako ako naši predchodcovia i my sme zaznamenali na lokalite výskyt cudzorodého materiálu (žuly a pieskovca) v prostredí tma-

strmom teréne. Tento predpoklad sa však týka miest najbližšieho spomínaného výskytu žuly a pieskovca. Ak by sme uvažovali o transporte až z pravého brehu Váhu, horizontálna vzdialenosť by sa o niekoľko kilometrov predĺžila. Otázka, ktoré zdroje pieskovcov využívali pravekí budovatelia opevnení na severnej strane Nízkych Tatier ešte stále nie je uspokojivo zodpovedaná. V každom prípade sa ich snaha, výkon a vynaložená energia dá prirovnať k výkonu iných starovekých staviteľov. Je zrejme že museli na niektorých úsekoch používať ťažnú silu zvierat. Hoci ide o náročný terén, nález novovekej podkovy dokazuje, že nemusel byť pre zvieratá nedostupný. Rovnako široký ohyb prístupového chodníka v poslednej zákrute pred vstupom do refúgia evokuje akoby išlo o „výkladisko“ materiálu a ďalej už pokračuje užší peší chodník až do areálu hradiska.

Ďalším dôležitým a nespochybniteľným dôkazom bojov na Demänovskej hore sú početné nálezy bronzových a železných „skýtskych“ streliek, ktoré sa našli na svahoch refúgia (Furman et. al., 2019, s. 77, obr. 5). Hlavný útok zrejme smeroval zo severu (zo strany prístupovej cesty a vstupnej brány). Odtiaľto bol prístup najjednoduchší. Útočisko na Demänovskej hore mohlo byť dobre viditeľné (dym z ohňov, stopy väčšieho množstva ľudí, možno stopy kopýt ak prijmemo predpoklad, že sa ľudia ukryli spolu s čriedami domácich zvierat). Po dosiahnutí úpätia samotného refúgia sa útočníci pravdepodobne rozdelili a okrem hlavného náporu zo severnej strany viedli útok aj zo západu a juhu, najmenej pravdepodobne zo strmých východných svahov. Len jedna strelka sa zatiaľ našla na vrcholovej plošine (počas výskumu K. Pietu v roku 1979). Množstvo hrotov šípov sústredených na severnom svahu podporuje náš predpoklad o vstupe práve na tejto strane, pretože vstupné brány opevnení boli vždy vystavené najväčšiemu tlaku dobyvateľov. Analogická situácia sa zistila na halštatskom hradisku Molpír pri Smoleniciach, kde bol najväčší výskyt hrotov šípov evidovaný práve v priestore brán a únikových východov (Hellmuth, 2006, s. 194). Zóna rozptýlených nálezov hrotov šípov na Demänovskej hore je vyznačená na obr. 7. Iná skupina útočníkov mohla sledovať ľudí, ktorí využili úkryty v Demänovskej doline, odkiaľ sa tiež mohli pokúsiť dostať sa do bezpečia na Demänovskej hore. Alebo bol postup opačný – niektorým sa podarilo uniknúť z dobytého opevnenia, ukryť sa v jaskyniach, no dobyvatelia sa ich pokúšali prenasledovať i tam.

Povrchový prieskum v priestore sídelného mikroregiónu Demänovská hora – Rohačka

Okrem lokality na Demänovskej hore sme tiež v rámci riešenej úlohy venovali pozornosť komunikačnému prepojeniu refúgia a hradiska a prístupu na hradisko Rohačka (obr. 3). Vychádzali sme pritom z digitálnych lidarových modelov reliéfu, ktoré sme fyzicky overovali v teréne. Zistili sme, že na akropolu hradiska vedie cesta po západnom svahu, ktorá obchádza skalné zrázy a vedie na rozľahlú plošinu – sedlo z južnej strany hradiska. Smerom von z hradiska cesta pokračuje na juh na Demänovskú horu (cesta 1B na obr. 14). Jedna jej odbočka vedie na východ do Iľanovskej doliny. Druhá pozvoľne klesá na juhozápad (cesta 2A na obr. 14). Táto cesta sa dodnes využíva. V jej zárezoch do svahu sme si všimli žulové okruhliaky a zlomky pravekej keramiky. Po asi 100 metroch sa cesta stáča na sever a pokračuje po vrstevnici. V miernej dolinke smerom od Ploštína sa napája na súčasný chodník, ktorý je strmší. Stará cesta pokračuje na sever popod hradisko a stráca sa v hustej vegetácii (2B na obr. 14). Z diaľky ju ale možno sledovať v podobe miernej terasy, ktorá postupne klesá až na ploštínske polia do miest, kde sa predpokladá existencia pravekých osád (Sliacka, 2016; Benediková et al., 2019). Zdá sa, že toto bol pôvodný prístup do hradiska, schodný pre kone a vozy. Hlavný vstup do hradiska na Rohačke predpokladáme podľa štúdia DMR z južnej strany, západne od tzv. Rohatej skaly na vrchole (obr. 15). Súčasný chodník od severu po hrebeni mohol byť využívaný pre peších no pre vozy by bol príliš strmý. Takto boli

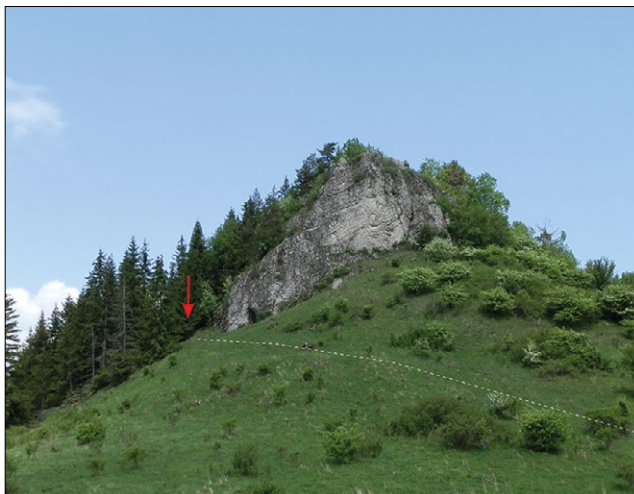


Obr. 14. Digitálny model reliéfu hradiska Rohačka a priebeh prístupových ciest.
 Fig. 14. Digital elevation model of the fort Rohačka and course of access roads.

budované prístupové komunikácie na väčšinu stredovekých hradov. Sú schodnejšie a ľahšie kontrolovateľné. Podobný priebeh mala cesta (1B) z Rohačky na Demänovskú horu, ktorá viedla po hrebeni a na niektorých miestach, kde sa vyskytli prírodné prekážky v podobe strmých vápencových brál odbočovala na svahy (varianty 1A a 1C na obr. 8).

Zaujímavým zistením, ktoré bude potrebné v budúcnosti overiť ďalšími prieskumami, bol výskyt chudobnej železnej rudy vo forme limonitu viazaného na tmavé jemnozrné ílovité bridlice tzv. lunzských vrstiev nachádzajúcich sa v sedle medzi Rohačkou a Demänovskou horou v tesnej blízkosti plošiny z južnej časti hradiska (miesto je vyznačené na obr. 14). Odpoveď na otázku spracovateľnosti miestneho limonitu ostáva v teoretickej rovine. Jeho metalurgia je jednoduchšia než u rúd vo forme zložitejších oxidov (hematit, spekularit) alebo karbonátov (siderit), pravdepodobne v tomto prípade nešlo o zdroj kovovej rudy, keďže výdatné náleziská kvalitnej železnej rudy sa nachádzajú len 10 km južnejšie v závere Demänovskej doliny v kryštaliniku hlavného hrebeňa Nízkych Tatier, kde sa nachádzajú početné stredoveké aj novoveké kutacie jamy a banské diela (Volko-Starohorský, 1906). Je možné, že blízkosť

železnej rudy podstatnou mierou predisponovala tunajšie osídlenie (Soják a Struhár, 2014, s. 135) a že súčasťou tu vykonávaných činností bola aj metalurgia. Hradisko na Rohačke bolo dôležitým kultúrnym, hospodárskym a obchodným miestom. Keďže na poliach pod Rohačkou sa doteraz našlo väčšie množstvo železnej rudy, nie je v budúcnosti vylúčený ani objav železiarskych pecí, ktoré po praktických skúsenostiach s experimentálnymi tavbami železnej rudy odporúčame hľadať podľa výskytu trosky – v blízkosti potoka Ploštínka.



Obr. 15. Predpokladaný vstup do hradiska Rohačka od juhu s naznačením prístupovej cesty. Foto: P. Laučík
 Fig. 15. Entrance to the Rohačka fort from the south with indication of the access road. Photo: P. Laučík

Počas výskumu na Rohačke sme do Národnej databázy jaskýň SR zaevidovali dve menšie jaskyne, Jaskynku v Rohatej skale a Jaskyňu v Rohačke. Jaskynka v Rohatej skale sa nachádza na západnom úpätí hlavného vrcholového brala Rohačky a predstavuje 2 m dlhú horizontálnu dieru v sivých vrstevnatých dolomitoch. Profil chodby je cca 50×50 cm a vedie smerom na východ. Jaskyňa je založená na tektonickej poruche v smere V – Z (90°), ktorá sa ukladá pod uhlom 82° na sever. Zreteľné sú stopy po mrazovom zvetrávaní, v závere po korózii dolomitu presakujúcou zrážkovou vodou. Dno jaskyne tvorí ostrohranná sutina, lístie, nahádzané odpadky (konzervy) a kosti drobných stavovcov. Pred vchodom do jaskyne sú stopy po starších výkopových prácach, pravdepodobne jaskyniarskych, ktoré mali viesť k obnaženiu jej vchodu. O archeologickom potenciáli sa dá uvažovať skôr v prípade výrazného previsu, ktorý sa nachádza v juhozápadnom úpätí hlavného brala Rohačky.

Jaskyňa v Rohačke (obr. 16), vo východných svahoch hradiska, predstavuje 3 m dlhú horizontálnu komorovitú dutinu v asi 7 m vysokom brale tvorenom zo sivých vrstevnatých dolomitov vrcholových častí Rohačky. Dutina smeruje na západ a vznikla na krížení dvoch tektonických porúch vedúcich v smere V – Z ($260^\circ/80^\circ$ so sklonom 75° na J) a JV – SZ ($310^\circ/130^\circ$ so sklonom 90°). Významný podiel na vzniku voľného priestoru má korózia presakujúcej dažďovej vody v spojení s mrazovým zvetrávaním. V povale sienky prenikajú puklinami korene stromov. Dno tvorí sediment z napadanej ostrohrannej sutiny. Priestor jaskyne i jej poloha priamo v pravekom hradisku teoreticky umožňovala jej využívanie, preto je možné do budúca uvažovať o archeologickom potenciáli tejto lokality.

Všetky naše doterajšie terénne pozorovania svedčia o tom, že osídlenie v okolí Rohačky bolo omnoho rozsiahlejšie, než sa predpokladalo a nesústreďuje sa len na samotné hradisko a ploštínske polia na západnom svahu od neho. Zistili sme, že v budúcnosti bude potrebné rozšíriť výskum smerom na juh a juhozápad. Obzvlášť rozsiahla terasa na južnej strane od hradiska a svahy zvažujúce sa na západ môžu priniesť ešte veľa prekvapujúcich objavov. V zárezoch chodníkov a v krtincoch sme voľným okom spozorovali zlomky pravekej keramiky, žulové okruhliaky a limonitovú rudu. Celý tento areál bol nepochybne využívaný v časoch existencie hradiska. Počas prieskumu sme si v trávnom poraste na lúkach na



Obr. 16. Jaskyňa v Rohačke. Foto: P. Laučík

Fig. 16. Jaskyňa v Rohačke Cave. Photo: P. Laučík

západnej strane od hradiska všimli kruhy tvorené vyššou a tmavšou sfarbenou trávou, ktoré by mohli byť dôkazom existencie zaniknutých objektov. Podľa botaničky B. Kyzekovej (ústna informácia, 2019) ide o dielo špecifického druhu húb. Vec tu uvádzame len kvôli úplnosti pozorovania.

Okolie lokality

Na základe ojedinelých nálezov sa domnievame, že súčasťou mikroregiónu v období, keď bolo aktívne využívané refúgium na Demänovskej hore, boli niektoré jaskyne v Demänovskej doline. Tento predpoklad by mohla spĺňať najmä Jaskyňa Dvere (obr. 17), ktorá sa nachádza asi 1,5 km južne od Demänovskej hory, v severnom svahu dolinky Beníková, v masíve vápencového brala Bašta, na pravom brehu potoka Demänovka. Jaskyňu opisuje vo svojom diele *Notície už Matej Bel* v prvej polovici 18. storočia. Píše, že miestni obyvatelia ju volali Dvere (Dwere, lat. Ianua), pretože v časoch vnútorných nepokojov vyrovnali nerovný vstup do jaskyne múrom a dôkladne uzavreli verajami, aby slúžila ako skrýša drobného majetku pred častými vpádmi zbojníkov. Podľa M. Bela má veľmi dobre ukrytý vchod, len ťažko zbadateľný a vhodný na uskladnenie zásob, pretože dutina sa nachádza vo vyššej časti skaly a je otočená na juh. Postup do spodných priestorov jaskyne bol v Belových časoch zabezpečený borovicou, ktorej zrezané konáre plnili funkciu rebríka (Bel, 2014). V jaskyni sa nikdy nerealizoval archeologický výskum, známe sú len sporadické nálezy datované do stredoveku a novoveku (Raiskup, 1950; Šimková, 2006). Jediným pravekým artefaktom, ktorý odtiaľto pochádza, bola donedávna bronzová strelka šípu východného, alebo „skýtskeho“ typu, nájdená v roku 1995 (Soják a Struhár, 2014, s. 143) (obr. 18). Na základe získanej fotografie môžeme opísať tento hrot ako typ IV3c (podľa delenia A. Kozubovej, 2013) – trojhranný s mandľovitým tvarom listu, smerom k špičke s mierne sa zaoblujúcimi hranami, ktoré nepresahujú okraj tuľajky. Tuľajka nie je celkom skrytá, ale viditeľná v spodnej tretine tela šípu, čím budí dojem, že je nepatrne vysunutá. S istými výhradami by sa dal tento hrot priradiť i k typu trojkrídelkovito-trojhranných hrotov, no charakter fotografie neumožňuje jednoznačné zaradenie do tejto skupiny (Kozubová, 2013, s. 88 – 89).

Tvarovo by sa dal zaradiť skôr do skupiny trojhranných hrotov, ktoré ako typ III vyčlenila A. Hellmuth (2006, s. 120, TAF. 17, 18). V roku 2018 sa pracovníkom SMOPaJ počas bežnej kontroly jaskynných priestorov za účelom zistenia prípadných nelegálnych výkopov podarilo nájsť ďalšiu bronzovú strelku (obr. 19) v zadnej bočnej sienke. V tomto prípade sa taktiež jedná o trojhranný hrot, no so skrytou tuľajkou a s trojuholníkovým tvarom listu. Hrany skrytej tuľajky a sú zahrotené, čím vznikajú akési spätné háčiky – typ IV3a (Kozubová, 2013, 88 – 89; Šimková v príprave). V tuľajke sa zachovali zvyšky drevenej násady šípu. Trojhranné strelky šípov (či už so skrytou alebo vonkajšou tuľajkou) nie sú v rámci hrotov východného typu vyskytujúcich sa na našom území početnou skupinou. V inventári hrobov vekerzugskej kultúry na pohrebiskách na juhozápadnom Slovensku sa vyskytli len 2 kusy trojhranných hrotov šípov (Kozubová, 2009, s. 81). A v doteraz najväčšom známom súbore z hradiska Molpír pri Smoleniciach boli trojboké hroty zastúpené len 11 % (Hellmuth, 2006, s. 28). Keďže obidva opísané hroty z jaskyne Dvere sa nenašli v uzavretých celkoch v sprievode dobre datovateľných predmetov, samé osebe sa nedajú chronologicky presne zaradiť. Používali sa počas dlhšieho obdobia, no v zásade patril typ trojhranného hrotu so skrytou tuľajkou v stredoeurópskom priestore k hrotom šípov mladšieho typu (Kozubová, 2009, s. 67). V Karpatskej kotline sa hroty šípov so skrytou tuľajkou bežne používali až v priebehu 1. polovice 6. storočia (Kozubová, 2009, s. 93). K obom hrotom možno nájsť najbližšie analógie v súbore nálezov z Demänovskej hory, hoci ide o typy, ktoré tu nie sú zastúpené masívne (Furman et al., 2019, s. 78, obr. 2: 24; 3: 9). Vzhľadom na to, že Demänovská hora reprezentuje



Obr. 17. Vchod do jaskyne Dvere. Foto: P. Laučík
 Fig. 17. The entrance to the Dvere Cave. Photo: P. Laučík



Obr. 18. Bronzová strelka šípu z jaskyne Dvere, nájdená v roku 1995. Foto: P. Laučík
 Fig. 18. The bronze arrowhead from the Dvere cave, found in 1995. Photo: P. Laučík



Obr. 19. Bronzová strelka šípu z jaskyne Dvere, nájdená v roku 2018.

Foto: Z. Šimková

Fig. 19. The bronze arrowhead from the Dvere Cave, found in 2018.

Photo: Z. Šimková

mladší horizont výskytu hrotov šípov východného typu, ktorý je datovaný do druhej polovice 6. stor. pred n. l. až prvej polovice 5. stor. pred n. l. (Furman et. al., 2019, s. 81), môžeme nálezy z jaskyne Dvere zaradiť do tohto časového úseku. Ďalšie analógie k tomuto typu hrotov by sme našli na lokalite Pod Končistým v Nízkych Tatrách (Furman et al., 2020) a starší nález pochádza z Liptovského Starhradu (Miroššayová, 2003, s. 376; Hellmuth, 2006, s. 98; s. 126). Hoci sa hroty šípov východného typu našli už na mnohých slovenských lokalitách, nálezy v jaskyniach sú stále ojedinelé. Bronzová krátka strelka s tromi krídelkami so skrytou tuľajkou a mierne deformovaným hrotom sa našla pred Slaninovou jaskyňou v Slovenskom krase. Spolu s nájdenou keramikou je datovaná do stupňa HD. Podľa E. Miroššayovej (2007, s. 44) mohla v halštatskej dobe Slaninová jaskyňa dočasne slúžiť ako refúgium pre obyvateľov blízkych osád. Ďalšie dve bronzové strelky pochádzajú z okolia jaskyne Dúpnica v Západných Tatrách, no presné nálezové okolnosti nie sú známe (Furman a Šimková, 2019, s. 55). Ide o nálezy síce z bezprostredného, no stále iba z okolia jaskýň. Z interiéru u nás zatiaľ poznáme len jeden hrot šípu s tromi krídelkami zo Silickej ľadnice (Soják, 2021, s. 30) a dva vyššie opísané kusy z jaskyne Dvere. Tzv. skýtske hroty pochádzajú tiež z jaskynných lokalít spoza Karpatského oblúka, najbližšie v priestore Moravskej brány, na území Moravy a južného Poľska (Hellmuth, 2006, s. 79, Abb. 54). Známe sú napr. trojkrídelkové bronzové hroty v súbore nálezov z Býčí skály, ako aj štyri bronzové trojkrídelkové hroty s vonkajšou tuľajkou, ktoré sa našli v jaskyni Čertova díra (Miroššayová, 2007, s. 46; Peša, 2006, s. 60, obr. 13; Podborský et al., 1993, obr. 241). Hroty z Býčej

skály boli v minulosti považované za dôkaz povraždenia ľudí ukrývajúcich sa v jaskyni útočníkmi z prostredia vekerzugskej kultúry z Karpatskej kotliny. Novší názor pripúšťa, že mohli byť použité domácimi obyvateľmi v rámci rituálu ochrany proti agresorovi s využitím jeho zbraní (Oliva et al., 2015, s. 138). Hroty šípov nájdené v jaskyni Dvere môžu podľa nášho názoru podporiť predpoklad o využívaní jaskýň v Demänovskej doline ako úkrytov v prípade nebezpečenstva už v praveku a umožňujú toto miesto začleniť do mikroregiónu súdobých archeologických lokalít špecifikovaných vyššie. Samozrejme, tento predpoklad môže potvrdiť len ďalší výskum a nové nálezy.

Súdobá krasová lokalita – previs – sa nachádza v dolinke s názvom Čierna, vo východnom svahu Demänovskej doliny a skúmal ju v 50. rokoch 20. storočia archeológ J. Bárta. Objavil pravekú kultúrnu vrstvu so stopami ohniska, ktorú na základe črepov datoval do halštatskej doby (Bárta, 1953). Spolu s ojedinelými nálezmi z Demänovskej doliny, ktoré spracovali bádatelia M. Soják a V. Struhár (Soják a Struhár, 2014) dostávame detailnejší obraz o využívaní tohto regiónu na prelome staršej a mladšej doby železnej.

ZÁVER

Na základe súčasných poznatkov patrí severné predhorie Nízkych Tatier v oblasti Demänovských vrchov, medzi najintenzívnejšie ľuďmi využívané oblasti Liptova v praveku. Okrem mikroregiónu Demänovská hora – Rohačka – polia pod Rohačkou sú potvrdenými archeologickými lokalitami i ďalšie vrcholy okolitých kopcov: Na Jame (Furman, 2016),

Končitý (Končistý) (Pieta, 1981; 1983; Benediková, 2015b), Bodová (Volko-Starohorský, 1930), Iľanovská Poludnica (Pieta, 2002). Niektoré z nich boli známe už dávnejšie, keď zaujali výskytom cudzorodého geologického materiálu v prirodzene vápencovom prostredí.

Nové technológie mapovania a zobrazovania zemského povrchu dokážu byť pre krajinnú archeológiu prínosom v komplikovaných horských terénoch s pomerne vysokým prevýšením, veľkou členitosťou a hustou vegetáciou. Funkčná štruktúra krajiny je trvalejšia než samotné kultúrno-historické objekty, ktoré ju dočasne obsadzujú. Počas výskumu historických antropogénnych štruktúr bol zdokumentovaný priebeh starých prístupových komunikácií medzi refúgiom na Demänovskej hore, hradiskom Rohačka a poliami pod ňou. Objav týchto cestných komunikácií potvrdzuje, že uvedené lokality tvorili v mladom halštate mikroregión s relatívne ustálenou schémou tvoriacou v krajine tri vertikálne stupne. Najnižšie položeným miestom bola osada na dnešných poliach pod Rohačkou pri Ploštine. Tu sa odohrával bežný hospodársky a obchodný život. Nad osadou, na Rohačke bolo opevnené hradisko. Pravdepodobne išlo o priestor vyhradený elitám a zvláštnym obchodným výmenám. Nad nimi, na vrchole Demänovskej hory sa nachádzalo výšinné refúgium, ktoré sa využívalo len v prípade nebezpečenstva. Bolo budované v očakávaní ohrozenia, ale v dostatočnom časovom predstihu. Dôkazom toho je existencia opevnenia vo forme obvodových valov okolo vrcholu Demänovskej hory. Opevnenie bolo tvorené múrom budovaným z pieskovcových platní dovezených sem zdola. Na múre bola pravdepodobne ešte drevená palisáda. Opevnenie prehradzuje prakticky všetky prístupové cesty na vrchol Demänovskej hory a absentuje len tam, kde ho nahrádzajú vrcholové bralá. Ďalším cudzorodým materiálom boli žulové okruhliaky. Užívatelia refúgia sa teda nespoliehali len na pasívnu ochranu veľmi a ťažkou dostupnosťou terénu v okolí, ale pripravovali sa aj na útok z viacerých strán. Jednou z otázok zostáva, či značnú investíciu energie spojenú s vynesení obrovského množstva skál potrebných na budovanie a obranu refúgia zabezpečovali domáci obyvatelia popri dorábaní vlastnej obživy, alebo to boli špecializovaní stavitelia, či otroci. Do kultúrneho mikroregiónu možno legitímne zahrnúť aj súvisiace krasové lokality. Ide najmä o previs v Čiernej dolinke a jaskyňu Dvere v Demänovskej doline, kde boli objavené analogické hroty šípov ako na Demänovskej hore. Nález dotvára obraz využívania demänovských jaskýň človekom v praveku.

LITERATÚRA

- Bárta J. 1953. Praveké osídlenie skalného previsu v Čiernej dolinke pri Demänovej. *Krásky Slovenska* – príloha, 30, 7, 2–3.
- Bel M. 2014. *Liptovská stolica. Hungariae antique et novae prodromus (etc.). Norimbergae Conradus Monath 1723. Čadca, 392 s.*
- Benediková L. 2008. Zisťovací výskum v Liptovskom Mikuláši-Ploštine. *Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roku 2006*, 34–36.
- Benediková L. 2015a. Demänovská dolina – Demänovská hora.
Dostupné na: <http://archeol.sav.sk/files/Dem%C3%A4novsk%C3%A1-Dolina-2015.pdf>
- Benediková L. 2015b. Závažná Poruba – Končitý vrch.
Dostupné na: <http://archeol.sav.sk/files/Z%C3%A1va%C5%BEen%C3%A1-Poruba-2015.pdf>
- Benediková L., Furman M., Bielichová Z., Mihályiová J. & Tirpák J. 2019. Čo (staro)nového pod Rohačkou? Úlomky poznania pravekého a včasnodejinného sídliskového areálu v Liptovskom Mikuláši a Demänovskej doline. *Fragmenty času. Venované Elene Miroššayovej k 70. narodeninám*. In *Študijné zvesti archeologického ústavu SAV – Supplementum 1*, 51–88.
- Droppa A. 1970. Príspevok k výskytu výšinných hradísk v Liptove. *Almanach Liptovský Mikuláš*, 93–101.

- Furman M. 2016. Výskumná dokumentácia z archeologického prieskumu refúgia „Na Jame“ v k. ú. Demänovská Dolina a Pavčina Lehota. Nepublikovaná výskumná správa. Archív, Krajský pamiatkový úrad Žilina (T 763, T 893), Žilina.
- Furman M., Benediková L. & Šimková Z. 2018. Výskumná dokumentácia z archeologického prieskumu refúgia Demänovská hora (Demänovská Poludnica) v k. ú. Demänovská Dolina a Ploštín, okr. Liptovský Mikuláš. Nepublikovaná výskumná správa. Archív, Krajský pamiatkový úrad Žilina 09/2018/výskumná správa Archeologický ústav SAV Nitra 19799. Žilina – Nitra.
- Furman M., Benediková L. & Šimková Z. 2019. Nové poznatky o refúgiu na Demänovskej hore. In Lofajová B., Furman M. (Ed.): Výsledky nových archeologických výskumov na strednom Slovensku II. a III. Zborník príspevkov z 2. a 3. ročníka konferencie archeológov pôsobiacich v oblasti stredného Slovenska, Banská Bystrica 2017 – Oravský Podzámok 2018. Dolný Kubín – Bratislava, 76–83.
- Furman M. & Šimková Z. 2019. Okolie jaskyne Dúpnica ako súčasť sídliskovej aglomerácie výšinných polôh stredného Liptova. In Jenčík P. (Ed.): Hradiská – svedkovia dávnych čias II. Zborník odborných príspevkov o hradiskách a ich obyvateľoch. OZ Hradiská, Dolná Mariková, 49–72.
- Furman M., Šimková Z. & Laučík P. 2020. Výskumná dokumentácia z odovzdaných nálezov a následného výskumu peňazokazeckej dielne v polohe Zlatý previs pod Končistým, k. ú. Závažná Poruba. Nepublikovaná výskumná správa. Archív, Krajský pamiatkový úrad Žilina (T 984), Žilina.
- Hellmuth A. 2006. Untersuchungen zu den sogenannten skythischen Pfeilspitzen aus der befestigten Höhensiedlung von Smolenice-Molpír. In Pfeilspitzen. Universitätsforschungen zur Prähistorische Archäologie, Band 128, Bonn, 15–200.
- Kozubová A. 2009. Diaľkové zbrane z pohrebísk vekerzugskej kultúry na juhozápadnom Slovensku. Zborník SNM, 103, Archeológia, 19, 65–130.
- Kozubová A. 2013. Pohrebiská vekerzugskej kultúry v Chotíne na juhozápadnom Slovensku. Vyhodnotenie (Die Gräberfelder der Vekezug-Kultur in Chotín in der Südwestslowakei. Auswertung). Dissertationes Archaeologicae Bratislavenses 1. Bratislava, 454 s.
- Lieskovský T. 2006. Priestorové analýzy prehistorických objektov. Kartografické listy 2006: ročenka Kartografickej spoločnosti Slovenskej republiky, 14, Bratislava, 116–120.
- Mihalik J. 1888. A Rohácskai (Liptó M). Osteleprol. Archaeologiai Értesítő, 8, 140–147.
- Mihalik J. 1889. A Rohácskai ő-ésbronzkoritelep. Karpátegyesület Évkönyve 16, 37.
- Miroššayová E. 2003. K problematike tzv. skytských nálezov z regiónu Spiša. In Gancarski J. (Ed.): Epoka brązu i wczesna epoka żelaza w Karpatach polskich. Krosno, 357–378.
- Miroššayová E. 2007. Príspevok k nálezom z doby halštatskej v jaskyniach Slovenského krasu. Východoslovenský pravek, VIII, Nitra, 33–58.
- Oliva M., Golec M., Kratochvíl R. & Kostrhun P. 2015. Jeskyně Býčí skála ve svých dějích a pradějích. Býčí skála Cave: History and Prehistory. Studies in Anthropology, Palaeoethnology, Palaeontology and Quaternary Geology, 39, N.S. 31, Brno, 214 s.
- Peša V. 2006. Využívání jeskyní v mladší době bronzové až halštatské ve vybraných oblastech střední Evropy. Památky archeologické, XCVII, 47–132.
- Pieta K. 1980. Refúgium z doby halštatskej na Demänovskej Poludnici. Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roku 1979, Nitra, 165–166.
- Pieta K. 1981. Refúgiá z doby halštatskej v Liptove. Liptov, 6, Martin, 53–66.
- Pieta K. 1983. Halštatské výšinné sídliská v Liptove. Archeologické Rozhľedy, 35, 39–48.
- Pieta K. 2002. Príspevok k datovaniu hradiska Závažná Poruba – Iľanovská Poludnica. Archeologické výskumy a nálezy na Slovensku v roku 2001, Nitra, 156–158.
- Podborský V., Čižmář M., Dvořák P., Erhart A., Janák V., Medunová-Benešová A., Nekvasil J., Ondráček J., Pavelčík J., Salaš M., Stuchlík S., Stuchlíková J., Šebela L., Šmid M., Štrof A., Tejral J. & Valoch K. 1993. Pravěké dějiny Moravy. Vlastivěda moravská. Země a lid. Nová řada, svazek 3. Muzejní a vlastivědná společnost v Brně, Brno, 544 s.
- Raiskup J. Ch. 1950. Veľká jaskyňa v Bašte. Krásy Slovenska, 27, 5–8, 153–157.

- Sliacka S. 2016. Archeologický výskum na hradisku Rohačka v roku 2016. Predbežná správa. In Sliacka S. (Ed.): Výsledky nových archeologických výskumov na strednom Slovensku. Zborník z konferencie archeológov pôsobiacich v oblasti stredného Slovenska (Liptovské múzeum v Ružomberku 27. októbra 2016). Ružomberok, 45–50.
- Soják M. 2021. Praveký človek vstupuje do podzemia. In Struhár V. (Ed.): Mystérium Liskovskej jaskyne. Ružomberok, 18–33.
- Soják M. & Struhár V. 2014. Praveké a protohistorické osídlenie Demänovskej doliny a príľahlej časti Nízkych Tatier. In Bella P. (Ed.): Jaskyne Demänovskej doliny. ŠOP SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 135–146.
- Šimková Z. 2006. Osídlenie jaskýň Liptova (História speleoarcheologických výskumov a nálezov na Liptove). Slovenský kras, XLIV, 119–141.
- Volko-Starohorský J. 1906. Minerále v Liptove a niečo o liptovskom baníctve. Časopis Museálnej slovenskej spoločnosti, IX, 2, Knihtlačiarstvo-účastinársky spolok, Martin, 19–22.
- Volko-Starohorský J. 1924. Prírodné bohatstvo Liptova. (15 Heterogénny útvar hlinastého magurského pieskovca) Liptovský Mikuláš.
Dostupné na: http://www.minerale.sk/files/kni/016_volko_15.htm
- Volko-Starohorský J. 1930. Bodová pri Iľanove s archeologického stanoviska. Obzor praehistorický, VIII, Praha, 57–60.
- Volko-Starohorský J. 1965. Rozpomienky na archeologický výskum Liptova. Študijné zvesti AÚ SAV, 15, Nitra, 219–224.

Internetové zdroje:

<https://apl.geology.sk/gm50js/>

http://www.podnemapy.sk/Website/pody/web_podysr/legenda_mj.htm

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	59/2	251 – 263	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2021
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

DIERY NAD PASTORKOM, POZORUHODNÉ ROZSADLINOVÉ JASKYNE V KREMNICKÝCH VRCHOCH

SLAVOMÍR BÚCI¹ – RONALD PASTOROK¹ – PETER HOLÚBEK^{2,6}
– MIROSLAV KUDLA^{3,6} – ALEXANDER LAČNÝ^{4,6} – JÁN LAKOTA^{2,6}
– LUBOMÍR KOVÁČ⁵ – JÁN OBUCH^{6,7}

¹ Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa CHKO Štiavnické vrchy, Kammerhofská 26, 969 01 Banská Štiavnica I; slavomir.buci@soprs.sk; ronald.pastorok@soprs.sk

² Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; peter.holubek@smopaj.sk; jan.lakota@smopaj.sk

³ Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; miroslav.kudla@ssj.sk

⁴ Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa CHKO Malé Karpaty, Štúrova 115 900 01 Modra; alexander.lacny@soprs.sk

⁵ Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach; lubomir.kovac@upjs.sk

⁶ Slovenská speleologická spoločnosť, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš

⁷ Botanická záhrada Univerzity Komenského v Bratislave, pracovisko Blatnica 315, 038 15 Blatnica; jan.obuch@rec.uniba.sk

S. Búci, R. Pastorok, P. Holúbek, M. Kudla, A. Lačný, J. Lakota, E. Kováč, J. Obuch: Diery nad Pastorkom, remarkable crevice-type cave in the Kremnické vrchy Mountains

Abstract: The Diery nad Pastorkom caves in the Kremnické vrchy Mountains (central Slovakia) were known only for the local people, the cavers did not know about them. Therefore, these two pseudokarst caves were explored, surveyed and documented until 2020. They represent two crevice caves, with a length of 71 m and 137 m, formed in epiclastic volcanic sandstones and redeposited tuffs of rhyolites along parallel vertical failures. Both belong to the important pseudokarst caves in Slovakia. They are also valuable for significant findings of cave invertebrates, especially troglomorphic endemics *Duvalius microphthalmus* and *Bryaxis monstrosetibialis*, which have not yet been found in the Jastrabská vrchovina Highlands (the geomorphological subunit in the south-western part of the Kremnické vrchy Mountains).

Key words: Kremnické vrchy Mountains, Kopernica, volcanic rocks, pseudokarst, crevice cave, troglobites

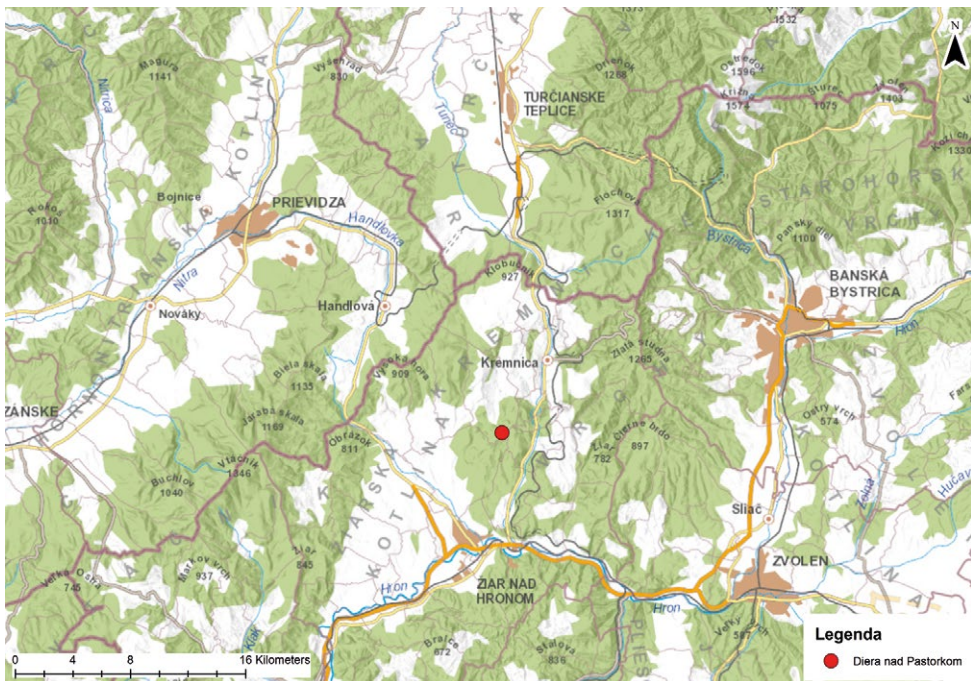
ÚVOD

Vchody dvoch pseudokrasových vertikálnych jaskýň v Zozname jaskýň Slovenskej republiky evidovaných ako Diery nad Pastorkom, ktoré sú od seba vzdialené 13 m, sa nachádzajú približne 60 m SV od severnejšieho vrcholu Horná Klapa (687 m n. m.) v katastrálnom území obce Kopernica, ležiacej 5 km severne od Žiaru nad Hronom v Jastrabskej vrchovine, geomorfologickom podcelku Kremnických vrchov (Mazúr a Lukniš, 1978). Do ich prieskumu bolo v Kremnických vrchoch známych 18 pseudokrasových jaskýň, pričom najdlhšou z nich bola s dĺžkou 91 m jaskyňa Snežná rozsadlina v katastrálnom území mesta Kremnica (Gaál et al., 2001). Napriek svojej ľahko dostupnej polohe boli tieto lokality jaskyniarom prakticky neznáme a neexistoval o nich žiadny záznam či technický denník

(obr. 1). Až začiatkom roku 2020 zamestnanec ŠOP SR a miestny znalec Slavomír Búci upozornil na existenciu týchto priepastí P. Holúbeka. Nebolo jasné, či náhodou nejde o staršie banské diela, čo podnietilo jaskyniarsky prieskum lokality. Napriek absencii relevantných záznamov sú tieto lokality odnepamäti známe miestnym obyvateľom obce Kopernica. Od miestneho obyvateľa Jána Pastorka máme informáciu o udalosti z knihy „*Unser Dorf Deutsch-Litta*“, ktorá sa mala udiať niekedy po 1. svetovej vojne. Pri oberaní malín spadol do otvoru jednej z jaskýň chlapec, ktorého zachránili s pomocou stromu zoľatého neďaleko otvoru. V 90. rokoch miestni odvážlivci zostúpili do neznámeho podzemia pomocou rebríka a údajne dosiahli hĺbku 40 m, no žiadna dokumentácia z tohto zostupu sa nezachovala.

Prvotný jaskyniarsky prieskum lokalít sa uskutočnil 17. 3. 2020 za účasti S. Búciho, J. Pastorka, A. Saxu, D. Jančoviča a P. Holúbeka. S pomocou jednostopového rebríka sa vtedy podarilo zostúpiť v severnejšej z nich do hĺbky 30 m (obr. 2), chodba ďalej pokračovala. Z morfológie jaskyne bolo zrejmé, že ide o prírodné podzemné priestory rozsadlinového charakteru väčšieho rozsahu (obr. 3). Na nasledujúcej akcii dňa 31. 3. 2020, ktorej sa zúčastnili S. Búci, J. Pastorek, A. Saxa, A. Lačný, M. Vrbičan a P. Holúbek, sa podarilo severnejšiu lokalitu preskúmať a zdokumentovať v dĺžke 137 m. Najnižšie miesto ležiace v hĺbke 39,3 m predstavuje tesnú úžinu s prievanom, kde je ďalší postup zatarasovaný sutinou. V ten deň M Vrbičan a A. Lačný zostúpili v južnejšej diere do hĺbky cca 20 m (obr. 4). Zastali na konci rebríka nad voľným pokračovaním. Po vystrojení ju zamerali a zdokumentovali A. Lačný s P. Holúbekom. Táto lokalita dosiahla dĺžku 71 m a hĺbku 36 m. Končí sa zasutinením s výrazným prievanom na najnižších miestach. Súbežne s jaskyniarskym prieskumom sa tu realizoval aj biospeleologický výskum.

Cieľom príspevku je prezentovať výsledky jaskyniarskeho a geologického prieskumu, ako aj prvotné výsledky biospeleologického výskumu týchto jaskýň.



Obr. 1. Diery nad Pastorkom, polohopisná mapa.
Fig. 1. Diery nad Pastorkom caves, topographic map.



Obr. 2. Vchod do severnej Diery nad Pastorkom.
Foto: S. Búci
Fig. 2. Entrance of the northern Diera nad Pastorkom Cave. Photo: S. Búci

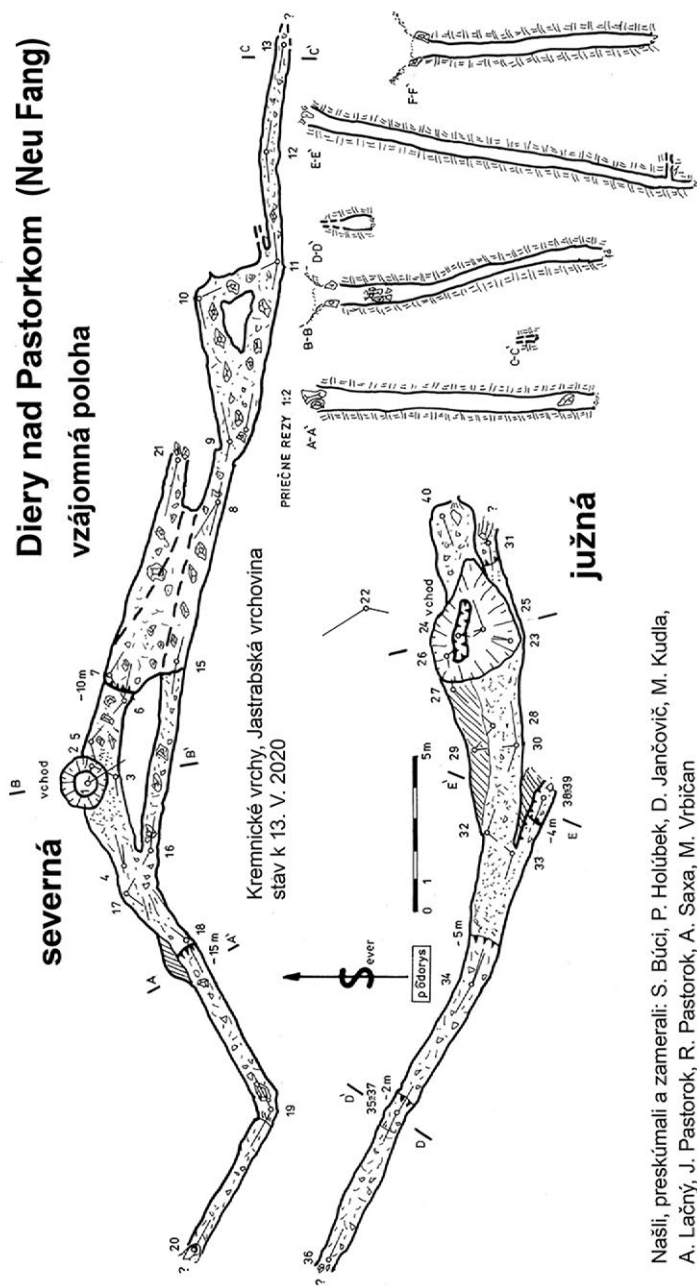


Obr. 3. Typická morfológia rozsadlinových jaskýň.
Foto: P. Holúbek
Fig. 3. Typical morphology of crevice-type cave.
Photo: P. Holúbek



Obr. 4. Vchod do južnej Diery nad Pastorkom. Foto: S. Búci
Fig. 4. Entrance of the southern Diera nad Pastorkom Cave. Photo: S. Búci

Dieri nad Pastorkom (Neu Fang) vzájomná poloha

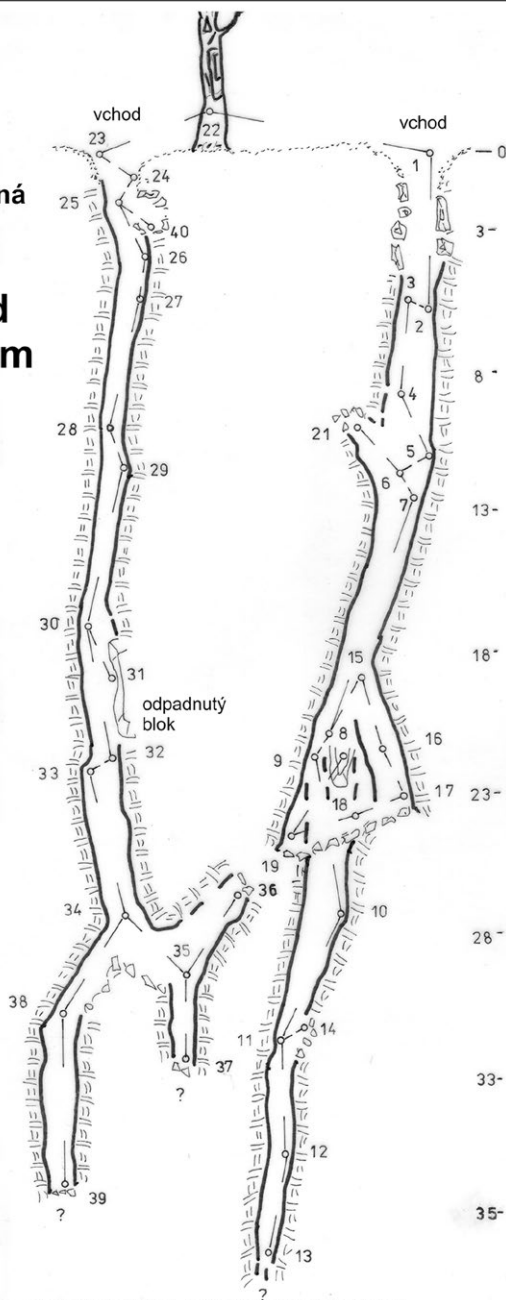


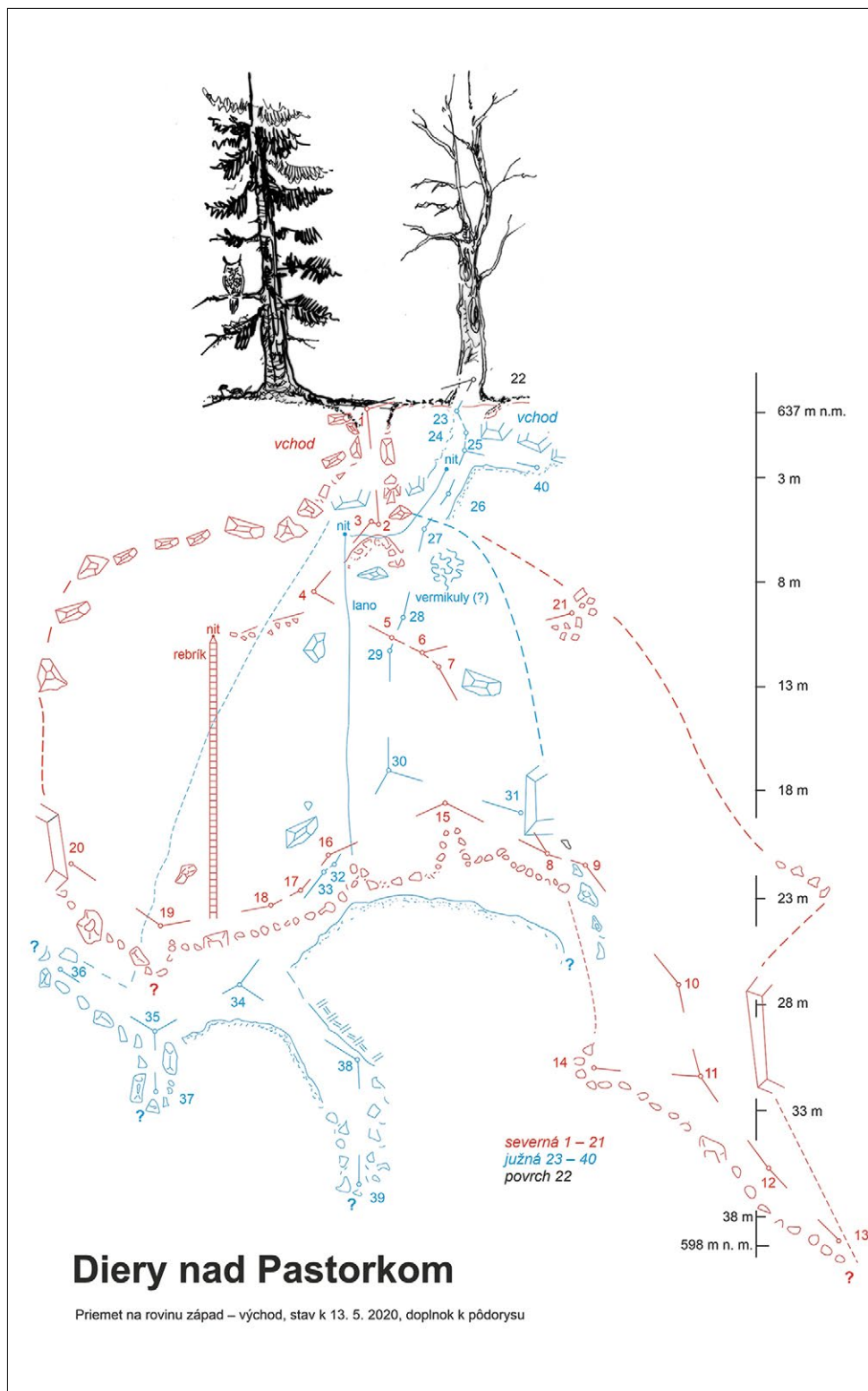
Našli, preskúmali a zamerali: S. Búci, P. Holúbek, D. Jančovič, M. Kudla,
A. Lačný, J. Pastorok, R. Pastorok, A. Saxa, M. Vrbičan

Diery nad Pastorkom

južná

severná





METODIKA

Meranie štruktúrnych prvkov tak na povrchu, ako aj v podzemí bolo vykonané štandardnými metódami geologického prieskumu pomocou geologického kompasu typu Freiberg. Na vynesenie a neskoršiu analýzu planárnych štruktúrnych prvkov sa využil software OpenStereo (Grohmann a Campanha, 2010), (obr. 5). Biospeleologický výskum Dier nad Pastorkom sa vykonával pomocou zberu jaskynnej fauny do zemných pascí, ktoré sa v jaskyniach umiestňovali v dvoch etapách na rozličných pozíciách v oboch jaskyniach. Počas prieskumnej akcie 31. 3. 2020 sa na dne severnej priepasti osadili dve pasce, na dne južnej priepasti jedna pasca. Vytiahnuté boli 15. 5. 2020, pričom v tento deň boli osadené iné tri pasce na rozličných miestach v oboch jaskyniach. Tie sa vyzdvihli 6. 6. 2021. Nálezy fauny v pasciach determinovali J. Lakota a Ľ. Kováč, nálezy kostí stavovcov zozbieraných počas jaskyniarskeho prieskumu lokalít určil J. Obuch.

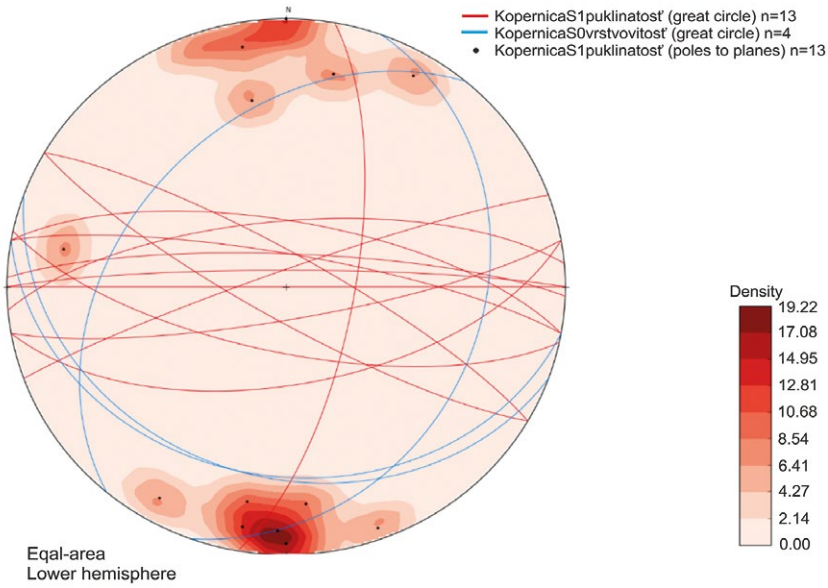
GEOLOGICKÉ POMERY

Samotné jaskyne vznikli v epiklastických vulkanických pieskovochoch a redeponovaných tufoch rhyolitov jastrabskej formácie (Lexa et al., 1998). Vek formácie je udávaný do obdobia stredného miocénu – sarmatu (cca 11 mil. rokov). V jaskyniach možno pozorovať vrstvy vulkanosedimentárneho komplexu od niekoľkých centimetrov po niekoľko metrov (obr. 6). Nekompaktné časti podliehajú deštrukcii, čo má za následok postupné rozpadanie horniny, najmä vo vrchnejších častiach. V hlbších častiach sa javia vrstvy kompaktnejšie.

Jaskyne vznikali na extenzných zlomových štruktúrach generálne Z-V smeru, ktoré sú strmo uklonené na sever aj juh. V jaskyniach sa nachádzajú aj tektonické zrkadlá, no bez výraznejších kinematických indikátorov. Dá sa preto uvažovať aj o inom zmysle pohybu okrem extenzie. V spodnejších častiach Južnej diery nad Pastorkom sme lokalizovali na hlavnej poruche brekcie. Podľa základnej hmoty sa javia ako synsedimentárne. Vrstvovitost' S_0 bola nameraná priamo v oboch jaskyniach (modré oblúky). Upadá pod miernymi sklonmi 30 až 40° na SZ, JV až J. Primárna vrstvovitost' má iba minimálny vplyv na speleogenézu jaskýň. Až v najhlbšom mieste Južnej diery nad Pastorkom sme si všimli, že takmer subhorizontálna vrstvovitost' S_0 110/30 v kombinácii s puklinou S_1 170/80 vytvára chodbu. Pre malý objem nameraných zlomových štruktúr podieľajúcich sa na vzniku jaskyne boli všetky označené ako plochy S_1 (červená farba). Z tohto datasetu zatiaľ iba jedna plocha nameranej pukliny vykazovala strmý, takmer S-J smer. Pukliny tejto orientácie však vidno v prierezoch hlavných porúch jaskyne. Extenzné zlomové štruktúry majú poklesový charakter a dajú sa dobre korelovať s výsledkami Pulišovej a Hóka (2015), ktorí realizovali výskum zameraný na paleonapäťovú analýzu zlomového porušenia neďalekej Žiarskej kotliny. Časť lokalít sa nachádzala aj v jastrabskej formácii. V oblasti od vrchného panónu je extenzná zložka napätia orientovaná generálne v smere SZ-JV. Od obdobia pliocénu pravdepodobne až do recentu prevláda v oblasti Žiarskej kotliny extenzná zložka napätia orientovaná v smere SV-JZ až V-Z (Pulišová a Hók, 2015). Významná časť nami nameraných zlomových štruktúr upadá na SSZ, resp. JJV, čo možno korelovať s extenziou od vrchného pontu. V jaskyni je zachytená aj mladšia udalosť, a to extenzia V-Z orientácie v podobe strmej pukliny v smere S-J.

V Južnej diere nad Pastorkom boli na stenách hlavnej poruchy nájdené tmavé povlaky, koncentrované do akýchsi cestičiek zatiaľ neznámeho pôvodu. Podobné štruktúry sa našli aj v Bridlicovej štólne v Marianke. Uvažuje sa nad reakciou jemného kalu striedavo zmývaného vodou na povrchu pukliny a vylúhovanie sekundárnych minerálov (pers. com., Ján Madarás, 2020). Mohlo by ísť o sedimenty, ktoré sa definujú ako *vermikulity* – tenké uloženiny jemnozrnných sedimentov a organického materiálu alebo iba organického materiálu, ktoré

na stenách jaskýň vytvárajú zhluky škvrnitých, červovitých alebo polygonálnych tvarov (pozri Bella, 2005 a ďalší). Tento proces sa mohol udiat' aj v mikrotrhline, ktorej druhá časť už odpadla. V každom prípade by sa žiadal mineralogický výskum.



Obr. 5. Tektonogram nameraných štruktúr v jaskyniach.

Fig. 5. Tectonogram of measured structures in the caves.



Obr. 6. Striedajúce sa vrstvy vulkanosedimentárneho komplexu v južnej Diere nad Pastorkom tesne pod povrchom. Foto: A. Lačný

Fig. 6. Alternating layers of volcano-sedimentary complex in the southern Diera nad Pastorkom Cave, just below the surface. Photo: A. Lačný

MORFOLÓGIA A GENÉZA

Vchod do prvej, severnejšie ležiacej priepasti tvorí úzky, prepadnutý komín kruhového tvaru. Jeho steny sú tvorené blokmi horniny, ktoré sú do seba zaklínené a tvoria pomerne nebezpečný otvor; ten po 4 m ústi do výraznej rozsadliny, ktorá má generálny smer 280 – 100°. Ide o výraznú puklinu, ktorej strop tvoria veľké bloky ryolitu a terajší vchod je iba jej vyústenie na povrch, pravdepodobne aj zrútením nestabilných blokov do podzemia. Pri meračskom bode (ďalej len m. b.) 18 má puklina najväčšiu šírku, až 1,5 m. Na dne pri m. b. 13, čiže v vo východnom ukončení rozsadliny, je puklina široká iba 20 cm (obr. 7). Na jej západnom konci má šírku okolo 80 cm a v ďalšom pokračovaní tu bránia zhora napadané skalné bloky. Z mapy sa dá odčítať, že medzi najvzdialenejšími koncami rozsadliny je vzdialenosť iba 40 m. Je to samozrejme iba nepatrný fragment rozsiahleho zlomu, ktorý sa pravdepodobne ťahá celým masívom kóty, kde sa Diery nad Pastorkom vyskytujú.

Vchod do južnejšej lokality predstavuje tesný puklinový otvor vo svahovej depresii s elipsovým tvarom, pričom jej dlhšia časť dosahuje pôdorysný rozmer 4 m. Východne od vchodu sa tesne pod povrchom nečakane nachádza menšia sieň, ktorej strop tvoria zaklínené bloky horniny, drobná sutina a hlina. Za vstupným puklinovým otvorom, vytvoreným v masívnej hornine, klesá podzemný priestor kolmým vertikálnym stupňom hlbokým 16 m. Jeho šírka dosahuje 90 – 110 cm. Dno tvorí drevo, hlina a drobná sutina, napadané z povrchu. Východná časť rozsadliny je uzavretá veľkým blokom horniny, pod ktorým je tesné pokračovanie ďalej, no túto časť sme nepreskúmali a nezamerali. Západná časť rozsadliny sa končí v úžinách zavalených blokmi horniny a sutinou. Cítiť tu aj prievan a je zrejmé, že v tejto časti bude rozsadlina pokračovať ďalej. Od susednej severnejšej lokality ju v pôdoryse delia iba 4 m kompaktného masívu.



Obr. 7. Najhlbšia časť Dier nad Pastorkom predisponovaná vertikálnou poruchou SZ-JV. Foto: A. Lačný
Fig. 7. The deepest part of the Diery nad Pastorkom caves controlled by NW-SE vertical failure.
Photo: A. Lačný

Diery nad Pastorkom predstavujú pomerne častý jav vo vulkanických, pieskovcových horninách a čiastočne aj v karbonátoch, keď gravitácia pôsobiaca na okraji masívu spolu s ostatnými činiteľmi spôsobí trhlinu, ktorá sa rozšíri do takej miery, že je prístupná pre človeka (obr. 8). Podobné lokality sa nachádzajú v Kremnických vrchoch v okolí Skalky, v Bachurni, Levočských vrchoch, Ľubovnianskej vrchovine, Oravských Beskydách, Čergove, Šarišskej vrchovine, Cerovej vrchovine, ako aj v Štiavnických vrchoch v Szabóovej skale a v kameňolome pri Lehôtke pod Brehmi (Gaál a Eszterhás, 1990; Holúbek, 1995; Gaál, 2003; Majerníčková et al., 2005 a ďalší). Vo vápencoch sú jaskyne vytvorené týmto spôsobom typické najmä pre priekrovové trosky vo Veľkej Fatre, napr. na Bielej Skale, v Štrochoch a na Meškove.



Obr. 8. Strmá vertikálna porucha, na ktorej sú založené Diery nad Pastorkom. Foto: A. Lačný
 Fig. 8. Steep vertical failure along which the Diery nad Pastorkom caves are formed. Photo: A. Lačný

FAUNA

Diery nad Pastorkom sú vzhľadom na svoju polohu a genézu vzniku vysloveným „lapačom“ hmyzu. Aj menšie stavovce, napr. salamandry, ktoré sú v okolí bežné, po páde do priepasti nemajú šancu vyliezť. Dňa 13. 5. 2020 sme z podzemia severnejšej lokality vytiahli na povrch 9 dospelých jedincov salamandry a z južnejšej dva jedince. Padnutý hmyz, ak

sa mu nepodarí vyliezť, skončí ako potrava predátorov s podobným osudom, či uhynie bez možnosti dostať sa na povrch. Počas prieskumu v severnejšej Diere nad Pastorkom sa našli pri m. b. 19 dňa 31. 3. 2020 zvyšky po chrobákoch (Coleoptera), ktoré sem spadli, resp. boli splavené z povrchu: *Carabus nemoralis*, *Carabus convexus*, *Abax sp.*, *Amara sp.*, *Leistus piceus*, *Geotrupes sylvaticus*, *Cetonia aurata*. Zvyšky hmyzu na dne tejto hlbokéj pukliny umožňujú jeho determináciu, a teda zachytiť jeho diverzitu na povrchu v okolí priepasti.

Dňa 13. 5. 2020 sa skontrolovali tri pasce na hmyz, ktoré v severnejšej lokalite umiestnili dňa 30. 3. 2020 P. Holúbek a M. Vrbičan. Po analýze zachyteného materiálu sa výskyt troglobiontných živočíchov nepotvrdil, v pasciach boli nájdené okrem malých dvojkridlovcov (Diptera) len jeden exemplár bystrušky *Carabus nemoralis* a utekáčika *Pterostichus burmeisteri*. Na oboch lokalitách boli dňa 13. 5. 2020 opäť inštalované zemné pasce na dne rozsadlín v afotickej zóne, ktoré sa vybrali 6. 7. 2021 s nasledujúcimi výsledkami:

Chrobáky (Coleoptera):

Carabidae:

Carabus (Archicarabus) nemoralis – 2 ex.

C. (Megodontus) violaceus – 1 ex.

C. (Chaetocarabus) intricatus – 1 ex.

Cychrus attenuatus – 3 ex.

Duvalius microphthalmus cf. tatricus – 1 ex.

Abax ovalis – 6 ex.

A. parallelepipedus – 3 ex.

A. parallelus – 5 ex.

Pterostichus (Morphnosoma) melanarius – 1 ex.

P. (Cheporus) burmeisteri – 5 ex.

P. (Platysma) niger – 4 ex.

Leiodidae

Catops picipes – 5 ex.

Geotrupidae:

Geotrupes stercorarius – 12 ex.

Silphidae:

Phosphuga atrata – 6 ex.

Staphylinidae:

Bryaxis monstrosetibialis – 6 ex.

Quedius (Microsaurus) mesomelinus – 4 ex.

Ocypus olens – 1 ex.

Pozoruhodným z hľadiska výskytu je nález samičky bystruškovitého behúnika *Duvalius microphthalmus cf. tatricus*, ktorý patrí ku troglofilným obyvateľom jaskynného prostredia. V Jastrabskej vrchovine, kde sa Diery nad Pastorkom nachádzajú, doteraz nebol jeho výskyt zaznamenaný. Jeho najbližší výskyt bol doteraz zdokumentovaný pri prameniskách a v pseudokrasových puklinových útvaroch Kremnických vrchov, medzi vrcholom Skalka a Görgeyho tunelom, v Túfnych jaskyniach nad Horným Harmancom a pri prameniskách v najvyšších polohách pohoria Vtáčnik. Druhý významný druh – drobcíkovitý chrobák *Bryaxis monstrosetibialis*, je známy z viacerých jaskýň Slovenska. Všetky ostatné uvedené druhy chrobákov sú povrchové formy, ktoré spadli do jaskyne. V jaskyni bola zaznamenaná aj početná populácia chvostoskokov (Collembola), ktoré určil L. Kováč:

Pygarrhopalites pygmaeus – 8 ex.

Plutomurus n. sp. – 22 ex.

Ceratophysella granulata – 294 ex.

Deuterphorura silvaria – 1 ex.

Ceratophysella granulata je frekventovaným druhom chladnejších jaskýň Západných Karpát, je to eutroglofil trvale obývajúcí podzemné habitaty, kde sa aj úspešne rozmnožuje. Je to zároveň glaciálny relikť, teda druh prežívajúci z glaciálnych období pleistocénu. *Plutomurus* n. sp. je zatiaľ neopísaným druhom, je takisto frekventovaný v našich jaskyniach, je to pravdepodobne troglobionť, teda druh viazaný výhradne na podzemné habitaty. *Pygarrhopalites pygmaeus* je frekventovaným druhom v jaskyniach celého Palearktu, je to eutroglofil. Druh *Deuterphorura silvaria* možno zaradiť medzi subtroglofilu, teda formy, ktoré nezakladajú v jaskyniach trvalé populácie. Je to pôdny druh s rozšírením v Karpatoch, v jaskyniach je málo frekventovaný.

V pasci na odchyt bezstavovcov uviazla aj jedna ryšavka žltohrdlá (*Apodemus flavicollis*) a dva hrdziaky hôrne (*Myodes glareolus*). Po úrode bukvič predošlú jeseň boli oba lesné druhy premnožené a zrejme neúmyselne spadli do priepasti.

Lokalita je pozoruhodná aj výskytom netopierov. Dňa 30. 3. 2020 tu bolo pozorovaných 20 zimujúcich netopierov druhu podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*) a 2 jedince druhu netopier veľký (*Myotis myotis*). Pri následnom prieskume dňa 13. 5. 2020 sme pozorovali už iba 6 kusov podkovára malého. Je možné, že v zimnom období ich tu hibernuje podstatne viac.

Dňa 31. 3. 2020 sme v Severnej diere nad Pastorkom našli pozostatky nedospelého srnca lesného, na ktorom sa našli stopy po hryzení predátorom (vlk?), určil T. Čeklovský, paleontológ Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši.

ZÁVER

Preskúmané a zdokumentované Diery nad Pastorkom sa svojím rozsahom zaraďujú k najvýznamnejším lokalitám vytvoreným v nekrasových horninách na Slovensku (pozri Bella, 1995; Gaál a Bella, 1997 a ďalší) Ich známe priestory sú pravdepodobne iba fragmenty existujúcich podzemných priestorov. Svedčí o tom silný prieván, ktorý vane obidvomi lokalitami a nasvedčuje tomu, že ide o horný vchod do jaskynného systému. Teplota v podzemí je pomerne vysoká, dňa 6. 7. 2021 dosahovala až 11,1°C. Doteraz známe priestory Dier nad Pastorkom vznikli na dvoch paralelných extenzných poruchách. Ich rozsadlinový charakter je evidentný. Podľa Gaála (2003) ich možno zaradiť k odkloneným rozsadlinovým jaskyniam, ktoré sú u nás najpočetnejšou skupinou rozsadlinových jaskýň. V počiatočnom štádiu sa vytvárajú ťahové (dilatačné) trhliny, spravidla len niekoľko metrov od okraja masívu. Na svahu sa môže vytvoriť aj niekoľko línii pod sebou. To je prípad aj nami skúmaných jaskýň. Obe rozsadlinové jaskyne sa nachádzajú vedľa seba, čo je pri podobných lokalitách pomerne častý jav.

Lokalita je významná aj z biospeleologického hľadiska. Behúnik *Duvalius microphthalmus* patrí k vzácnym troglofilným endemitom Slovenska. Keďže v Jastrabskej vrchovine sa doteraz nenašiel, ide o unikátny nález. Podobne aj *Bryaxis monstrosetibialis* je veľmi vzácnym endemickým druhom s výskytom viazaným na Západné Karpaty. V prípade neopísaného druhu chvostokoka *Plutomurus* n. sp. ide pravdepodobne o troglobionta. Preto údaje o polohe lokality by sa nemali zverejňovať na dostupných stránkach.

Pod'akovanie: Príspevok bol vypracovaný s podporou projektu APVV-16-0146.

LITERATÚRA

- Bella P., Hlaváčová I. & Holúbek P. 2018. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 31. 12. 2017). SMOPaJ, SSS, SSJ, Liptovský Mikuláš, 528 s.
- Bella P. 1995. Prehľad registrovaných jaskýň v nekrasových horninách Slovenska. In Gaál, L. (Ed.): Preserving of pseudokarst caves. Proceedings of International Working Meeting, Rimavská Sobota. SAŽP, Banská Bystrica, 17–32.
- Bella P. 2009. Sedimentárne štruktúry a geomorfologické formy v jaskyniach vytvorené na jemných klastických sedimentoch. Aragonit, 14, 1, 3–11.
- Gaál L. 2003. Genetické typy rozsadlinových jaskýň na Slovensku. Slovenský kras, 41, 29–45.
- Gaál L. & Bella P. 1997. Genetické typy jaskýň v nekrasových horninách Slovenska. Proceedings, 5th Pseudokarst Symposium, Szczyrk, 20–24.
- Gaál L. & Eszterhás I. 1990. Pseudokrasové jaskyne Cerovej vrchoviny – otázky genézy a rozšírenia. Slovenský kras, 28, 71–102.
- Gaál L., Grego J., Holúbek P. & Mlejnek R. 2001. Jaskyne pod Skalkou v Kremnických vrchoch. Slovenský kras, 38, 141–154.
- Grohmann C. H. & Campanha G. A. C. 2010. OpenStereo: opensource, cross-platform software for structural geology analysis. Presented at the AGU 2010 Fall Meeting, San Francisco, CA.
- Holúbek P. 1995. Konzekvenčné jaskyne v Štiavnických vrchoch. In Gaál, L. (Ed.): Preserving of pseudokarst caves. Proceedings of International Working Meeting, Rimavská Sobota. SAŽP, Banská Bystrica, 58–60.
- Lakota J., 2021. Prvónález zriedkavého troglofilného chrobáka v Jastrabskej vrchovine. Spravodaj SSS, 52, 4, 35–37.
- Lexa J., Halouzka R., Havrila M., Hanzel V., Kubeš P., Liščák P. & Hojstričová V. 1998. Geologická mapa Kremnických vrchov, M 1:50 000. Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava.
- Majerníčková F., Majerníčková G. & Imrich P. 2005. Jaskyňa pod Spišskou – nová pseudokrasová jaskyňa na Slovensku. Spravodaj SSS, 36, 1, 29–33.
- Mazúr E. & Lukniš M. 1978. Regionálne geomorfologické členenie Slovenskej socialistickej republiky. Geografický časopis, 30, 2, 101–125.
- Pulišová Z. & Hók J. 2015. Paleonapät'ová analýza zlomového porušenia Žiarskej kotliny. Acta Geologica Slovaca, 7, 2, 103–111.
- Roob H., Roob J. & Fronz J. 1987. Unser Dorf Deutsch-Litta. Hilfbund karpatendeutscher Katholiken e. V., Stuttgart, 232 s..

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	59/2	265 – 268	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2021
--------------------------------------------	------	-----------	------------------------

SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE

**Prof. RNDr. PAVEL BOSÁK, DrSc.,
SEDEMDESIATNIKOM**



P. Bosák na 17. medzinárodnom speleologickom kongrese, Sydney 2017. Foto: Gy. Hegedüs

V živote jednotlivca sú dni, keď prináleží pripomenúť a zrekapitulovať jeho doterajšiu tvorivú a prospešnú činnosť. Platí to aj v prípade prof. Pavla Bosáka, známeho českého geológa, speleológa a karsológa, ktorý sa v auguste 2021 dožil 70 rokov. Jeho meno je dlhodobo späté aj s geovedným výskumom krasu a jaskýň na Slovensku (azda aj z dôvodu, že jeho matka pochádzala zo Slovenska). Viac ako štvrtstoročie rozvíja vedeckú spoluprácu medzi Geologickým ústavom AV ČR v Prahe a Štátnou ochranou prírody, Správou slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, podporuje aktivity Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši. Pravidelne sa zúčastňuje nami organizovaných vedeckých konferencií venovaných problematike krasu a jaskýň, je členom redakčných rád časopisov Slovenský kras a Aragonit. Dlhodobo je členom redakčnej rady časopisu Geologica Carpathica, oficiálneho vedeckého časopisu Karpatsko-balkánskej geologickej asociácie, ktorý vychádza na Slovensku. Vedeckej komunite i širšej odbornej verejnosti netreba pripomínať, že jubilat je známy bohatou vedeckou, odbornou i riadiacou činnosťou.

Pavel Bosák sa narodil 14. augusta 1951 v Prahe. Po skončení gymnázia študoval v rokoch 1969 – 1974 geológiu na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Karlovej v Prahe. Roku 1974 obhájil diplomovú prácu zaoberajúcu sa sedimentológiou jury v severnej časti Moravského krasu. V rokoch 1974 – 1978 absolvoval vedeckú aspirantúru, v roku 1976 získal titul doktora prírodovedy (RNDr.). V roku 1982 obhájil dizertačnú prácu (CSc.) zameranú na sedimentológiu devónu v tišovských brunidoch a brnenskej jednotke v oblasti Tišnova. V rokoch 1974 – 1978 sa na katedre geológie podieľal aj na výučbe vrátane mapovacích kurzov. V roku 1978 bol asistentom na Geologickom ústave Československej akadémie vied v Prahe, roku 1979 knihovníkom v Národnej knižnici v Prahe a v rokoch 1980 – 1982 špecialistom na informatiku v Geologickej knižnici Prírodovedeckej fakulty Univerzity Karlovej v Prahe.

V rokoch 1982 – 1994 pracoval v Geoindustrii (po roku 1992 GMS, a. s., Praha), kde sa zaoberal výskumom a prieskumom nerastných surovín, najmä zásobami vápencov a uhliá – nielen v bývalom Československu, ale aj v zahraničí (zúčastnil sa geologických expedícií do Líbye a Iránu). V roku



P. Bosák pred vchodom do jaskyne Baradla pri príležitosti 20. výročia zápisu jaskýň Slovenského a Aggteleckého krasu do Zoznamu svetového dedičstva. Foto: J. Hromas

1994 založil konzultantskú kanceláriu (P. Bosák Earth Sciences Consulting), ktorá sa prevažne zaoberala zásobami nerastných surovín, rekultiváciou kameňolomov, karsológiou a ekonomickou geológiou.

Hlavná výskumná a odborná činnosť jubilanta je spojená s Geologickým ústavom Akadémie vied Českej republiky. Riaditeľom ústavu bol v rokoch 1996 – 2004 a 2012 – 2017, prvým zástupcom riaditeľa v rokoch 2004 – 2012, predsedom Rady ústavu v rokoch 2007 – 2012 a od roku 2017 dodnes (súčasne zastáva funkciu vedúceho vedeckého pracovníka). Na ústave naďalej zanietene pracuje ako emeritný vedecký pracovník. Stále je aktívny vo výskumnej a publikačnej činnosti, usmerňuje a podnecuje činnosť mladších spolupracovníkov.

V rokoch 1990 – 2007 na Prírodovedeckej fakulte Univerzity Karlovej v Prahe vykonával špecializované prednášky zamerané na analýzu sedimentačných bazénov a základy karsológie a paleokarsológie. Na Ústave geologických vied o Zemi Poľskej akadémie vied vo Varšave sa habilitoval v roku 1998, za profesora prírodných vied bol inaugurovaný v roku 2004. V roku 2000 nostrifikáciou titulu dr. hab. získal podľa českých predpisov titul DrSc. Je členom Postgraduálneho študijného programu Karsológia na Univerzite v Novej Gorici (Slovinsko). Úspešne viedol dvoch absolventov doktorandského štúdia.

Dlhoročná výskumná činnosť jubilanta sa upriamuje najmä na karsológiu, paleokarsológiu, krasovú geológiu, vývoj krasu a jaskýň, krasové sedimenty, speleochronológiu, geomorfológiu, petrológiu a sedimentológiu karbonátov, sedimentológiu terestrických a marínných siliciklastík, analýzu sedimentačných bazénov, environmentálnu geológiu a procesy, využívanie a ochranu prírodných zdrojov, ako aj na rekultiváciu kameňolomov. Je jedným zo zakladateľov paleokarsológie ako samostatnej disciplíny v rámci karsológie a speleológie. V roku 1997 sa začal zaoberať aplikáciou paleomagnetických a magnetostratigrafických metód pri skúmaní jaskynných sedimentov v spolupráci s medzinárodným tímom špecialistov. Okrem Slovenska jubilant vykonával, resp. sa podieľal

na výskumoch v Slovinsku, Poľsku, Maďarsku, Taliansku, Bulharsku, Francúzsku, na Ukrajine, v Iráne, Líbyi, Kórejskej republike, Kirgizstane, Kazachstane, ako aj na Bahamách.

Zo sedimentologického, magnetostratigrafického i speleogenetického hľadiska u nás skúmal Ochtinskú aragonitovú jaskyňu, Beliansku jaskyňu, Demänovské jaskyne (Demänovskú jaskyňu slobody, jaskyňu Okno), jaskyňu Domica, Stratenskú, Jasovskú, Moldavskú, Važeckú, Harmanec-kú, Liskovskú a Plaveckú jaskyňu, ako aj niektoré jaskyne Ponického krasu. Osobitne sa zaoberal problematikou vývoja jaskýň vodami vystupujúcimi pozdĺž zlomov na rozhraní pohorí a medziho-rských kotlín, resp. panví. Pri riešení viacerých problémov speleogenézy v Západných Karpatoch iniciatívne a neodkladne zabezpečil mineralogické a petrografické analýzy vzoriek jaskynných se-dimentov vrátane interpretácie výsledkov. Zabezpečil a vykonával aj magnetostratigrafický výskum travertínov v Liptovskej kotline na lokalitách Bešeňová, Liptovské Sliache a Čerená pri Ludrovej. Je spoluautorom viacerých vedeckých článkov o genéze slovenských jaskýň (najvýznamnejšie z nich sú publikované v karentovaných vedeckých časopisoch, zväčša zahraničných).

Pavel Bosák je autorom alebo spoluautorom 4 knižných monografií vydaných v medziná-rodných vydavateľstvách, 1 učebnice, 1 učebného textu, 58 kapitol v knižných monografiách, 36 článkov vedených v databáze WOS a 47 v databáze SCOPUS, 129 ostatných pôvodných štúdií v recenzovaných časopisoch, 541 kratších správ, zborníkových článkov, abstraktov a pod., edito-val 108 zborníkov, ako aj 472 nepublikovaných výskumných a prieskumných správ. Je editorom a spoluautorom svetoznámej knižnej publikácie Paleokarst: A Systematic and Regional Review (jej ďalšími editormi sú J. Głazek, D. C. Ford a I. Horáček), ktorá v roku 1989 vyšla vo vydavateľstvách Academia a Elsevier a v roku 2008 v elektronickej reedícii Karst Waters Institute (USA). Je spolu-autorom významnej monografie o paleomagnetizme a magnetostratigrafii krasových sedimentov v Slovinsku z roku 2008. Je editorom a spoluautorom známej knižnej publikácie Jeskyňárstvi v teorii a praxi z roku 1988, určenej najmä pre dobrovoľných jaskyniarov. Výsledky svojich výskumov pub-likoval aj vo viacerých vedeckých časopisoch a zborníkoch, ktoré vyšli na Slovensku (Geologica Carpathica, Geografický časopis, Slovenský kras, Aragonit, zborníky referátov z vedeckých kon-ferencií Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, zborník referátov zo 6. kongresu Medzinárodnej asociácie sprístupnených jaskýň a iné). Vzhľadom na zameranie jeho vedeckej a výskumnej činnosti



P. Bosák pri Javoříčských jaskyniach s prof. RNDr. Rudolfom Musilom, DrSc., (vpravo) a Mildom Moravcom (v strede), 2018. Foto: M. Koudelka

bol, resp. je členom redakčných rád viacerých vedeckých časopisov – International Journal of Speleology, Acta Carsologica, Geologica Carpathica, Geologos, Theoretical and Applied Karstology, Aragonit, Slovenský kras, Český kras, Speleo. S jeho menom sa dlhoročne spája editovanie českého zborníka Speleofórum. V roku 2011 sa ako hosťujúci editor postaral, že prvé číslo 49. ročníka Slovenského krasu vyšlo s nenahraditeľnou finančnou podporou Geologického ústavu Akadémie vied Českej republiky (v tom čase bol prvým zástupcom riaditeľa ústavu).

Ďalej je a bol členom vládnych poradných orgánov (Medziodborová hodnotiacia komisia pre hodnotenie návrhov a výsledkov výskumných zámerov z oblasti fyziky, matematiky a prírodných vied na Ministerstve školstva, mládeže a športu Českej republiky, Rada pre Štátnu geologickú službu na Ministerstve životného prostredia Českej republiky), univerzitných orgánov a komisií (komisií postgraduálneho štúdia geológie a fyzickej geografie na univerzitách v Prahe a Brne, bol dlhoročným členom Vedeckej rady Fakulty prírodných vied Masarykovej univerzity v Brne, ako aj členom viacerých komisií na menovanie profesorov a habilitačných komisií na domácich i zahraničných univerzitách), hodnotil činnosť ústavov o neživej prírode SAV (v rokoch 2004 a 2011 – 2012).

V roku 1978 bol P. Bosák jedným zo zakladajúcich členov Českej speleologickej spoločnosti (ČSS), v rokoch 1993 až 2006 bol členom predsedníctva ČSS. O jaskyne sa začal zaujímať ako študent geológie, prvé vedecké práce publikoval už počas vysokoškolského štúdia. Jeho meno sa neodlučne spája aj s Medzinárodnou speleologickou úniou (UIS). Generálnym sekretárom UIS bol v rokoch 1993 – 2005, viceprezidentom v rokoch 2005 – 2009. Od roku 2009 je voleným členom Dozornej komisie UIS. Bol prezidentom 16. speleologického kongresu, ktorý sa konal roku 2013 v Brne.

Za svoju doterajšiu činnosť získal viaceré významné ocenenia, uznania a členstvá. Je zahraničným členom Poľskej akadémie umenia a vied (zvolený 23. júna 2007, potvrdený poľským prezidentom 30. júla 2007), korešpondujúcim členom Slovinskej akadémie vied a umenia (zvolený 5. mája 2005), čestným členom výboru Medzinárodnej speleologickej únie (zvolený v júli 2009), pridruženým výskumníkom slovinského Inštitútu pre výskum krasu ZRC SAZU v Postojnej (od roku 2004) a čestným občanom mesta Samchok v Kórejskej republike (od roku 1999). V roku 2012 dostal čestné členstvo – najvyššie vyznamenanie National Speleological Society (USA), v roku 2013 čestné členstvo Českej speleologickej spoločnosti. V roku 1989 mu udelili striebornú medailu Českej speleologickej spoločnosti, v roku 2013 medailu akademika Bohuslava Cambela Slovenskej akadémie vied, v roku 2016 štátne vyznamenanie ministra životného prostredia Poľskej republiky – Čestné vyznamenanie za zásluhy v ochrane životného prostredia a vôd a Medailu za zásluhy o Jaskyni Niedźwiedzia v Kletne.

V rámci geovedného výskumu krasu a jaskýň sa prof. Pavel Bosák stal celosvetovo uznávaným odborníkom. V mene slovenských jaskyniarov jubilantovi ďakujeme za doterajšiu bohatú a tvorivú spoluprácu. Do ďalších rokov života mu želáme veľa šťastia, zdravia, úspechov a pracovnej i osobnej pohody.

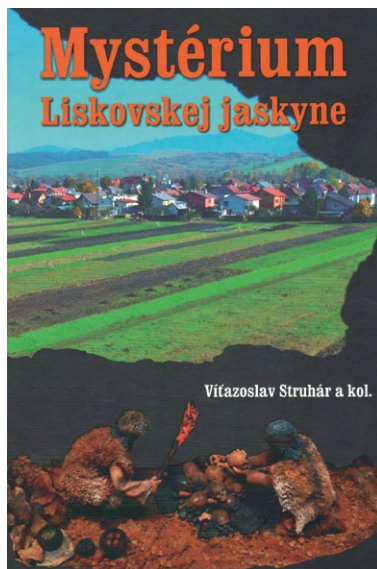
Pavel Bella, Peter Holúbek

RECENZIE – REVIEWS

Vítázoslav Struhár a kol.: *Mystérium Liskovskej jaskyne*. ArcheológiaSK, Ružomberok, 2021, 463 strán, ISBN 38994316

V roku 2021 zaznamenala knižnica speleoarcheologických publikácií nový prírastok o monografiu *Mystérium Liskovskej jaskyne* od archeológa Vítázoslava Struhára. Hneď na úvod je potrebné poznamenať, že akákoľvek monografia o Liskovskej jaskyni už bola dávno potrebná. Liskovská jaskyňa totiž speleoantropologickým potenciálom nezaostáva za inými pravekými jaskynnými svätynami. So svojim kontinuálnym osídlením a premenlivými kultúrnymi a sociálnymi funkciami v časovom horizonte vyše šesť tisícročí by bola kdekoľvek inde vo vyspelých krajinách považovaná za významnú prírodnú aj historickú pamiatku minimálne európskeho významu. Keby sa Liskovská jaskyňa nachádzala na Morave alebo v Čechách, bola by istotne považovaná za druhú Býčí skálu a tešila by sa adekvátnemu záujmu odborníkov z akademickej sféry aj laikov z oblasti širokej verejnosti a pertraktovaná speleoarcheologická monografia by nebola jedinou, ale len jednou z rozsiahleho radu iných vedeckých prác a monografií z rôznych vedných odborov. Jedným z nešťastí Liskovskej jaskyne bolo, že sa nachádza na Slovensku, kde 19. storočie trvalo omnoho dlhšie než malo. V. Struhár si túto skutočnosť veľmi dobre uvedomil a jeho pomerne obsiahla monografia v rozsahu 463 strán formátu A4, v plnofarebnej kvalitnej tlači na kriedovom papieri, sa snaží naznačiť dlh vedy voči tejto unikátnej lokalite aspoň čiastočne odčiniť. A domnievam sa, že úspešne. Vydavateľom monografie je ArcheológiaSK s. r. o., firma hlavného autora, za príspevku Fondu na podporu umenia a Obecného úradu v Liskovej.

Zameranie monografie je archeologické, s nevyhnutnými presahmi do prírodných vied, ale aj histórie, etnológie, religionistiky a ďalších. Čo sa formálnej stránky týka, monografia je členená prehľadne do tematických kapitol od rôznych autorov. Autorské ťažisko spočíva jednoznačne v tvorbe V. Struhára, ktorý prezentuje Liskovskú jaskyňu najmä v archeologickej a historickej perspektíve. Vychádza pritom z výsledkov svojich vlastných archeologických výskumov, ktoré v jaskyni vykonal, ako aj z aktuálne dostupných historických informácií. Textovú zložku vhodne dopĺňa bohatý ikonografický materiál vo forme farebných fotografií. Monografia ponúka chronologický prehľad najstarších dejín jaskyne až do súčasnosti. Celkovo v nej cítiť snahu o sklbenie popularizačnej stránky s rýdzo vedeckým materiálom archeologickej povahy. Tiež tu cítiť snahu nálezy z jaskyne interpretovať vo veľmi širokých kultúrnohistorických súvislostiach a porovnávať ich s nálezmi z iných jaskýň a významných archeologických lokalít. Autori tak, aj za určitú cenu straty stručnosti, opúšťajú zaužívané hranice zúženého videnia v rámci svojej špecializácie a púšťajú sa na širšie interpretačné pole. V súčasnosti ide o veľmi obľúbený trend práve v publikáciách archeologického charakteru, pretože širšie súvislosti sú potrebné na pochopenie tak kontextu nálezových situácií, ako aj celkového významu lokality pre dávných obyvateľov Liptovskej kotliny.



Z jaskyniarskeho hľadiska je pre Liskovskú jaskyňu typické, že ide o viacposchodový labyrint chodieb s dĺžkou vyše 4 km, vytvorený len na relatívne malej ploche v pôdoryse cca 120 × 100 m. Jaskyňa má viacero vchodov. Geografickými a geologickými pomermi jaskyne sa zaoberá kapitola od kolektívu P. Bellu, J. Littvu a P. Bosáka, ktorá je venovaná aj otázke jej speleogenézy. Liskovská jaskyňa je utvorená v gutensteinských vápencoch masívu Mnicha, súvrstvia ktorého sa usadzovali v priebehu stredného triasu. Podzemný labyrint predučili tektonické poruchy, ktorými postupne prenikali ponorné vody Váhu, aby sa po zahĺbení do masívu následne otáčali naspäť na povrch. V jaskyni možno ľahko zablúdiť, čo patrí k obligátnym zážitkom každého neodbytného návštevníka jaskyne. Príbehy o zablúdení utvárajú jednu z vrstiev ľudovej slovesnosti viazanej k jaskyni a v samostatnej kapitole ich spomína M. Kudla.

Z kultúrnohistorického hľadiska je Liskovská jaskyňa v prvom rade známym pohrebiskom. Nachádza sa tu množstvo ľudských kostí, kompletných aj nekompletných kostier. Funkciu pohrebnej svätyne jaskyňa zohrávala v horizonte takmer štyroch tisícročí. Podobne ako ostatné cenné a dobre dostupné archeologické lokality, ani Liskovská jaskyňa sa nevyhla výskumnému záujmu „odborníkov“ v 19. storočí, ktorých častokrát nekritické zanietenie podstatnú časť lokality zničilo. Pre budúcnosť sa tak stratilo množstvo cenných archeologických artefaktov, ako aj informácií o celých archeologických situáciách, stratigrafii, nálezových okolnostiach a ekofaktoch. Spomeňme prvé archeologické výskumy Karola Krčméryho, ktorý popri inom okolo roku 1871 v jaskyni vykopal aj niekoľko vriec ľudských kostí. Po ich preskúmaní na svetle ich následne nahádzal do Váhu ako bezcenné. O mnohých nálezoch, ktoré sa monografia snaží sumarizovať, sú k dispozícii len skromné, neraz sekundárne sprostredkované písomné zmienky. Ak mala moravská Býčí skála svojho Jindřicha Wankela, tak Liskovská jaskyňa mala svojho Bélu Majlátha, ktorý našťastie patril k uvedomejším bádateľom, pretože v Štátnom archíve v Bytči sa nachádza aspoň jeho denník s nákresmi a opisom nálezov z jaskyne. Vzhľadom na obdobie výskumu ide o ojedinelý prípad solidnejšej dokumentácie. Práve z Majláthovho denníka pochádza nákres nálezu zuba z chobotnatca, pravdepodobne z mamuta. A dnes už vieme, že tento nález je svedectvom niekdajšieho stepno-tundrového charakteru vonkajšej krajiny v pleistocéne a v slovenských jaskyniach nie je ojedinelý. Z tanatocenózy subteránnej bioty, ktorá nesúvisí s osídlením jaskyne ľuďmi a ktorú v samostatnej kapitole monografie rozpracovali M. Sabol a Cs. Tóth, spomeňme ešte nálezy kostí medveďov hnedých.

Po Majláthových zaujímavých výskumoch samozrejme jaskyňa pritiahla aj rad ďalších bádateľov z Uhorskej geologickej spoločnosti, z ktorých azda najvýznamnejší bol záujem geológa budapeštianskeho Národného múzea Lajosa Lóczyho. Ten na základe nálezov z jaskyne v r. 1876 uskutočnil vôbec prvú antropologickú analýzu ľudských kostí v dejinách slovenskej archeológie. Majláthove a Lóczyho výskumy ešte viac podnietili záujem o výskum jaskyne z radov dobrodruhov, ale aj vedeckých pracovníkov novovznikajúcich múzeí, ako bol J. Kurti, J. V. Starohorský, neskôr archeológ J. Bárta a ďalší. Podľa informácií J. V. Starohorského sa mala v tomto období v jaskyni údajne nájsť aj unikátna ľudská lebka so stopami trepanácie a pazúrikovým hrotom prestrelená čeľusť. Žiaľ, mnohé archeologické nálezy a informácie o nich sa nenávratne stratili v čase a v Budapešti.

Z iných významných archeologických nálezov, nájdených už v modernej dobe, spomeňme jaskyniarmi nájdenú malú bronzovú sošku bovida (býčka), pôvodne pochádzajúcu z párovej plastiky dvojzáprahu. Plastika sa našla vo vstupe do Jánošíkovej siene a pochádza z eneolitu, z najmladšej kamennej doby. Predstavuje najstaršie zobrazenie domáceho zvierťa na našom území. Spomeňme tiež depot desiatich bronzových záušnic tzv. stibinského typu z neskorej bronzovej doby nájdené (tiež jaskyniarmi) v prítomnosti ľudskej kostry, ktorý bol pravdepodobne hrobovým inventárom príslušníka otomanskej kultúry.

Struhárova monografia popri prehistórii zahŕňa aj kapitoly venované mladším dejinám, epigrafickým pamiatkam v jaskyni, obdobiu druhej svetovej vojny a napokon aj spomínaným povestiam a legendám. Monografiu uzatvára obzvlášť zaujímavá syntetizujúca kapitola o jaskyni ako o možnom významnom kultovom mieste pravekého Liptova. Táto kapitola jasne naznačuje, že kľúčový problém na pochopenie sociálnych a kultúrnych funkcií rozsiahleho

jaskynného pohrebiska je – podobne ako v moravskej Býčí skále – najmä problém náboženský. Vo viacerých prípadoch sa totiž s kostrovými ostatkami sekundárne manipulovalo, pričom zvláštna pozornosť sa venovala lebкам, ktoré sa akumulovali v zvláštnych formáciách na určitých miestach. Keďže lebka sa všeobecne považovala za sídlo duše, jej špeciálna opatera po smrti svedčí o tzv. kefalickom kulte. Jaskyňa je symbolickou reprezentáciou záhrobia par excellence. Je „domovom mŕtvych“. Aj tieto okolnosti svedčia pre sakrálny charakter jaskyne a utvárajú obraz uvažovaných kultových funkcií jaskyne ako „loci consecrati“ v povedomí ľudu eneolitickej lengyelskej kultúry a kultúry lievikovitých pohárov, ako aj lužických obyvateľov doby bronzovej, cez halštat až ku Keltom doby laténskej. Ako zaujímavosť uvedme, že zvláštne postavenie jaskyne v krajine, ako portálu „medzi svetmi“ nevedomky potvrdzuje aj súčasná doba. Vertikálnu os sveta, axis mundi, teda symbolickej spojnice prepájajúcej nebo a zem, v súčasnosti preberá krížová cesta nachádzajúca sa v bezprostrednej blízkosti jaskyne, ktorá vedie na vrchol Mnícha. Súčasťou sakrálneho okrsku je popri krížovej ceste aj kaplnka Panny Márie pri kameňolome a Kostol sv. Martina na vrchole pahorku. Táto schéma nadväzuje na archaické náboženské modely kozmu v krajine a len ich pretavuje do kresťanskej formy.

Monografiu V. Struhára a kol. vnímam ako dôležitý míľnik aktuálnych poznatkov o jaskyni. Vnímam ju ako jednu z radu potenciálnych ďalších publikácií o Liskovskej jaskyni, ktoré v budúcnosti ešte len vyjdú a ktoré budú túto monografiu dopĺňať a korigovať. Liskovská jaskyňa, hoc značne poznačená minulosťou, čaká na novú generáciu vedcov, ktorí sa jej budú so záujmom venovať a nálezy budú interpretovať vo svetle nových poznatkov. Čo sa prítomnosti jaskyne týka, je podľa môjho názoru pomerne problematická. Bezprostredné okolie jaskyne v ostatných rokoch značne pozmenila najmä trasa diaľničného privádzajúca ešte stále budovaného obchvatu Ružomberka. Samotná jaskyňa má za sebou viac ako storočie divokého objaviteľského besnenia. V podstate je smutným mementom vykrádania hrobov. Veľké časti jaskynného pohrebiska vo vstupných častiach jaskyne (Archeologický dóm) sú prekopané najmä amatérskymi výkopmi. Ľudské lebky a praskajúce kosti sa nachádzajú voľne na povrchu a trčia aj za zárezov kopaného chodníka. Súčasný stav archeologického náleziska zároveň kladie všeobecné otázky týkajúce sa etiky jaskyniarskeho a archeologického výskumu, ale aj elementárnej humanity: Kedy hrob človeka prestane plniť funkciu hrobu a stane sa legitímnym predmetom vedeckého výskumu? A kedy sa zmení na podivnú atrakciu v rukách záujmových skupín? Tieto otázky sa vznášajú nad kosťami predkov a je potrebné hľadať na ne odpovede. Ich nepokojné duše neuspokojí žiadna historizujúca štylizácia ostatkov in situ, ale len svetlo poznania, ktoré vzišlo zo svedomitého a dôsledného výskumu, čoho príkladom by mohla byť práve aj táto monografia.

Peter Laučík

Slovenský kras, ročník 59, číslo 2
Acta Carsologica Slovaca

Rok vydania: december 2021
Vydanie: prvé
Evidenčné číslo: EV 3878/09
Vydavateľ: Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš
**Sídlo vydavateľa
a adresa redakcie:** Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš,
Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš, IČO: 361 45 114
Jazyková korektúra: Mgr. Bohuslav Kortman, RNDr. Dagmar Lepišová (slovenský jazyk)
Anglické preklady: autori príspevkov

Grafika: Ing. Jiří Goralski
Tlač:
Náklad:
Cena:
Obálka: Kamenná ruža, Zazračné siene, Demänovská jaskyňa slobody.
Foto: P. Staník

ISSN 0560-3137

DRAČIA JASKYŇA V SOKOLE

Veľký Sokol

k. ú. Demänovská Dolina

Vchod lokalizoval: P. Herich 11. 8. 2018

Vykopali a objavili: Mich. Staroň, P. Herich, I. Šulek ml.,
M. Okoličány, Z. Štěpáneková, Z. Chrapčiak 13. 8. - 23. 8. 2018

Horná úroveň: P. Herich, Mich. Staroň, Z. Chrapčiak,
M. Staroň, I. Šulek ml., B. Horvát 1. 9. - 18. 11. 2018

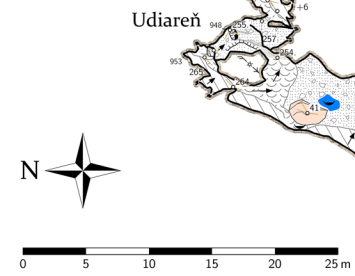
Zamerali: P. Herich, D. Droppa, Mich. Staroň, M. Salák, J. Šurka
23. 8. - 23. 12. 2018, 25. 6. 2020

Kreslil: P. Herich 2018 - 2020

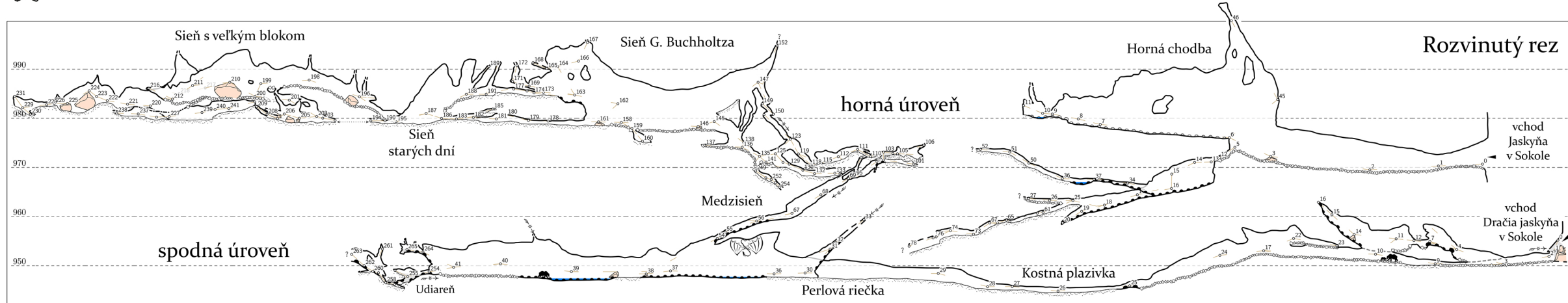
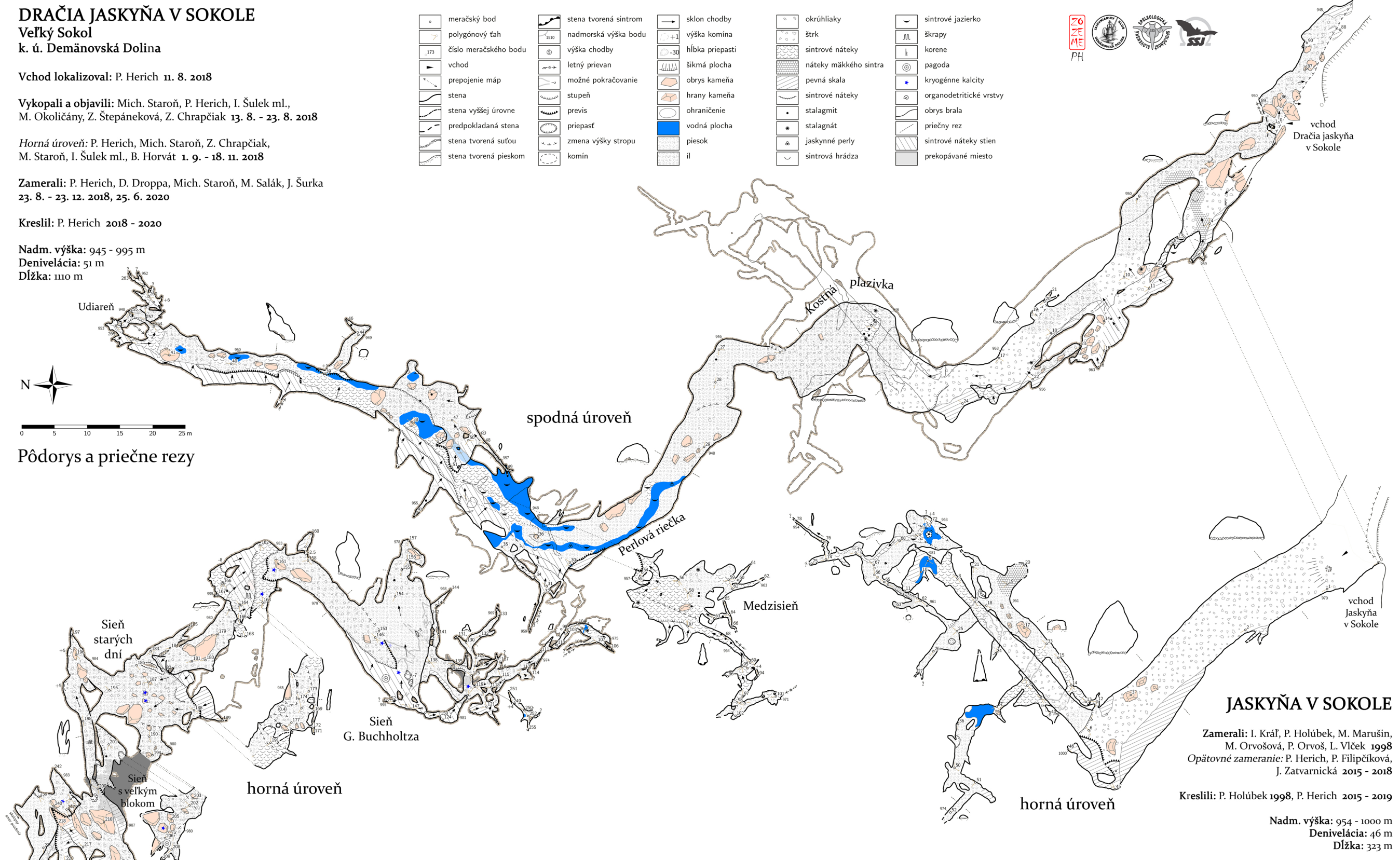
Nadm. výška: 945 - 995 m

Denivelácia: 51 m

Dĺžka: 110 m



Pôdorys a priečne rezy



JASKYŇA V SOKOLE

Zamerali: I. Kráľ, P. Holúbek, M. Marušin,
M. Orvošová, P. Orvoš, L. Vlček 1998
Opätovné zameranie: P. Herich, P. Filipčíková,
J. Zatvarnická 2015 - 2018

Kreslili: P. Holúbek 1998, P. Herich 2015 - 2019

Nadm. výška: 954 - 1000 m
Denivelácia: 46 m
Dĺžka: 323 m