



# Araggonit

**2023**

**Správa slovenských jaskýň**

**28/1-2**







# ARAGONIT

**vedecký a odborný časopis Správy slovenských jaskýň**

Časopis uverejňuje:

- pôvodné vedecké príspevky z geologického, geomorfologického, klimatologického, hydrologického, biologického, archeologického a historického výskumu krasu a jaskýň, najmä z územia Slovenska
- odborné príspevky zo speleologického prieskumu, dokumentácie a ochrany jaskýň
- informatívne články zo speleologických podujatí
- recenzie vybraných publikácií

**Vydavateľ:** Štátna ochrana prírody SR, Tajovského ul. 28B, 974 01 Banská Bystrica  
IČO 17 058 520

**Adresa redakcie:** Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; e-mail: pavel.bella@ssj.sk

**Zodpovedný redaktor:** RNDr. Ján Zúskin

**Hlavný editor:** doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

**Výkonný redaktor:** Mgr. Miloš Melega, RNDr. Juraj Littva, PhD.

**Redakčná rada:** prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., Ing. Peter Gažík, prof. dr. hab. Michal Gradziński, Mgr. Dagmar Haviarová, PhD.,  
doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc., prof. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., Ing. Ľubica Nudziková, prof. Mgr. Martin Sabol, PhD., RNDr. Ján Zelinka

Časopis vychádza dvakrát ročne

Evidenčné číslo: EV 3569/09

ISSN 1335-213X

<http://www.ssj.sk/edicna-cinnost/aragonit/>

# ARAGONIT

**ročník 28, číslo 1-2/december 2023**

**Recenzenti vedeckých príspevkov z výskumu krasu a jaskýň:** RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., RNDr. Norbert Polčák, PhD., RNDr. Alexander Lačný, PhD.,  
RNDr. Natália Raschmanová, PhD., doc. RNDr. Ján Soták, DrSc.

© Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš

**Redaktor:** Mgr. Bohuslav Kortman

**Grafická úprava a sadzba:** Ing. Ján Kasák

**Tlač:** Ekonoprint družstvo, Martin

**Obrázky na obálke:**

(1) Jaskyňa Hrboltová 3, brká. Foto: P. Herich

(2) Jaskyňa Hrboltová 1, Sieň s pagodou. Foto: P. Herich

(3) Jaskyňa Hrboltová 2, likvidácia. Foto: P. Staník

(4) Jaskyňa Hrboltová 3, kalcitová dekorácia. Foto: P. Staník

**OBSAH / CONTENTS****VÝSKUM KRASU A JASKÝŇ / RESEARCH OF KARST AND CAVES**

J. Littva, P. Bella, P. Herich, M. Melega, Z. Višňovská, D. Haviarová, V. Papáč, L. Dušeková, A. Žilka, D. Reháková, E. Halásová: Jaskyne pri Hrboltovej objavené pri výstavbe diaľnice D1 Hubová – Ivachnová / Caves near the Hrboltová discovered during the construction of the highway D1 Hubová – Ivachnová (northern Slovakia) .....	3
L. Pristašová: Zmeny teploty vzduchu a koncentrácie CO <sub>2</sub> vo Važeckej jaskyni vplyvom návštevnosti / Air temperature changes and carbon dioxide concentration in the Važecká Cave influenced by visitors .....	16
M. Melega, M. Rendoš, Z. Višňovská, A. Parimuchová: Recentná fauna jaskýň Dolná Túfna a Horná Túfna (Harmanecký kras, Veľká Fatra) / Recent fauna of the Dolná Túfna and Horná Túfna caves (Harmanecký kras Karst, Veľká Fatra Mts.) .....	23
I. Danielčáková: Jaskyne v neogénnych zlepencoch a pieskovcoch na Slovensku / Caves in the Neogene carbonate conglomerate and sandstone of Slovakia .....	31
I. Danielčáková, Ľ. Gaál: Jaskyne v paleogénnych zlepencoch na Slovensku – dodatok / Caves in the Paleogene conglomerates of Slovakia – additions .....	41
P. Bella: Planes of repose v speleologickej terminológii / Planes of repose in speleological terminology .....	42

**SPRÁVY A AKTUALITY / REPORTS AND NEWS**

L. Dušeková, M. Melega: Tridsiata karsologická škola v Postojnej / 30th Karstological School in Postojna, Slovenia .....	43
Z. Višňovská, L. Pristašová: 2. odborná konferencia „Kras, jeskyně a lidé“ v České republice / 2nd scientific conference “Karst, Caves and People” in the Czech Republic .....	45
M. Kudla, P. Gažík: Pripomenuli sme si storočnicu objavovania Bystrianskej jaskyne / We commemorated the centenary of the discovery of the Bystrianska jaskyňa Cave .....	47
Ľ. Nudziková – A. Laurincová: Návštevnosť sprístupnených jaskýň v roku 2022 / Show caves attendance in 2022 .....	48



# JASKYNE PRI HRBOLTOVEJ OBJAVENÉ PRI VÝSTAVBE DIAĽNICE D1 HUBOVÁ – IVACHNOVÁ

**Juraj Littva<sup>1</sup> – Pavel Bella<sup>1,2</sup> – Pavel Herich<sup>1,3</sup> – Miloš Melega<sup>1</sup> – Zuzana Višňovská<sup>1</sup>  
– Dagmar Haviarová<sup>1</sup> – Vladimír Papáč<sup>1</sup> – Laura Dušeková<sup>1,6</sup> – Andrej Žilka<sup>4</sup>  
– Daniela Reháková<sup>5</sup> – Eva Halássová<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; juraj.littva@ssj.sk, pavel.bella@ssj.sk, pavel.herich@ssj.sk, milos.melega@ssj.sk, zuzana.visnovska@ssj.sk, dagmar.haviarova@ssj.sk, vladimir.papac@ssj.sk, laura.dusekova@sopsr.sk

<sup>2</sup> Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita v Ružomberku, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok; pavel.bella@ku.sk

<sup>3</sup> Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4

<sup>4</sup> EDGE INVESTMENT, s. r. o., Vodárenská 6, 040 01 Košice; zilka@edgeinvestment.sk

<sup>5</sup> Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Ilkovičova 6, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4; daniela.rehakova@uniba.sk, evahalasova21@gmail.com

<sup>6</sup> Ústav geodézie, kartografie a geografických informačných systémov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 040 01 Košice

**J. Littva, P. Bella, P. Herich, M. Melega, Z. Višňovská, D. Haviarová, V. Papáč, L. Dušeková, A. Žilka, D. Reháková, E. Halássová:**  
**Caves near the Hrboltová discovered during the construction of the highway D1 Hubová – Ivachnová (northern Slovakia)**

**Abstract:** In January and May 2022 and June 2023, three unexpected caves (31m, 25 m, and 43 m long) were discovered during the construction of the D1 highway west of Hrboltová (a suburban part of the town of Ružomberok, the northern part of the Veľká Fatra Mountains). They formed in the Lower Cretaceous bedded marly limestones of the Osnica Formation (approximately 47 % CaO, approximately 11 % SiO<sub>2</sub>), containing frequent irregular calcite veins. The bedding attitude of the host rocks is 50 – 60° to the NE. Observed frequent slickensides are likely related to the translation of the overriding nappe and later stages of deformation with a predominantly strike-slip movement sense. The cave spaces were predisposed mainly on the steep NE–SW to E–W-striking sinistral faults and NW–SE to N–S striking dextral faults. The strike-slip faults are likely related to the Central Slovak Fault System running through the area. The caves resulted from the corrosion caused by waters penetrating along structural discontinuities and partially dissolved marly limestones. The primary cavities probably originated under the phreatic conditions; no allochthonous fluvial sediments were found in these caves. Water penetrated the cave diffusely from the Váh River when a terraced surface was formed above the cave, probably in the later Early or earlier Middle Pleistocene (currently, it is 57 m above the Váh river bed, about 535 m above sea level). Water from the small brook flowing through the tributary Kamenná dolina Valley could also have penetrated into the caves. Although the caves originated in marly limestone, a relatively rich secondary calcite decoration was present, mainly dripstones (straws, thin stalactites, conical and pagoda-like stalagmites, helictites), flowstones, and small rimstones. The seepage water dripping on the floor covered by unconsolidated fine-grained sediments, rock blocks, and debris is continuously drained downwards, only in some places of the Hrboltová 1 and 3 caves it accumulated in smaller rimstone pools. The analyzed waters in the Hrboltová 1 Cave (February 10, 2022) were alkaline, with low electrolytic conductivity (189 to 237 µS/cm). Two caves (Hrboltová 1 and 2) were destroyed by the ongoing highway construction in January and March 2023, and the majority of the third cave (Hrboltová 3) will probably be destroyed in the first half of 2024. The explored caves may represent a fragment of a larger cave developed at the mouth of Kamenná dolina to the Váh River valley, where there are more favourable lithological, hydrogeological and hydrographic conditions for the underground karstification of the marly limestones compared to the broader surroundings. The fauna survey was carried out in the Hrboltová 1 and Hrboltová 3 caves. In total, representatives of 10 invertebrate taxa were found there. Hypogean aquatic crustacean *Bathynella* sp. (Syncarida) is the most important of them. The individual was found in a small rim-stone pool situated in the back of Hall No. III. in the Hrboltová 1 Cave. We assume that the oligotrophic conditions and the long-term isolation of the cave (without entrances before its discovery) could have prevented the penetration of parietal and soil fauna, or bats, into the cave and the development of local biodiversity in general. The current findings of the majority of terrestrial invertebrates in the Hrboltová 3 Cave are probably only a secondary penetration from the surface environment after the opening of cave spaces to the surface. The location of the caves near the bridge leading to the western portal of the Čebrať tunnel did not allow any change of the projected route of this highway section, which was significantly limited by the dissected relief (the deep antecedent valley of the Váh River) and complicated geological conditions (landslides).

**Keywords:** semikarst, marly limestones, corrosion cave, carbonate speleothems, highway construction, negative human impact

## ÚVOD

Výraznejšie stavebné zahŕbenia do terénu v územiach budovaných rozpustnými horninami sú často späté s objavením jaskynných priestorov, najmä v oblastiach intenzívneho skrasovatenia, napr. pri výstavbe diaľnice v Krase v juhozápadnom Slovinsku (Slabe, 1997; Knez a Slabe, 2007 a ďalší). U nás boli takto objavené jaskyne pri výstavbe hornej nádrže prečerpávacej vodnej elektrárne Čierny Váh (Pavlarčík a Šavrnich, 1979 a ďalší), pri razení železničného tunela pri Kraľovanoch, pri ťažbe v Gombaseckom lome a v lome pri

Vrícku, pri budovaní cestnej komunikácie nad Hutami (Bella a Gaál, 1995 a ďalší) či pri stavbe rodinného domu v Martinčeku (Peško et al., 2005).

V tomto príspevku podávame súbornú správu z prieskumu a výskumu jaskýň, ktoré boli v rokoch 2022 a 2023 objavené a úplne, resp. z prevažnej časti aj zanikli pri výstavbe diaľnice D1 Hubová – Ivachnová.

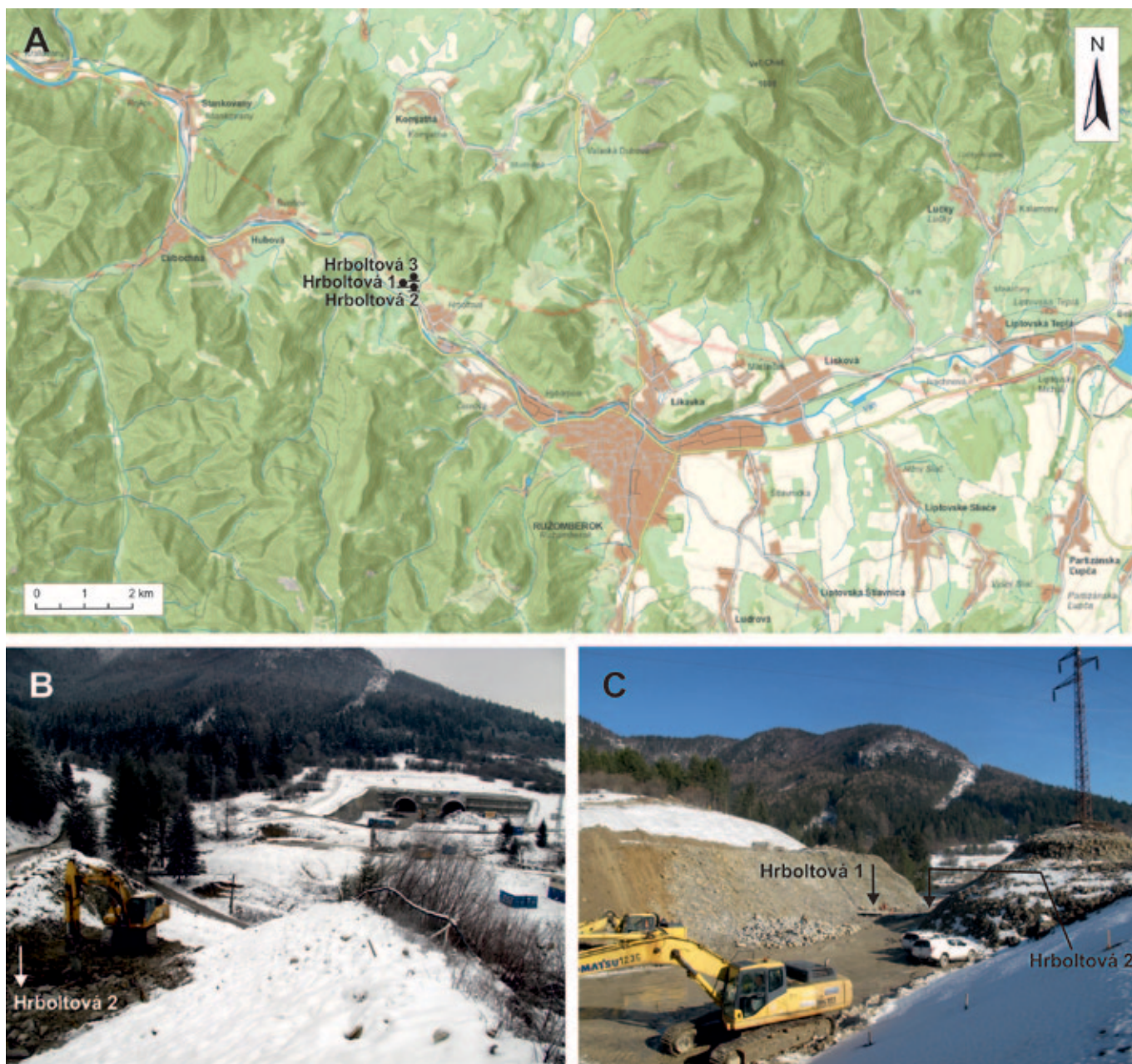
## POLOHA A ZÁKLADNÉ ÚDAJE

Jaskyne boli odkryté v terénnom záreze diaľnice severozápadne od Hrboltovej, mest-

skej časti Ružomberka, na pravej strane doliny Váhu, západne od dolnej časti pravostrannej Kamennej doliny (geomorfologický celok Veľká Fatra, podcelok Šípska Fatra). Na protiaľhlej strane Kamennej doliny ústi západný portál diaľničného tunela Čebrať.

Jaskyňa objavená pri zemných prácach v päte zahŕbenia pre južnú časť vozovky diaľnice D1 bola označená ako Hrboltová 1. Miesto prekopania vchodu do jaskyne sa nachádzalo v nadmorskej výške 524 m (iJTSK, meračský bod č. 1: -407778.470; -1187477.840). Jaskyňa dosahovala dĺžku 31 m a deniveláciu 2 m. Neskôr objavená jaskyňa Hrboltová 2 sa





Obr. 1. Poloha jaskýň Hrboltová 1, Hrboltová 2 a Hrboltová 3: A – okolie Ružomberka s polohou objavených jaskýň (topografický podklad: <https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis/sk>), B – diaľničný zárez a protihľahý západný portál tunela Čebrať (14. 12. 2022), C – diaľničný zárez v mieste objavu jaskýň (10. 2. 2022). Foto: P. Bella  
 Fig. 1. Location of the Hrboltová 1, Hrboltová 2 and Hrboltová 3 caves: A – the surroundings of the town of Ružomberok with the location of the discovered caves (topography: <https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis/sk>), B – highway cut and the opposite western portal of the Čebrať tunnel (December 14, 2022), C – highway cut at the cave discovery site (February 10, 2022). Photo: P. Bella

nachádzala asi 15 m JJV od jaskyne Hrboltová 1, takisto v päte zahĺbenia pre južnú časť vozovky diaľnice D1. Dosahovala dĺžku 25 m a deniveláciu 4 m. Vchod do jaskyne Hrboltová 3, zameranej v dĺžke 43 m pri denivelácii 9 m, bol odkrytý 11 m SSV od vchodu do jaskyne Hrboltová 1 (obr. 1, 2 a 4).

## OBJAVENIE A PRIESKUM JASKÝŇ

Dňa 26. 1. 2022 zhotoviteľ stavby diaľnice D1 Hubová – Ivachnová, ktorým je združenie Čebrať (ŽS OHLA, a. s., a Váhostav, a. s.), nahlásil na Štátnu ochranu prírody Slovenskej republiky, Správu slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši objav neznámej jaskyne pri Hrboltovej (podľa §24, odsek 13 zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov). Správa slovenských jaskýň o tejto skutočnosti neodkladne

informovala Okresný úrad v sídle kraja, Žilina (Odbor starostlivosti o životné prostredie).

Nasledujúci deň jaskyňu prezreli zamestnanci Správy slovenských jaskýň P. Herich, P. Staník a J. Zuskin. Zo vstupnej sieňovitej dutiny (I. sieň) sa prekopali do Siene s pagodou (II. sieň) a odtiaľ postúpili do južnej časti jaskyne (III. sieň). Ešte v ten deň jaskyňu zamerali P. Herich a P. Staník. Ďalšiu prehliadku jaskyne vykonali P. Bella, L. Dušeková, J. Littva a M. Melega dňa 1. 2. 2022. O zistených skutočnostiach sme priebežne informovali Okresný úrad v sídle kraja, Žilina. Dňa 10. 2. 2022 sa v Ružomberku uskutočnilo rokovanie za účasti zhotoviteľa stavby, Okresného úradu v Žiline a Správy slovenských jaskýň, spojené s terénnou obhliadkou jaskyne (P. Bella, D. Haviarová, P. Herich, J. Littva, Z. Višňovská). Územne príslušný okresný úrad v sídle kraja rozhodnutím zo dňa 14. 3. 2022 nariadil vykonať pries-

kum a výskum jaskyne Štátnej ochrane prírody Slovenskej republiky, Správe slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši. Dňa 11. 4. 2022 bola jaskyňa Hrboltová 1 zosnímkovaná 360° kamerou (v spolupráci s Ústavom geodézie, kartografie a geografických informačných systémov na Fakulte BERG Technickej univerzity v Košiciach – ďalej ÚGKaGIS, Správu slovenských jaskýň zastupovala L. Dušeková). Výsledná interaktívna panoráma je dostupná na odkaze <https://urlc.net/wq5i>.

Objav druhej, vedľa ležiacej neznámej jaskyne zhotoviteľ stavby nahlásil na Správu slovenských jaskýň dňa 10. 5. 2022. Nasledujúci deň túto jaskyňu, pomenovanú Hrboltová 2, preskúmali a zamerali P. Herich a P. Staník. Ďalší jej prieskum vykonali dňa 24. 5. 2022 P. Bella a J. Littva za účasti A. Žilku, hlavného geológa predmetného úseku diaľnice. Zhotoviteľ diaľnice do pokračovania zemných prác





Obr. 2. Vchody do jaskýň objavených pri stavbe diaľnice D1 západne od Hrboltovej: A – poloha vchodov do jaskýň Hrboltová 1 a Hrboltová 2 (24. 5. 2022); B – vchod do jaskyne Hrboltová 1 (27. 1. 2022); C – vchod do jaskyne Hrboltová 2 (24. 5. 2022); D, E – poloha a vchod do jaskyne Hrboltová 3 (16. 6. 2023). Foto: P. Bella (A, C, D, E), P. Herich (B)

Fig. 2. Entrances to the caves discovered during the construction of the highway D1 west of the Hrboltová: A – location of the Hrboltová 1 and Hrboltová 2 caves (May 24, 2022); B – entrance to the Hrboltová 1 Cave (January 27, 2022); C – entrance to the Hrboltová 2 Cave (May 24, 2022); D, E – location and entrance to the Hrboltová 3 Cave (June 16, 2023). Photo: P. Bella (A, C, D, E), P. Herich (B)

v tejto časti staveniska zabezpečil vchody do jaskýň, aby sa zabránilo vstupu nepovolaným osobám do podzemia a nedošlo k odcudzeniu kvapľov a ďalších foriem sintrovej výzdoby. Jaskyňu Hrboltová 2 zosnímkovala 360° kamerou L. Dušeková v spolupráci s kolektívom z ÚG-KaGIS dňa 25. 8. 2022 a výsledná panoráma je dostupná na odkaze <https://urlc.net/y0uV>.

Keďže podľa projektovej dokumentácie sa zárez diaľnice prehĺbi až do úrovne jaskýň, ich doteraz známe časti sa odstránia. Južný okraj južnejšie ležiacej jaskyne, takisto destabilizovaný pri výkopových prácach, zanikne pri terénnej úprave okraja diaľnice. Úsek diaľnice s jaskyňami priamo nadväzuje na most vedúci do západného portálu tunela Čebrať. Prípadná zmena trasy do vyrazeného tunela nebola možná. Na odťaženie a zasypanie jaskýň vydalo Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky dňa 22. 11. 2022 rozhodnutie, ktorým zamietlo odvolanie občianskeho združenia NUFIA zo dňa 2. 7. 2022 žiadajúce zachovanie jaskyne a potvrdilo prístupné rozhodnutie Okresného úradu v Žiline zo dňa 3. 6. 2022 (vydaného na základe odborného stanoviska

Správy slovenských jaskýň).

Po nadobudnutí právoplatnosti rozhodnutia sa zemné práce v tesnej blízkosti jaskyne opätovne začali 13. 12. 2022. Nasledujúci deň zárez diaľnice, prehĺbovaný západným smerom od pravej strany Kamennej doliny, pokročil do tesnej blízkosti jaskyne Hrboltová 2. Rozlámané kamene, ktoré v jednom mieste poklesli, indikovali existenciu ďalších podzemných dutín – pokračovania jaskyne Hrboltová 2. Ďalší voľný otvor do podzemia bol odkrytý dňa 15. 12. 2022, nasledujúci deň južnú časť jaskyne Hrboltová 2 zamerali P. Herich a P. Holúbek. Dňa 16. 12. 2022 Správa slovenských jaskýň (I. Balciar, P. Bella, I. Danielčáková, P. Herich, M. Kudla, V. Papáč, P. Staník) za pomoci zhotoviteľa diaľnice ďalej odobrala z jaskýň (pred ich likvidáciou) reprezentatívne sintrové útvary do zbierok Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši, ako aj na náučné i výskumné účely. Na týchto prácach sa aktívne podieľali aj dvaja zamestnanci múzea – P. Holúbek a M. Orvošová. Pokračujúcimi zemnými prá-



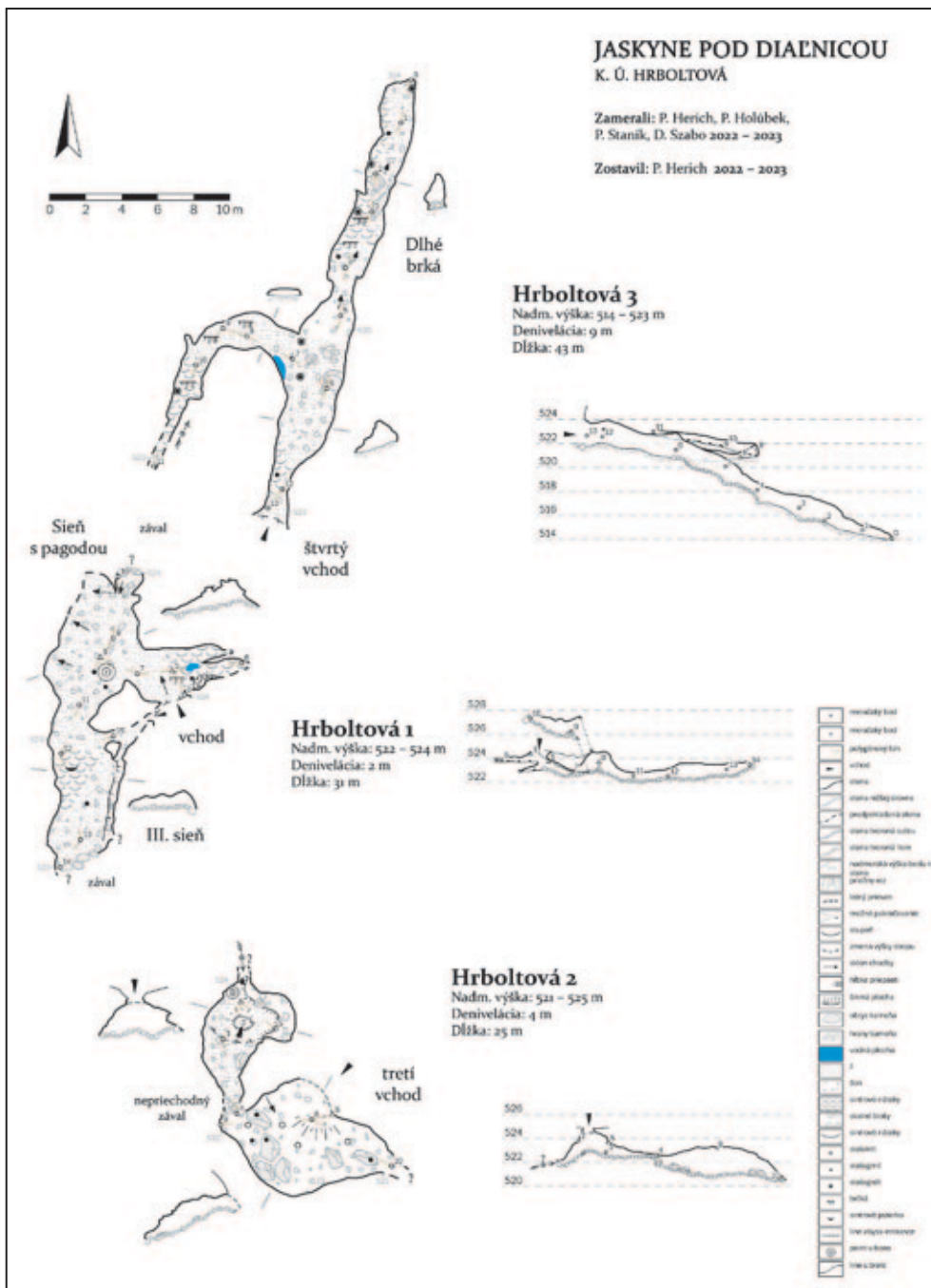
Obr. 3. Odstraňovanie jaskýň pri Hrboltovej objavených pri stavbe diaľnice D1: A, B, C – diaľničný zárez v mieste jaskyne Hrboltová 2, vľavo otvor vedúci do jej južnej časti, vpravo sčasti odčlenená jej severná časť; D – odobranie stalagmitu zo severnej časti jaskyne Hrboltová 2; E, F – nakladanie pagodovitého stalagmitu z jaskyne Hrboltová 1 pred jeho odvozom do Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva. Foto: P. Bella (A, B, D, E, F; 16. 12. 2022), P. Herich (C; 10. 1. 2023)

Fig. 3. Disposal of caves near the Hrboltová discovered during the D1 highway construction: A, B, C – highway cut at the Hrboltová 2 Cave, on the left the opening leading to its southern part, on the right its northern part partially destroyed; D – removal of a stalagmite from the northern part of the Hrboltová 2 Cave; E, F – loading of the pagoda-shaped stalagmite from the Hrboltová 1 Cave before its transport to the Slovak Museum of Nature Conservation and Speleology. Photo: P. Bella (A, B, D, E, F; December 16, 2022), P. Herich (C; January 10, 2023)

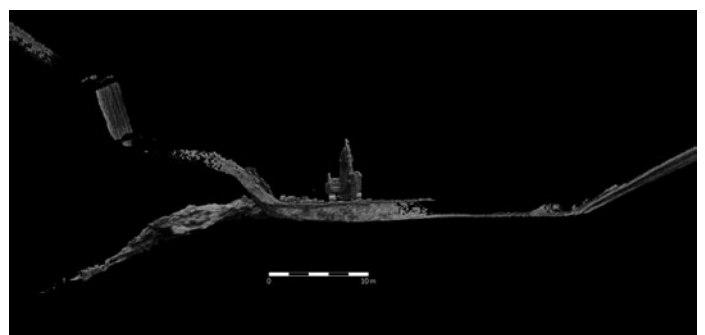
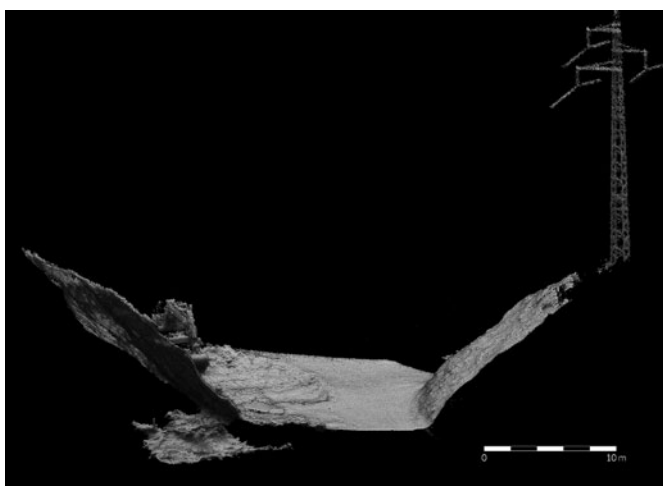
cami jaskyňu Hrboltová 1 postupne odťažili vo februári a marci 2023.

Pri ďalších prácach v severnej polovici diaľničného zárezu bola dňa 7. 6. 2023 objavená jaskyňa Hrboltová 3. Dňa 12. 6. 2023 ju prvotne preskúmali a zdokumentovali P. Bella, P. Herich, J. Littva a P. Staník za účasti A. Žilku. Jaskyňu zamerl P. Herich. Rokovanie o ďalšom postupe stavebných prác sa uskutočnilo dňa 6. 7. 2023 v Ružomberku za účasti Národnej diaľničnej spoločnosti, zhotoviteľa stavby, Dopravoprojektu, Okresného úradu v Žiline a Správy slovenských jaskýň (P. Bella, P. Herich a J. Littva). Po rokovaní nasledovala terénna obhliadka jaskyne. Odkrytie zasypného vchodu sa využilo aj na doplňujúci výskum jaskyne (J. Littva a M. Melega za účasti I. Danielčákovvej a L. Dušekovej). Projektantom, ktorí riešia problematiku stability svahu diaľničného zárezu, bola predložená požiadavka zachovania severnej časti jaskyne zasahujúcej mimo vozovky diaľnice. Dňa 31. 10. 2023 L. Dušeková v spolupráci s K. Pukanskou





Obr. 4. Mapa jaskýň Hrboltová 1, Hrboltová 2 a Hrboltová 3.  
Fig. 4. Map of the Hrboltová 1, Hrboltová 2 and Hrboltová 3 caves.



Obr. 5. Bočný pohľad na zárez diaľnice a jaskyne Hrboltová 1 ◀ (mračno bodov z 27. 1. 2022) a Hrboltová 3 ▲ (mračno bodov z 12. júna 2023).  
Spracoval: P. Herich  
Fig. 5. Side view of the highway cut and Hrboltová 1 Cave ◀ (point cloud from January 27, 2022) and Hrboltová 3 Cave ▲ (point cloud from June 16, 2023).  
Compiled by P. Herich

z ÚGKaGIS panoramaticky nasní- mali aj tretiu jaskyňu. Výsledná in- teraktívna panoráma je dostupná na odkaze <https://urlc.net/wq76>.

Dňa 1. 8. 2023 sa výkopovými prácami nepreukázalo pokračova- nie jaskyne Hrboltová 2 pri južnom okraji diaľnice. Následne pri terén- nej úprave okraja diaľnice bola jej zostávajúca časť (s destabilizovaným stropom tesne pod terénom) zasypa- ná. Predpokladá sa, že prevažná časť jaskyne Hrboltová 3 bude odťažená v roku 2024.

### GEOLOGICKÁ STAVBA

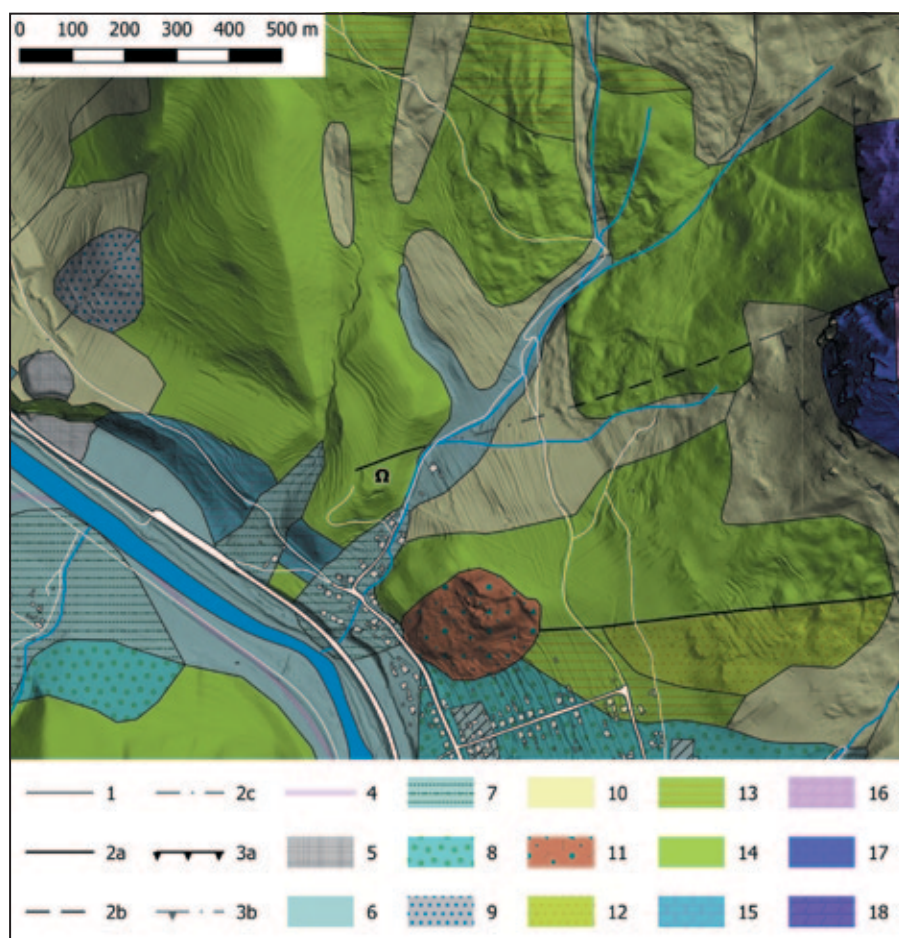
V geologickej mape širšieho okolia jaskyne sú badateľné prejavy starších príkrovovo-tektonických procesov, ako i prejavy pohybov pozdĺž mladších zlomov (obr. 6). Podľa geologickej mapy (Gross et al., 1994) budujú okolie jaskýň horniny patriace do tektonickej jednotky fat- rika (tiež označovanej ako križňan- ský príkrov). Nasunuté horniny vyš- šej tektonickej jednotky hronika (tiež označovanej ako chočský príkrov) v tejto oblasti vystupujú iba ako izo- lované tektonické trosky. Pôvodnú príkrovovú stavbu porušujú mladšie zlomy so sv.-jz. priebehom. Na jed- nom z týchto zlomov je situované teleso penovcov, resp. travertínov, čo by mohlo indikovať, že aspoň časť sv.-jz. zlomov bola reaktivovaná i v období kvartéru. Oblasť je súčas- ťou rozsiahleho stredoslovenského zlomového systému s generálne s.-j. smerom (Kováč a Hók, 1993), v geologickej mape však zlomy s ta- kýmto priebehom nie sú zaznačené.

Bezprostredné okolie jaskýň tvoria kriedové horniny, o ktorých však boli medzičasom získané aktu- álnejšie poznatky. Vo vysvetlivkách ku geologickej mape (Gross et al., 1993) sú zaraďované do spodnokriedo- vého „neokómskeho súvrstvia“ charakterizovaného výskytom vá- pencov až slieňovcov (t. j. vápencov s prímiesou ílov). V neskôr publikova- nej geologickej mape a vysvetlivkách

Obr. 6. Digitálny model reliéfu (zdroj ÚGKK SR) kombinovaný s geologickou mapou okolia jaskýň (zostavené z Gross et al., 1994 a Polák et al., 1997a; mierne prispôsobená digitálnemu modelu reliéfu). 1 geologické hranice; 2a zlomy zistené; 2b zlomy predpokladané; 2c zlomy zakryté; 3a násunové plochy zistené; 3b násunové plochy zakryté; 4 hranica geologických máp (sz. časť – Gross et al., 1994; jv. časť – Polák et al. 1997a); **Kvartérne sedimenty**: 5 významné antropogénne sedimenty; 6 sedimenty riečnych nív; 7 sedimenty mladších náplavových vejárrov; 8 sedimenty starších náplavových vejárrov; 9 organogénno-chemogénne sladkovodné vápence – travertíny, penovce; 10 nerozlíšené svahové sedimenty; **Centrálnokarpatský paleogén**: 11 borovské súvrstvie – karbonátové brekcie, zlepence, pieskovce, organodetrítické a piesčité vápence, eocén; **Fatricum**: 12 porubské súvrstvie – vápňité ílovice, jemnozrnné pieskovce, vápence, vrchná až spodná krieda; 13 párnické bridlice – vápňité prachovce, slieňovce, detritické vápence, spodná krieda; 14 mráznicke a osnické súvrstvie (nerozlíšené) – sivé slieňité vápence, slieňovce, slieňité bridlice, spodná krieda až najvrchnejšia jura; 15 algäuske súvrstvie – tmavosivé slieňité a škvŕnité vápence, slieňité bridlice, spodná jura; **Hronikum**: 16 ramsauské dolomity – tmavosivé vrstevnaté (často brekciovité) dolomity, stredný trias; 17 gutensteinské vápence – hrubovrstevnaté tmavosivé vápence a dolomitické vápence, stredný trias; 18 gutensteinské dolomity – vrstevnaté, tmavosivé, tmavohnedé, čierne bituminózne dolomity, stredný trias.

Fig. 6. Digital elevation model (from ÚGKK SR) combined with the geological map of the cave surroundings (compiled from Gross et al., 1994 and Polák et al., 1997a; slightly adjusted to the digital elevation model). 1 geological boundaries; 2a faults, observed; 2b faults, inferred; 2c faults, covered; 3a thrust planes, observed; 3b thrust planes, covered; 4 boundary of geological maps (NW part – Gross et al., 1994; SE part – Polák et al. 1997a); **Quaternary sediments**: 5 significant anthropogenic sediments; 6 sediments of alluvial plains; 7 sediments of younger alluvial fans; 8 sediments of older alluvial fans; 9 organogenic-chemogenic freshwater limestones: travertines and calcareous tufas; 10 undifferentiated slope sediments; **Central Carpathian Paleogene**: 11 Borov Formation – calcareous breccias, conglomerates, sandstones, organodetritic and sandy limestones, Eocene; **Fatricum Unit**: 12 Poruba Formation – calcareous mudstones, fine-grained sandstones, limestones, Upper to Lower Cretaceous; 13 Párnica Formation – calcareous siltstones, marlstones, detrital limestones, Lower Cretaceous; 14 Mráznica and Osnica formations (undivided) – grey marly limestones, marlstones, marly shales, Lower Cretaceous to uppermost Jurassic; 15 Allgäu Formation – dark grey marly and spotted limestones, marly shales, Lower Jurassic; **Hronikum Unit**: 16 Ramsau Dolomites – dark grey bedded (often brecciated) dolomites, Middle Triassic; 17 Gutenstein limestones – thick-bedded dark grey limestones and dolomitic limestones, Middle Triassic; 18 Gutenstein dolomites – bedded, dark grey, dark brown, black bituminous dolomites, Middle Triassic.

príľahlej Veľkej Fatry (Polák et al., 1997a, b) je súvrstvie rozčlenené na dve súvrstvia s odlišným vekom a pomerom ílovitaj prímiesi (obr. 7). Nižšie osnické súvrstvie (najvrchnejšia jura – spodná krieda) je tvorené čistejšími vápencami s malým podielom ílovitaj zložky. Svojím charakterom sa tak viac podobá horninám, ktoré Gross et al. (1993) nazval „kalpionelové vápence“ (obr. 7). V mladšom mráznicom súvrství (spodná krieda) je ílovitaj zložka vo vápencoch a slieňovcoch hojnejšia. Boorová a Filo (2012), ktorí mapovali blízke okolie jaskýň, takisto vymedzovali osnické a mráznicke súvrstvie (obr. 7). Soták a Biroň (2017)



	Gross et al. (1993)	Polák et al. (1997b)	Boorová a Filo (2012)	Soták a Biroň (2017)
spodná krieda	apt. -113,0	párnické bridlice	párnické súvrstvie	párnické vrstvy
	barém -121,5	„neokómske súvrstvie“	mráznicke súvrstvie	mráznicke súvrstvie
	hoterív -129,4			
	valanžin -132,4	osnické súvrstvie	ílovnaté vápence	ílovnaté súvrstvie
	berias -139,0	kalpionelové vápence	osnické súvrstvie	osnické súvrstvie
vr. jura	titón -145,0	jaseninské súvrstvie	jaseninské súvrstvie	jaseninské súvrstvie

Obr. 7. Porovnanie vekového zaradenia hornín podľa Grossa et al. (1993), Poláka et al. (1997b), Boorovej a Fila (2012) a Sotáka a Biroňa (2017). Vekové zaradenie materskej horniny jaskyne (vzorky M1 a M3) pri diaľnici je vyznačené červenou hviezdíčkou, vekové zaradenie slieňovcov vystupujúcich východne od jaskyne (vzorka M2) je vyznačené zelenou hviezdíčkou.

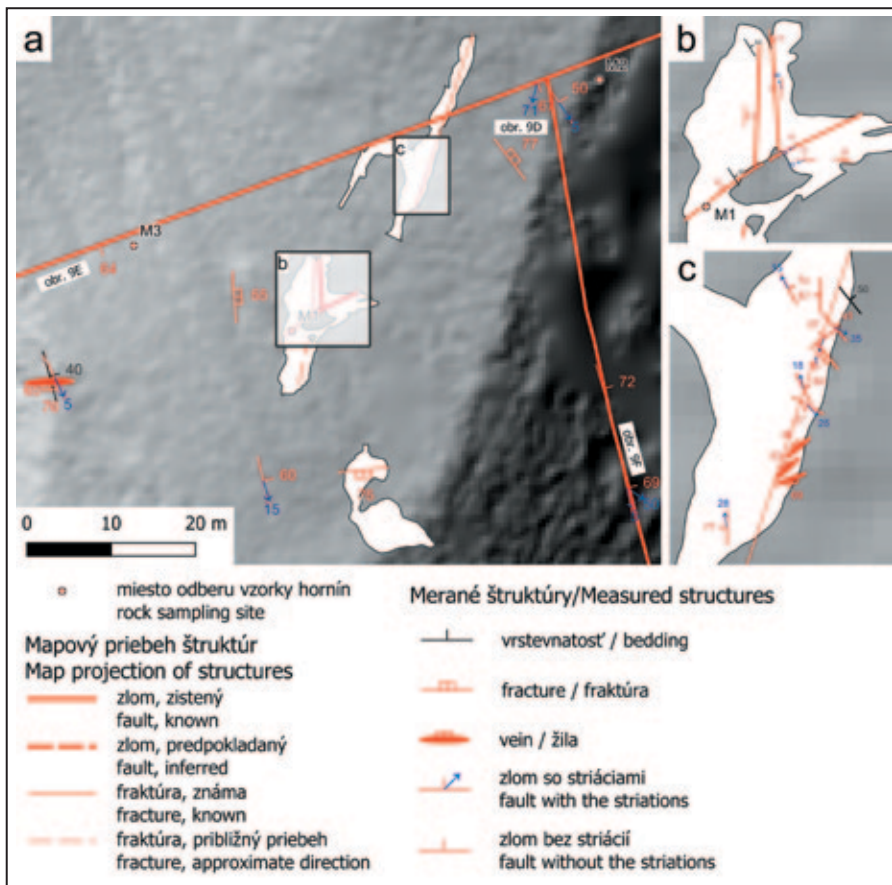
Fig. 7. The comparison of the rock age assignments according to Gross et al. (1993), Polák et al. (1997b), Boorová and Filo (2012), and Soták a Biroň (2017). The red star marks out the age assignment of the cave's host rock, the green star marks out the age assignment of the marlstones cropping out to the east of the cave.

pri hodnotení materiálu z prieskumných prác na tuneli Čebrať použili ešte podrobnejšie členenie, pri ktorom sa opierali najmä o vekové kritériá (obr. 7). Tieto súvrstvia sú všeobecne charakterizované nižšou odkrytosťou, avšak zárez zahĺbený pri zemných prácach počas výstavby diaľnice umožnil pomerne podrobné štúdium geologických pomerov okolia jaskyne. Materskú horninu jaskýň tvoria vrstevnaté slieňité vápence s hrúbkou vrstiev 20 – 40 cm, prestúpené hojnými, nepravidelnými žilkami kalcitu (vzorka M1; obr. 8 a 9A). Vápence sú uklonené pod uhlom 50 – 60° na V až SV. Súborny vrstiev slieňitaj vápencov sa striedajú so súbornými slieňitaj vápencov s tenšou hrúbkou vrstiev. V západnej časti zárezu je hornina výrazne vrstevnatá a celistvejšia (vzorka M3), smerom na východ (k jaskyni) sa stáva tektonicky porušenejšou, a to kvôli prítomnosti viaceraj zlomov, ktoré možno v záreze pozorovať. Pri východnom okraji zá-

rezu sa vápence zlomovo stýkajú s odlišnými horninami. Ide o rozpadavé slieňovce s výrazne vyšším podielom ílovitaj zložky, z ktoraj bola odobratá vzorka M2 (obr. 9B, C).

Pri podrobnejšom štúdiu možno medzi vzorkami odobratými zo slieňitaj vápencov (M1 a M3) pozorovať viacero odlišností od vzorky M2 odobratej z rozpadavaj slieňovcov. Vápence vzoriek M1 a M3 majú na navetranom povrchu bielu až béžovú farbu a na čerstvom lome sú sivé s občasnými nádychmi do hnedá. Hornina je pretkaná niekoľkými generáciami oranžovaj, bielych a transparentnaj žiliek, zvyčajne s hrúbkou do 1 mm (obr. 10A). Miestami sa v nich vyskytujú i niekoľko desiatín milimetra hrubé čierne stylolity. Pri výraznejšom svetle možno v hornine pozorovať odlesky drobnaj zrníek detritickaj minerálov. Slieňovec vzorky M2 je rozpadavejší a má hnedšie odtiene, jeho stylolity sú hrubšie, tmavšie a smerne zhodné s výraznou usmer-





Obr. 8. Mapa geologických štruktúr v jaskyniach pod diaľnicou a ich okolí umiestnená na digitálnom modeli reliéfu (zdroj ÚGKK SR). V mape sú vyznačené i miesta niektorých fotografií z obr. 9 (model zobrazuje stav terénu pred výstavbou, preto umiestnenie niektorých štruktúrnych značiek môže byť mierne nepresné).  
Fig. 8. The map of geological structures in the caves under the highway and their surroundings superimposed on the digital elevation model (source ÚGKK SR). Locations of some photographs from Fig. 9 are also marked out on the map (the model shows the terrain in the pre-construction state; therefore, the placement of some structural markers might be somewhat inaccurate).

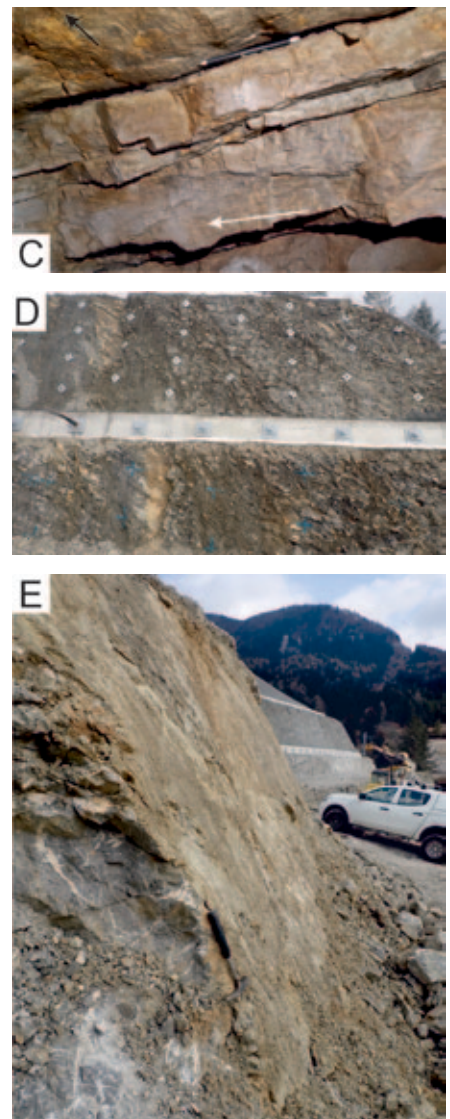
nenou textúrou vytvorenou tektonickým namáhaním horniny (obr. 10B).

Z mikrofaciálneho hľadiska sú kontrasty medzi vzorkou M2 a vzorkami M1 a M3 ešte výraznejšie. Vzorku M1, t. j. materské horniny jaskyne, možno klasifikovať ako biomikritové vápence kalpionelovej mikrofácie so štruktúrou wackestone (obr. 10C a 11A) v zmysle terminológií Folka (1962) a Dunhama (1962). V bioklastoch prevládajú kalpionely, kalcifi-

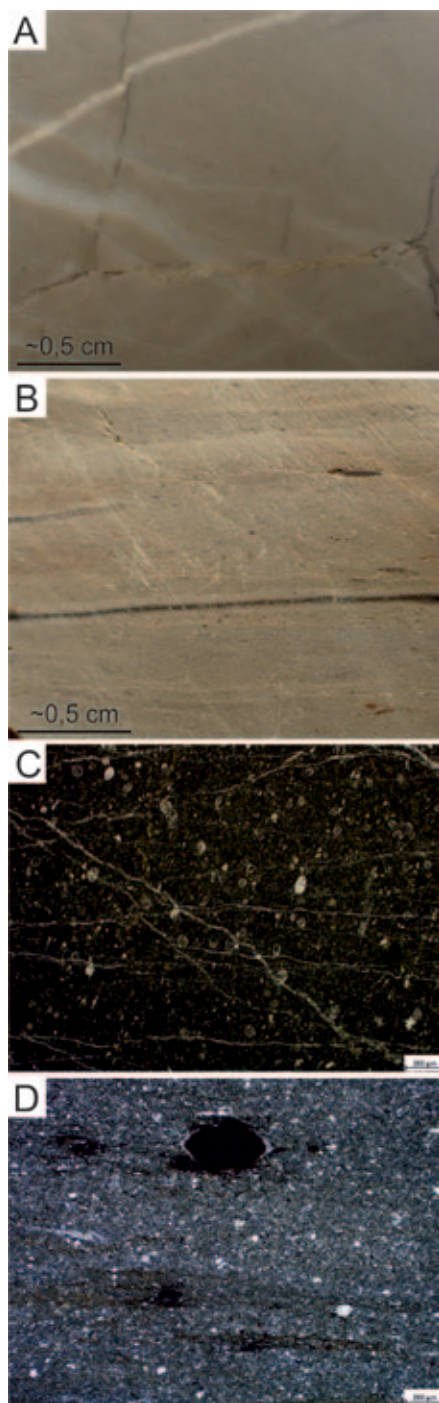
kované rádiolárie a globochéty, okrem nich možno pozorovať úlomky echinodermát, zriedkavo aj ostrakódov, lastúrníkov a drobnú drvinu bližšie nešpecifikovaných bioklastov. Detritickú zložku tvoria najmä zrná kremeňa a ďalšie bližšie neidentifikované opakné a izometrické minerály. Zaznamenal sa aj výskyt autigénneho kremeňa a limonitu. Vzorka M3 je podobná vzorku M1, má však nižší po-



Obr. 9. Ilustrácia geologických pomerov jaskýň pod diaľnicou; pre podrobnejšiu charakteristiku obrázkov pozri text. A – vrstvenaté slienité vápence v jaskyni Hrboltová 1; B – tektonicky aktivovaná vrstvená plocha vyplnená tektonickým ílom v jaskyni Hrboltová 3; C – tektonicky reaktivovaná plocha v jaskyni Hrboltová 3 s indikátormi smeru tektonického transportu na SZS (čierna šípka) a tektonickými zrkadlami na čelách vrstiev s indikátormi pravostranného strihu (biela šípka); D – plocha sv.-jz. zlomu obnažená pri zemných prácach, v pozadí zárez viditeľný na obrázku E; E – zlomový styk kompaktnejších slienitých vápencov (vľavo) so silne tektonicky porušenými a zvetranými slienivcami (vpravo); F – ssz.-jv. zlom obnažený pri zemných prácach, na ktorom možno pozorovať sukcesiu indikátorov starších poklesových pohybov (čierna šípka) a mladších pravostranných pohybov (biela šípka). Foto: J. Littva  
Fig. 9. An illustration of the geological setting of the caves under the highway; see the text for a more detailed characterization of the figures. A – bedded marly limestone in the Hrboltová 1 Cave; B – tectonically activated bedding plane filled with fault gouge in the Hrboltová 3 Cave; C – tectonically activated bedding with indicators of the direction of tectonic transport towards WNW (black arrow) and slickensides on the bedding faces with indicators of dextral shear (white arrow) in the Hrboltová 3 Cave; D – the plane of the NE-SW fault exposed during the excavation work, roadcut visible in Figure E in the background; E – fault contact of more compact marly limestones (left) with strongly tectonically disturbed and weathered marlstones; F – the NNW-SSE fault exposed during the excavation work, on which the succession of indicators of older normal movement (black arrow) and younger dextral movement (white arrow) can be observed. Photo: J. Littva

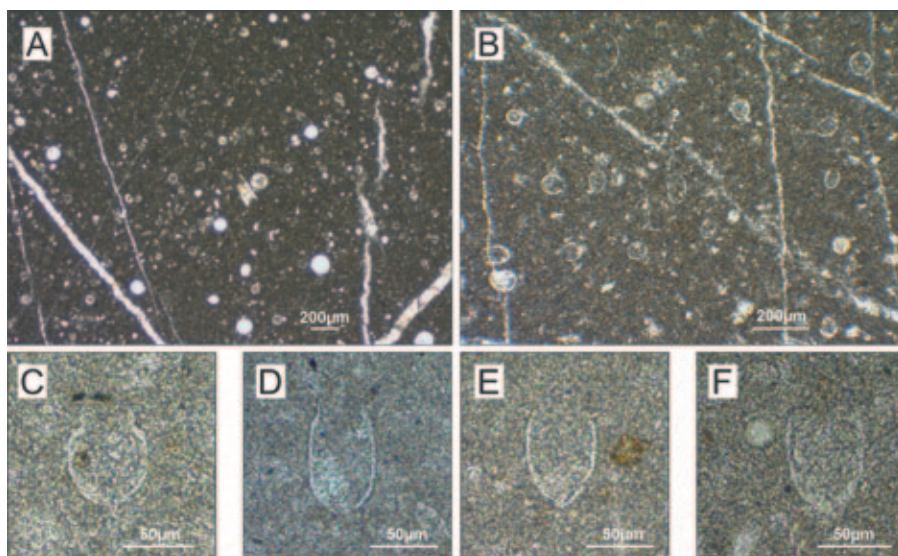






Obr. 10. Fotografie hornín odobratých vzoriek. A – približná fotografia nábrusu slienitého vápenca (vzorka M1); B – približná fotografia nábrusu slieňovca (vzorka M2); C – mikrofotografia výbrusu slienitého vápenca (vzorka M1) v prechádzajúcom svetle; D – mikrofotografia výbrusu slieňovca (vzorka M2) v prechádzajúcom svetle. Foto: J. Littva  
 Fig. 10. Photographs of the sampled rocks. A – a close-up photograph of the polished specimen of the marly limestone (sample M1); B – a close-up photograph of the polished specimen of the marlstone (sample M2); C – a photomicrograph of the thin section of the marly limestone (sample M1) in plane-polarized light; D – a photomicrograph of the thin section of the marlstone (sample M2) in plane-polarized light. Photo: J. Littva

diel kalcitových žiliek (obr. 11B). V asociácii kalpionelíd (určené D. Rehákovou) boli pozorované – *Calpionella alpina* Lorenz, *Calpionella elliptica* (Cadisch), *Crassicollaria parvula* Remane, *Remaniella ferasini* (Catalano),



Obr. 11. Mikrofotografie fosílií vo vzorkách M1 a M3 v prechádzajúcom svetle. A – biomikritový vápenec kalpionelovej mikrofacie (wackestone) s lorikami kalpionelíd a kalcifikovanými rádioláriami, zriedkavými globochétami a úlomkami echinodermát. Matrix prestúpená prasklinami a žilkami viacerých smerov vyhojenými kalcitom. Vzorka M1; B – biomikritový vápenec kalpionelovej mikrofacie (wackestone) prevažne s lorikami kalpionelíd a kalcitom vyplnenými prasklinami a žilkami. Vzorka M3; C – *Calpionella alpina* Lorenz. Vzorka M3; D – *Calpionella elliptica* (Cadisch). Vzorka M1; E – *Remaniella ferasini* (Catalano). Vzorka M3; F – *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu et Filipescu) a cysta *Colomisphaera lapidosa* (Vogler). Vzorka M3. Foto: D. Reháková  
 Fig. 11. Photomicrographs of fossils in samples M1 and M3 in plane-polarized light. A – biomicrite limestone of *Calpionella* microfacies (wackestone) with calpionellid lorics and calcified radiolarians, rare globochaetes, and crinoid fragments. Matrix permeated by cracks and veins of several directions healed by calcite. Sample M1; B – biomicrite limestone of *Calpionella* microfacies (wackestone) predominantly with calpionellid lorics and calcite-filled cracks and veins. Sample M3; C – *Calpionella alpina* Lorenz. Sample M3; D – *Calpionella elliptica* (Cadisch). Sample M1; E – *Remaniella ferasini* (Catalano). Sample M3; F – *Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu et Filipescu) and a cyst of *Colomisphaera lapidosa* (Vogler). Sample M3. Photo: D. Reháková

*Tintinnopsella carpathica* (Murgeanu et Filipescu) (obr. 11C–F). Asociáciu vápnitých dinoflagelát (určené E. Halásovou) reprezentujú cysty *Colomisphaera lapidosa* (Vogler). Vek vápencov bol stanovený na stredný berias na základe prítomnosti vyššie uvedených kalpionelíd, ktoré sú typické pre štandardnú zónu *Calpionella*, subzónu *Elliptica sensu* Reháková a Michalík (1997). Vzorku M2 možno klasifikovať ako slienitý mikritový vápenec so štruktúrou mudstone (v zmysle Folka, 1962 a Dunhama, 1962) so zrnami detritického kremeňa, limonitu a ďalších bližšie neidentifikovaných minerálov. Sediment je tektonicky usmernený; predovšetkým opakné minerály nesú stopy po tektonickom namáhaní (obr. 10D). Okrem dvoch výskytov zle zachovaných globochét sa vo výbruse vzorky M2 mikrofosílie nevyskytovali. V spoločenstve nanofosílií vo vzorke M2, takisto vo veľmi zle zachovanom stave, boli identifikované (E. Halásovou) rozpúšťaniu odolnejšie formy, napr. *Assipetra terebrodentarius* (Applegayte et al.) Rutledge a Bergen in Bergen, *Biscutum* Black, *Braarudosphaera hockwoldensis* Balck, *Conusphaera mexicana* subsp. *mexicana* Trejo, *Cruciellipsis cuvillieri* (Manivit) Thierstein, *Diazomatholithus lehmanni* Noël, *Lucianorhabdus salomonii* Bergen, *Micrantholithus* Deflandre in Deflandre & Fert, *Nannoconus circularis* (Deres & Achéritéguy), *N. steinmannii* subsp. *steinmannii* Kamptner, *Rhagodiscus asper* (Stradner) Reinhardt, *Watznaeria barnesiae* (Black) Perch-Nielsen, *W. fossanecta* (Black) Bown, *Zeughrabdothus embergeri* (Noël) Perch-Nielsen. (Taxonómia podľa Young et al., 2024.) Toto spoločenstvo nanofosílií poukazuje na vrchnobarémsky vek vzorky M2, na základe týchto faktov: a) *L. salomonii* sa uvádza ako „markerový druh“

vrchnobarémskych sedimentov (Bergren, 1994; De Kennel, 2020); b) prítomnosť *N. circularis*, ktorý bol doteraz určený v barémskych sedimentoch Západných Karpát (Molčan Matejová et al., 2019); c) nie je zaznamenaný výskyt nanofosílií mladšieho aptského veku. Vzorka M2 sa teda svojím vekom líši od vzoriek M1 a M3 (obr. 7). Mikrofaciálny charakter vzoriek poukazuje na ich sedimentáciu v pokojnom hlbšom morskom prostredí s prínosom jemnozrnného, z pevniny prineseného materiálu (ktorého podiel bol vo vzorke M2 vyšší).

Odlíšna povaha vzoriek M1 a M3 v porovnaní so vzorkou M2 je badateľná aj z ich chemických analýz (tab. 1). Vzorky M1 a M3 obsahujú oproti vzorke M2 vyšší podiel vápnika (CaO) a prchavín, a nižší podiel všetkých ostatných prvkov okrem mangánu. Takýto pomer chemických prvkov svedčí o vyššej chemickej čistote vzoriek M1 a M3 v porovnaní so vzorkou M2. Tá obsahuje vyšší podiel prvkov typicky spojených s pieskovými, prachovými a ílovými minerálmi (Si, Ti, Fe, Al, K, Na). Podiel Mn bol vo všetkých troch vzorkách rovnaký, čo indikuje, že počas ukladania a diagenézy oboch typov hornín panovali podobné oxidačno-redukčné podmienky.

Na základe fyzikálnych i chemických charakteristík možno materskú horninu jaskyne zaradiť do osnického súvrstvia definovaného Borovou et al. (1993). Do tohto súvrstvia možno zaradiť i vzorku M3 odobratú západne od jaskyne. V starších prácach sa tieto vápence zvyčajne označujú aj ako „kalpionelové vápence“ (napr. Gross et al., 1993) alebo „vápence typu biancone“ (napr. Andrusov, 1959; Mahel, 1967). Vekovým zaradením (stredný berias) hornina spadá tiež do vekového rozsahu osnického súvrstvia (obr. 7). Horniny s podobnými litologickými



Tab. 1. Výsledky chemických celohorninových analýz vzoriek.  
Tab. 1. The results of the chemical whole-rock analyses of the samples.

Ukazovateľ	Vzorka M1 (%)	Vzorka M2 (%)	Vzorka M3 (%)	Rozšírená neistota (%)	Medza stanovenia	Metóda
SiO <sub>2</sub>	10,8	26,3	8,64	5	0,05	RFS
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,02	8,47	1,01	10	0,05	RFS
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,99	3,32	0,63	10	0,05	RFS
CaO	46,7	30,6	49,0	2	0,05	RFS
MgO	0,95	2,05	0,67	10	0,05	RFS
TiO <sub>2</sub>	0,08	0,41	0,05	30	0,01	RFS
MnO	0,06	0,05	0,05	30	0,01	RFS
K <sub>2</sub> O	0,32	1,76	0,15	30	0,05	RFS
Na <sub>2</sub> O	0,2	0,3	<0,2	30	0,20	RFS
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05	0,11	0,03	30	0,01	RFS
strata žháním	37,7	26,4	39,5	3	0,20	G

a chemickými charakteristikami boli zaznamenané po oboch stranách údolia Revúcej, južne od mestskej časti Biely Potok. V nadloží vrchnojurských rádiolaritov sa tam vyskytujú slienité vápence až slieňovce označované ako „kalpionelové vápence“, ktoré boli skúmané so zámerom novej ťažby (Michel' et al., 1965; Bujnovský et al., 1978, 1985; Hanáček a Bujnovský, 1986; Hanáček, 1990). Výskyt jaskýň sa však zatiaľ na tejto lokalite nezaznamenal. Nález jaskýň v osnickom súvrství na Slovensku zatiaľ v nám známej literatúre opísané neboli. Podobný typ hornín tvorí materskú horninu jaskyne Driny (Michalík et al., 1992). Tá sa však od materskej horniny novoobjavených jaskýň odlišuje napríklad prítomnosťou hlúž rohovecom, vrstiev brekcií, ako aj mierne mladším vekom (valanžín). Aj jaskyňa Zbojnická diera pri Švošove sa nachádza v trase diaľnice D1, ale je vytvorená v kvartérnych štrkoch spevnených na zlepence kalcitovým tmeľom (Bella a Soták, 2014).

Na zlomoch vystupujúcich východne od jaskyne (obr. 8) došlo k výraznému posunu, o čom svedčí fakt, že osnické súvrstvie (vzorky M1 a M3) sa tu týka so značne mladšími slieňovcami (vzorka M2). Na základe veku, litologických a chemických charakteristík možno slieňovce vzorky M2 považovať za súčasť vyššej časti mráznického alebo lučivnianskeho, prípadne až párnického súvrstvia (obr. 7). Pre vyšší podiel ílovej prímеси sú menej vhodné na krasovatenie. Preto je pokračovanie jaskynných priestorov smerom na východ od zlomového styku osnického súvrstvia so slieňovcami nepravdepodobné.

Jaskyne sú štruktúrne predisponované na tektonicky aktivovaných vrstevných plochách vápencov, ako aj tektonických poruchách s dvoma generálnymi smermi: SV-JZ až V-Z a SZ-JV až V-Z.

Na vrstevných plochách boli pozorované prejavy tektonickej aktivity, ktoré sa pravdepodobne viažu na presun nadložnej jednotky hronika. Predispozícia na tektonicky aktivovaných vrstevných plochách bola najzreteľnejšia v jaskyni Hrboltová 3. Za vstupom do jaskyne vidieť výrazne zvlhnutú vrstevnú plochu vyplnenú tektonickým ílom (obr. 9B). Minerálne akrečné stupne na ploche (obr. 9C) poukazujú na tektonický transport so zmyslom pohybu „vrch na SZS“ (azimut 298°). Plocha je miestami pokrytá jemnozrnnými jaskynnými sedimentmi

a predurčila vznik protokanálov (*bedding-plane anastomoses*; sensu Bretz, 1942; Ewers, 1966), ako aj excentrických kalcitových výrastkov.

Zlomy smeru SV-JZ až V-Z sa zrejme viažu na jz. pokračovanie zlomu, ktorý bol zaznamenaný v geologickej mape Grossa et al. (1994) severovýchodne od okolia jaskýň, v tektonickej troske hronika (obr. 6). Ten istý zlom bol pravdepodobne obnažený počas prác v diaľničnom záreze (obr. 8, 9D a E). Kinematické indikátory na zlome naznačujú poklesový zmysel pohybu s nepatrnými indikátormi možného predošlého ľavostranného šikmého posunu. Avšak v jaskyniach na tektonických zrkadlách s podobnou orientáciou prevažovali kinematické indikátory ľavostranného horizontálneho posunu.

Značná časť nameraných dislokácií mala i sz.-jv. až s.-j. priebeh, napriek tomu, že výskyt porúch s takouto orientáciou v geologickej mape nie je zaznamenaný. Kinematické indikátory na sz.-jv. až s.-j. tektonických zrkadlách poukazujú na prevažne pravostranný smerný posun (obr. 9C). V jednom prípade však na ssz.-jv. zlome pozorovať dôkazy o viacfázových tektonických pohyboch. Ide o jeden zo zlomov obnažený pri výkopových prácach, ktorý sprostredkováva tektonický kontakt osnického súvrstvia s mladšími slieňovcami. Vyskytujú sa na ňom kinematické indikátory poklesového pohybu, ktoré sú prekryté minerálnymi akrečnými stupňami indikujúcimi pravostranný pohyb (obr. 10F). Aktivitu týchto zlomov možno spájať so stredoslovenským zlomovým systémom.

Tektonickú aktiváciu vrstevných plôch možno považovať za výsledok presunu príkrovov vo vrchnej kriede. Západoseverozápadný smer tektonického transportu indikovaný na aktivovaných vrstevných plochách (obr. 9C) sa mierne líši od s.-j. až sv.-jz. smerov zistených z vrchnojurských až spodnokriedových hornín patrika v okolí lokality (napr. Prokešová et al., 2012; Staneczek et al., 2022). Tento odklon od generálneho trendu by mohol súvisieť s blokovou rotáciou hornín v stredoslovenskom zlomovom systéme.

Keďže i ostatné krehké tektonické poruchy boli namerané výlučne v kriedových horninách, zo získaných údajov nemožno vymedziť časové intervaly ich aktivity. Napriek tomu možno vyvodiť určité závery týkajúce sa relatívneho datovania aktivity zlomov. Na základe sukcesie akrečných stupňov na ssz.-jv. zlome

obnaženom pri zemných prácach (obr. 9F), možno jednoznačne konštatovať, že pokles na zlome je starší než pravostranný posun. Na ďalšom, sv.-jz. zlome v záreze budovanej diaľnice sa vyskytujú nepatrné indikátory, ktoré naznačujú, že ľavostranný pohyb na zlome je starší než pokles, avšak nemožno im pripisovať veľkú spoľahlivosť. Z nazbieraných údajov možno konštatovať, že pravostranné posuny na zlomoch smeru SZ-JV až S-J predstavujú relatívne najmladšiu generáciu zaznamenaných zlomov a sú staršie než poklesové zlomy. Relatívne datovanie aktivity ľavostranných posunov na v.-z. až sv.-jz. zlomoch je problematické. Mohli byť staršie než poklesové zlomy, a v takom prípade by predstavovali najstaršiu generáciu zlomov, no na základe ich orientácie a zmyslu pohybu by mohli byť tiež súveké s pravostrannými posunmi.

Porovnanie výsledkov s paleonapätovými analýzami z iných oblastí Západných Karpát naznačujú, že zlomy v okolí jaskyne boli aktívne najmä v období miocénu. Miocénne napätové pole v Západných Karpatoch je charakterizované viacerými fázami smerne posuvných pohybov, v ktorých mohli byť zlomy opakovane aktivované. V prípade ssz.-jv. zlomu, na ktorom bol pozorovaný pokles nasledovaný pravostranným posunom (obr. 9F), možno časový interval jeho aktivity vymedziť presnejšie. K poklesu zrejme dochádzalo počas extenznej fázy na konci spodného miocénu. Táto fáza bola identifikovaná v oblastiach východne od územia jaskýň (napr. Pešková et al., 2009; Vojtko et al., 2010; Sūkaldová et al., 2012), jej určité indicie sú prítomné i v oblasti stredoslovenského zlomového systému (Pulišová a Hók, 2015). K následným pravostranným pohybom muselo dôjsť po ukončení extenzie, teda po spodnom miocéne.

## MORFOLÓGIA JASKÝŇ

Jaskyňa Hrboltová 1 má okrem vstupnej časti vcelku horizontálny priebeh (vo výške okolo 522 m n. m.). Jej strop je miestami vyvýšený rútením (v Sieni s pagodou do výšky 1,4 m), v týchto miestach sú na podlahe viac nahromadené zrútené skalné bloky. Vstupná šikmá časť pravdepodobne siahala vyššie, je predisponovaná skrasovatenou trhlinou, ktorá sa tiahne naprieč jaskynou (obr. 12) a na povrchu ju vidieť pozdĺž východného okraja jaskyne. V jej línii sa vytvorila bohatá sintrová výplň, hneď za vchodom na severovýchodnej strane vstupnej sienky. Na západnej stene Siene s pagodou vystupujú čelá vrstiev slienitých vápencov sklonených na východ až severovýchod. Z roztokov prenikajúcich pozdĺž medzivrstevných plôch sa vyzrážali viaceré stalaktitové útvary. V stropnej časti tejto siene sú náznaky poruchy ssv.-jz. smeru, ktorá prechádza najvyššou časťou stropu a štruktúrne predurčila rútenie spolu s vrstvami slienitých vápencov. Pri severnom okraji poruchy sú zvyšky bývalých korózných prototrubic (rúrovitých dutín), ktorými prúdila voda v prvotnom štádiu vývoja jaskyne. Skalný strop v južnej časti jaskyne sa znižuje, je subhorizontálny a ostrohranne členitý po opadaných skalných blokoch. Iba miestami je hladší, tvorený koróznym povrchom, ktorý zrezáva šikmo sklonené vrstvy slienitých vápencov. Južnú časť jaskyne tvorí chodba široká 3 až 3,5 m, nad sedimentmi po skalný strop je vysoká 0,5 až 1 m. Na južnom i severnom okraji sa do-

teraz známe časti jaskyne končia závalmi. Časť jaskynného stropu bola narušená a destabilizovaná pri výkopových prácach, pri ktorých bola jaskyňa objavená (dovtedy neboli známe žiadne indície, ktoré by preukazovali jej existenciu). Pod zárezom vozovky strop južnej časti jaskyne siahal iba 1,2 m pod jeho úroveň (pri meračskom bode č. 11 a v III. sieni), cez úzke štrbiny do jaskyne prúdil vzduch z povrchu.

Jaskyňa Hrboltová 2 pozostáva z dvoch častí oddelených nepriechodným závalom. Jej severnú časť tvorí sienka široká asi 5 m a vysoká do 2 m, na ktorú nadväzujú krátke postranné chodby s-j. smeru (spodný horizontálny úsek jaskyne je dlhý asi 10 m). Do jaskyne sme vchádzali cez stropný otvor, zrútený pri stavbe diaľnice. Nadložie okolo vertikálneho vstupného otvoru bolo pri výkopových prácach silno popraskané a destabilizované. Na podlahe zvonovitej sienky bol menší balvanovitý kužel, vytvorený z väčších i menších horninových blokov zrútených zo stropu. Výbežok na severnom okraji sienky sa končil závalom. Zával na južnom okraji sienky komunikuje s južnou časťou jaskyne, ktorú odkryli pri zemných prácach dňa 15. 12. 2022. Južnú sieňovitú dutinu (9 × 5 m) oddeľoval od severnej časti jaskyne krátky nepriechodný zával. Jej podlaha klesala na juhozápad. Jaskyňa mala vcelku rúťivý charakter, korózne tvary sa na jej skalných stenách nezachovali. Najjužnejšia časť jaskyne Hrboltová 2 tesne zasahovala za južný okraj vozovky diaľnice pod šikmo upravený svah terénneho zárezu.

Jaskyňa Hrboltová 3 svojou polohou a usporiadaním chodieb nadväzuje na jaskyňu Hrboltová 1. Predstavuje jej severné pokračovanie prerušené zavalenými, resp. neprieleznými úsekmi chodieb. Od vchodu (štvrtý vchod na obr. 4, v nadmorskej výške 523 m) sa jej chodba tiahne ssv. smerom pozdĺž tektonickej poruchy a klesá pozdĺž medzivrstevných plôch vápencov. Prevažnú časť jej podlahy pokrývajú balvany zrútené zo stropu a stien jaskyne. Najnižšie položené miesto jaskyne (514 m n. m.) je na jej ssv. okraji, ktorého morfológiu predurčila strmá tektonická porucha ssv.-jjz. smeru. V tejto časti jaskyne zo stropu visia početné sintrové brká. Zo západu sa do hlavnej chodby pripája zakrivená chodba, ktorá vývojovo komunikovala so severným okrajom Siene s pagodou jaskyne Hrboltová 1, kde sa zachovali zvyšky koróznych prototrubíc (rúrovitých dutín). Korózne poltrubicovité až trubicovité vyhlbeniny sa miestami zachovali aj na stenách jaskyne Hrboltová 3. Poukazujú na to, že jaskyňa sa začala vytvárať podzemnou drenážou pozdĺž strmej tektonickej poruchy, postranne sa vytvárali trubice (protokanály), ktoré sledujú sklon medzivrstevných plôch vápencov.

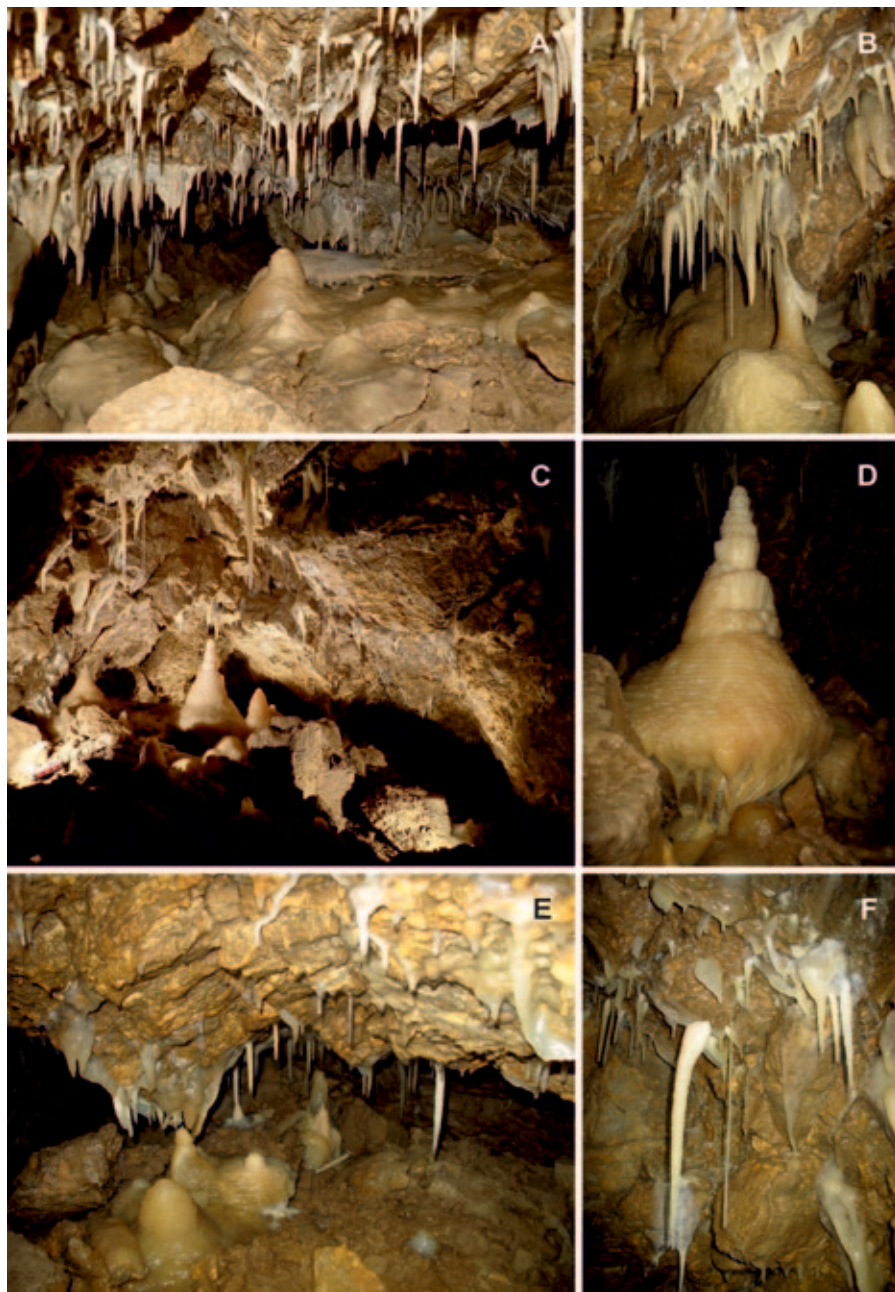
## VZNIK A VÝVOJ JASKÝŇ

Pre výskyt slienitých a ílovitých vrstiev osnické a mráznické súvrstvie zvyčajne nepredstavujú veľmi vhodný typ hornín na krasovanie a výskyt krasových javov. Existenciu jaskyne možno vysvetliť kombináciou dvoch faktorov: (1) väčšia hrúbka vrstiev spojená s nižším podielom ílovej prímesi v slienitých vápencoch materskej horniny jaskyne; (2) tektonické porušenie horniny, ktoré umožnilo intenzívne prenikanie vody do podzemia naprieč menej priepustnými vrstvami.

Možno predpokladať, že jaskyne vznikli koróznou činnosťou vôd, ktoré vnikali pozdĺž štruktúrnych diskontinuit a vrstevných plôch a sčasti rozpušťali slienité vápence (nachádzajú sa blízko seba a vývojovo súvisia). Prvotné dutiny pravdepodobne vznikli vo freatických podmienkach, keď boli úplne vyplnené vodou. Voda prenikala do jaskýň rozptýlene z riečiska Váhu (nie podzemný vodný tok s voľnou hladinou), keď sa nad jaskyňou formoval terasovitý povrch, pravdepodobne koncom skorého alebo začiatkom stredného pleistocénu (zvyšok tejto riečnej terasy je vo výške okolo 535 m n. m., 57 m nad súčasným riečiskom Váhu). Do jaskýň sa mohli dostávať aj vody z potôčika z pravostrannej bočnej Ka-

mennej doliny. Doteraz známe podzemné dutiny (Hrboltová 1, Hrboltová 2, Hrboltová 3) pravdepodobne predstavujú fragmenty väčšej jaskyne vytvorenej pri ústí Kamennej doliny do doliny Váhu, kde boli priaznivejšie litologické (geochemické), hydrogeologické, resp. hydrografické podmienky pre podzemné skrasovanie tamojších slienitých vápencov v porovnaní so širším okolím.

V jaskyniach sa nezistili žiadne náplavy štrkov alebo piesku z bývalého riečiska Váhu (podlahu pokrývajú ílovito-hlinité sedimenty a zrútené skalné bloky a sutina, nevedno či až po jej skalné podložie). Zvyšky riečnych terás v antecedentnej (prelomovej) doline Váhu medzi Ružomberkom a Kraľovanmi sa zacho-



Obr. 12. Sintrové útvary v jaskyni Hrboltová 1: A – stalaktity a kužeľovité stalagmity, III. sieň; B – brká, stalaktity a stalagnátový útvar, I. sieň; C – stalaktity a pagodovité stalagmity, Sieň s pagodou, II. sieň; D – pagoda vysoká 0,7 m, II. sieň; E – stalaktity a zhrubnuté stalagmity, II. sieň; F – brko a tenké stalaktity, II. sieň. Foto: P. Bella (B, D, E, F), P. Herich (A, C)

Fig. 12. Speleothems in the Hrboltová 1 Cave: A – stalactites and conical stalagmites, III. sieň Hall; B – straws, stalactites and column, I. sieň Hall; C – stalactites and pagoda-like stalagmites, Sieň s pagodou, II. sieň Hall; D – pagoda high 0.7 m, II. sieň Hall; E – stalactites and thickened stalagmites, II. sieň Hall; F – straw and thin stalactites, II. sieň Hall. Photo: P. Bella (B, D, E, F), P. Herich (A, C)



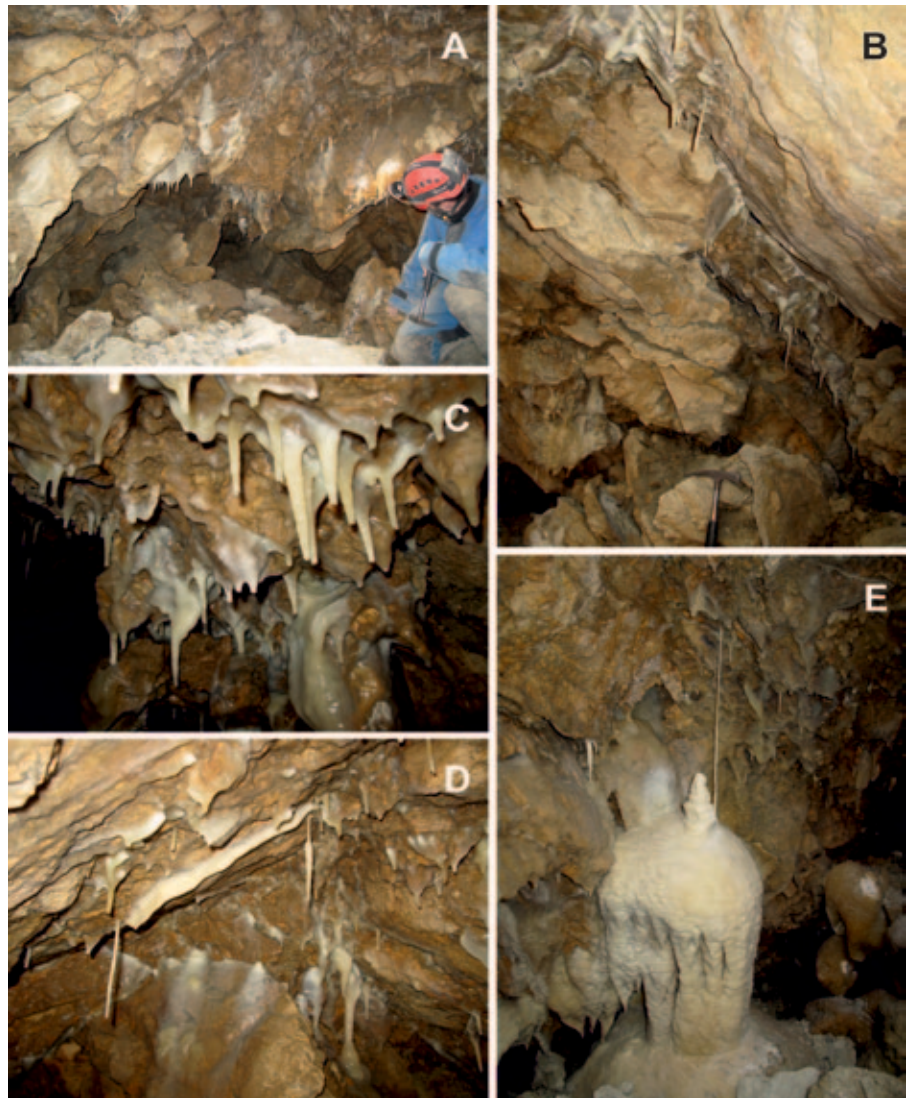
vali na viacerých miestach na jej pravej i ľavej strane (východnej od Hubovej, pri Švošove, na meandrovitej ostrohe západne od ústia ľavostrannej doliny Bystrého potoka), v tejto i nižšej relatívnej výške nad súčasným dnom doliny (pozri Droppa, 1972).

Po zarezaní riečiska Váhu hladina podzemnej vody poklesla a jaskyňa sa dostala do vadóznej zóny. Presakujúca atmosférická voda v nadloží rozpúšťala vápnitejšie vrstvy, resp. kalcitové žilky, z roztokov obsahujúcich rozpustený  $\text{CaCO}_3$  sa v jaskyni začali vytvárať sintrové náteky a kvapľové útvary. Ich staršie generácie boli deštruované rútením, možno podporeným aj mrazovým zvetrávaním. Pokryté sú mladšími podlahovými sedimentmi: zrútenými skalnými úlomkami i väčšími balvanmi (uvoľnenými zo stropu a previsnutých častí stien, najmä pozdĺž plôch nespojitosť slienitých vápencov – medzivrstevných plôch a tektonických porúch) a ílovito-hlinitými sedimentmi (nerozpustnými zvyškami slienitých vápencov, prevažne však jemnozrnnými sedimentmi splavenými z povrchu). Nakoniec sa vyvrážali terajšie útvary sintrovej výplne. Pôvodné podzemné dutiny boli výrazne remodelované rútením vo vadóznej fáze ich vývoja.

Z hľadiska chemického zloženia materských hornín (slienité vápence sú menej rozpustné ako čisté vápence) proces vzniku oboch skúmaných jaskýň prislúcha semikrasu (Cigna, 1986, 2008). Semikras je súčasťou parakrasu, ktorý z litologického hľadiska Anelli (1963, 1975) a Forti (1979) vzťahujú na nedokonale vytvorené krasové javy na ťažšie rozpustných karbonátových horninách. Semikrasové jaskyne v slienitých vápencoch na Slovensku nie sú zatiaľ známe, resp. neboli preskúmané. V zahraničí (severné Taliansko) sú známe jaskyne, na vývoji ktorých sa podieľalo rozpúšťanie vápnika v slieňovcoch s obsahom vápenatej zložky do 60 % objemu horniny (Mocchiutti a Maddaleni, 2005).

## CHEMOGÉNNE VÝPLNE

Napriek tomu, že jaskyne sú vytvorené v slienitých vápencoch, mali pomerne bohatú sintrovú výplň. Hojne sú však prestúpené kalcitovými žilkami. V jaskyni Hrboltová 1 sa zo stalaktitových útvarov vyskytovali brká (dlhé do 50 cm), jednoduché tenké i zhrubnuté kužeľovité stalaktity, záclonovité stalaktity i sintrové záclony (obr. 12). Zo stalagmitových útvarov dominovala pagoda vysoká 0,7 m (podľa nej je pomenovaná Sieň s pagodou). Na širšom a miernejšom povrchu spodnej časti pagodovitých stalagmitov i strmšom povrchu jednoduchých nižších stalagmitov boli miniatúrne terasovité stupienky kalcitu vyzrážaného z tenkého vodného povlaku stekajúceho zvrchu stalagmitu. Vrchná, užšia a stupňovitá časť najvyššieho pagodovitého stalagmitu poukazuje na jeho nerovnomerný rast, pravdepodobne v dôsledku zmeny intenzity prísaku zrážkovej vody, možno i chemického zloženia kvapkajúcej vody. Zúžujúca sa horná časť stalagmitu môže sčasti súvisieť aj so zmenšujúcou sa výškou dopadu kvapiek vody zo stropu, v dôsledku jeho postupného narastania smerom k stropu jaskyne. Najhrubší stalagnátový útvar bol pri vstupe do jaskyne, na jej severnej strane. Sintrové náteky na skalných stenách boli miestami prievitné. Hrubšie sintrové náteky sa vytvorili na šikmých stenách sklonených dovnúť



Obr. 13. Morfológia a sintrové útvary v jaskyni Hrboltová 2: A – nízka prepojovacia chodba do južnej časti jaskyne; B – rúťválna skalná stena v severnej časti jaskyne; C – malé stalaktity; D – sintrová záclona, brká a ďalšie malé kvapľové útvary; E – zložený stalagmitový útvar, sintrové náteky, brka a malé stalaktity. Foto: P. Bella Fig. 13. Morphology and speleothems in the Hrboltová 2 Cave: A – low connecting passage to the southern part of the cave; B – breakdown rock wall in the northern part of the cave; C – small stalactites; D – curtain, straws and other small dripstones; E – composite stalagmite formation, flowstones, straw and small stalactites. Photo: P. Bella

ra jaskyne (na severovýchodnej strane vstupnej sienky) a na mierne sklonenej až vodorovnej podlahe. Vo vstupnom sieňovitom priestore i v zadnej časti (III. sieň) boli hradené sintrové jazierka. Miestami tu pukliny, resp. iných diskontinuit materskej horniny, ako aj z prasklín starších sintrových nátekov vyčnievali excentrické hrotovité alebo lístkovité výčnelky, ktoré vznikli vyzrážaním zo vzliňajúcich sa roztokov. Sintrové útvary boli prevažne žltohnedé, miestami biele i takmer bezfarebné (priehľadné). Priehľadná farba zvyčajne indikuje, že sú tvorené pomerne čistými minerálmi  $\text{CaCO}_3$ , čo je vzhľadom na prítomnosť rôznych nečistôt v materskej hornine prekvapivé.

V jaskyni Hrboltová 2 boli prevažne menšie stalaktitové a záclonovité útvary, dominoval stalagmitový útvar vysoký 0,5 m (obr. 13). Sintrové útvary v jaskyni boli prevažne žltohnedé, miestami biele i takmer bezfarebné (priehľadné), podobne ako v susednej jaskyni Hrboltová 1.

Po likvidácii jaskýň Hrboltová 1 a Hrboltová 2 boli na povrchu pozorované viaceré prepádky, ktoré zrejme predstavovali jaskynné priestory zarútené pred začatím výkopových

prác. Zároveň bola v stene zárezu pozorovaná silne zasutínovaná dutina. V prepádkách i dutine sa okrem úlomkov sintrov vyskytovali i hnedé laminované íly s rôznym stupňom spevnenia, ktoré pravdepodobne predstavovali sedimentárnu výplň týchto dutín splavenú z povrchu alebo pochádzajúcu z nerozpustného zvyšku hornín. Miestami boli pod sutinou zistené sintre, ktoré vyplňali bahenné praskliny v starších sedimentoch.

Zo sintrovej výplne jaskyne Hrboltová 3 dominujú brká (slamkovité stalaktity), z ktorých desať je dlhších ako 140 cm; najdlhšie až 160 cm. Na stenách a stropu sú početné excentrické výrastky (heliktity). Vyskytujú sa aj stalagmity, niektoré ďalšie formy stalaktitov, ojedinele menšie stalagnáty a sintrové záclony. Podlahu vstupnej časti jaskyne pokrývajú sintrové kôry (obr. 14).

## VODA V JASKYNIACH

Jaskyne Hrboltová 1, 2 a 3 nepatria, resp. nepatrili z hydrologického hľadiska medzi významné jaskyne. V čase ich výskumu sa v nich





Obr. 14. Morfológia a sintrové útvary v jaskyni Hrboltová 3: A – hlavná chodba jaskyne; B – brká v severnej časti jaskyne; C – brká a tenké stalaktity; D – stalaktity a stalagmity; E, F – početné excentrické výrastky. Foto: P. Bella  
 Fig. 14. Morphology and speleothems in the Hrboltová 3 Cave: A – main passage of the cave; B – straws in the northern part of the cave; C – straws and thin stalactites; D – stalactites and stalagmites; E, F – numerous excentric “non-gravitomorph” speleothems (helictites). Photo: P. Bella

voda nachádzala vo forme: (1) vodného povlaku (filmu), ktorý sa vyskytoval lokálne na jaskynných stenách; (2) drobných hradených sintrových jazierok; (3) priesakov slabšej intenzity, ktoré pochádzali zo zrážkových vôd prestupujúcich cez jaskynné nadložie. Prestup zrážkových vôd bol viazaný hlavne na menšie pukliny a medzivrstevné plochy, ktoré umožňujú objemovo menšie prestupy vôd do jaskynného prostredia. Z priesakových vôd sa v jaskyniach postupne vytvárala pomerne pestrá sintrová výzdoba (sintrové náteky, sintrové záclony, brká, drobnejšie stalaktity a stalagmitové útvary, drobné excentrické útvary). Voda dopadajúca z jaskynných stropov na nespevnené podložie jaskýň sa priebežne tratila ďalej do podzemia, len na niektorých miestach jaskyne Hrboltová 1 sa tieto vody kumulovali v menších hradených sintrových jazierkach.

Najväčšie jazierko (cca 20 × 60 cm) s hĺbkou do 30 cm sa nachádzalo na pravej strane jej vstupného sieňovitého priestoru. Tu sa vyskytovali aj ďalšie menšie sintrové hrádzky, ktoré sa pravdepodobne občasne vyplňali skvapovou vodou. Podstatne menšie hradené sintrové jazierka boli v III. sieni, kde pomaly kvapkajúca voda naplňala drobné znížneniny pred sintrovými hrádzkami. Teplota vody v jazierkach sa dňa 10. 2. 2022 pohybovala od 3,9 do 5,6 °C. Vody boli alkalické, s nízkou elektrolytickou vodivosťou EC (189 až 237  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) – nižšou v porovnaní s priemernou hodnotou EC podzemných vôd v slienitých vápencoch (445  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; Rapant et al., 1996). Možno predpokladať, že pred odčatením časti horninového nadložja jaskýň boli jaskynné vody vo forme priesakov vzhľadom na väčšiu hrúbku nadložja o niečo viac mineralizované

(väčšia hrúbka nadložja – dlhšie komunikačné cesty) a mali vyrovnanjšiu teplotu (menší vplyv vonkajšej teploty).

## FAUNA JASKÝŇ

Z jaskýň pod diaľnicou sme faunisticky preskúmali jaskyne Hrboltová 1 a Hrboltová 3. Pri prieskume sme využili kombináciu viacerých metód: (1) priame pozorovanie s následným ručným zberom zoologického materiálu v prítomných mikrohabitatoch; (2) odchyt terestrických bezstavovcov vytvorením biostacionárnej výskumnej plochy so zemnými pascami a návnadou (obr. 15); (3) odber vzoriek vody zo sintrových jazierok filtrovaním cez planktónnu sieťku s cieľom zistiť prítomnosť akvatickej zložky fauny. V jaskyni Hrboltová 1 sme si vytvorili dve výskumné (biostacionárne) plochy – prvú v III. sieni (medzi meračskými bodmi 12 a 15) a druhú v Sieni s pagodou, resp. II. sieni (medzi meračskými bodmi 9 a 10). Na každej z výskumných plôch boli umiestnené dva plastové jogurtové tégly (150 ml,  $\varnothing$  7 cm) a jedna polyetylénová fľaša s lievikom (100 ml,  $\varnothing$  8 cm). Návnadou bol organický substrát na kvety. V jaskyni Hrboltová 3 sme si určili jednu výskumnú plochu pri meračskom bode 10, na ktorej sme inštalovali tri plastové jogurtové tégly (150 ml,  $\varnothing$  7 cm) a jednu polyetylénovú fľašu s lievikom (100 ml,  $\varnothing$  8 cm). Návnadou boli ovsené vločky, organický substrát na kvety a droždíe. Na každej výskumnej ploche v jaskyniach sme použili dva typy fixačných roztokov: etylénglykol – voda v pomere 1 : 1 a 4 % formaldehyd. Z časových dôvodov nám zo strany realizátora stavby diaľnice bolo umožnené ponechať zemné pasce v jaskyni Hrboltová 1 iba počas dvoch mesiacov (od 10. 2. do 11. 4. 2022), čo predstavuje relatívne krátku dobu v porovnaní so štandardne 5- až 6-mesačnou dobou exponovania pascí pri biospeleologických výskumoch v iných slovenských jaskyniach. V jaskyni Hrboltová 3 boli pasce exponované od 6. 7. do 31. 10. 2023 (t. j. celé 4 mesiace).

Jediným zástupcom fauny zisteným za sledované obdobie v jaskyni Hrboltová 1 bola podzemná hľbinovka *Bathynella* sp. (obr. 16) zo skupiny vodných kôrovcov (Crustacea, Sincarida). Jediné bol odchytený v drobnom sintrovom jazierku v priestore III. siene (pri meračskom bode 12) v apríli 2022. Teplota vody v jazierku v tom čase dosahovala 5,7 °C. Vo vzorkách vody z jazierka vo vstupnom sieňovitom priestore (pri meračskom bode 5) sa nezistila žiadna fauna. Oveľa pestrejšiu faunu sme zaznamenali v jaskyni Hrboltová 3 (tab. 2), kde sa nám podarilo odchytiť celkovo 104 jedincov bezstavovcov (9 taxónov). Predpokladáme, že väčšina zdokumentovanej terestrickej fauny sa do jaskyne dostala až následne po jej objavení, resp. odkrytí na povrch. V pasciach mali eudominantné zastúpenie dvojkrídlovce (Diptera). Z roztočov (Acari) sme nachádzali zástupcov skupín Uropodina a Gamasina (Mesostigmata) a tiež z čelade Eupodidae (Prostigmata). Do zemej pasce bol odchytený aj pomerne vzácny drobný *Aloconota planifrons*. Ide o hygrolilný, stenotopný a boreomontánny druh chrobáka (Coleoptera), ktorý sa vyskytuje v horských riečnych údoliach v štrku na brehoch horských potokov, vo vlhkých lesoch v pôdnej hrabanke



Tab. 2. Prehľad fauny bezstavovcov zo skúmaných jaskýň z rokov 2022 – 2023. Vysvetlivky: P – zemné pasce, PZ – priamy zber, ZS – zber s použitím planktonickej sieťky, VIZ – vizuálne pozorovanie, • stygobiont, + 1 jedinec, ++ 2 – 10 jedincov, +++ 10 – 50 jedincov, ++++ 50 a viac jedincov.

Tab. 2. List of invertebrate taxa found in the study caves in 2022–2023. Explanations: P – pitfall traps, PZ – direct sampling, ZS – catching using a planktonic net, VIZ – visual searching, • stygobiont, number of individuals: + 1, ++ 2–10, +++ 11–50, ++++ 50 and more.

Jaskyňa/ Cave Metóda prieskumu/ Search method Taxóny/ Taxa	Hrboltová 1		Hrboltová 3	
	ZS	P	ZS	PZ+VIZ
<b>ARACHNIDA</b>				
<b>Acari</b>				
Gamasina		+		
Uropodina		+++		
Prostigmata				
Eupodidae gen. sp.		+		
<b>MALACOSTRACA</b>				
<b>Bathynellacea</b>				
• <i>Bathynella</i> sp.	+			
<b>HEXAPODA</b>				
<b>Coleoptera</b>				
Coleoptera larvae		+		
<i>Aloconota planifrons</i> (Waterhouse, 1863)		++		
<b>Diptera</b>				
Diptera adult.		+++		++
Diptera larvae		++++		
<b>Hymenoptera</b>				
Formicidae gen sp.				+
<b>Plecoptera</b>				
Nemouroidea larva			+	
<b>Celkový počet taxónov/ Total number of taxa:</b>	<b>1</b>		<b>9</b>	

(Koch, 1989; Löbl a Löbl, 2015). Je to pozoruhodný nález, keďže z územia Slovenska existuje o tomto druhu dosiaľ veľmi málo údajov. Rovnako prekvapivé bolo zachytenie prítomnosti zástupcu vodného hmyzu v jaskyni Hrboltová 3, konkrétne drobnej larvy pošvatky zo skupiny Nemouroidea (Plecoptera) v malom sintrovom jazierku na „rázcestí“ pri meračskom bode 7. Ich pôvod je nateraz nejasný. Je však namieste spomenúť, že v širšom okolí jaskýň sa nachádza potôčik pritekajúci z pravostrannej bočnej Kamennej doliny, ústiaci do Váhu (ten je poniže jaskýň).

Na základe doterajších zistení možno konštatovať, že celková biodiverzita na lokalite Hrboltová 1 bola v čase nášho výskumu veľmi nízka. V jaskyni Hrboltová 3 bola oveľa vyššia, avšak zrejme spôsobená sekundárnym prienikom terestrických bezstavovcov z povrchového prostredia po odkrytí časti priestorov jaskyne na povrch. V oboch jaskyniach absenteuje or-



Obr. 15. Biostacionárna plocha v Sieni s pagodou (II. sieň) v jaskyni Hrboltová 1. Foto: Z. Višňovská  
Fig. 15. Biostationary in the Sieň s pagodou (II. sieň Hall) of the Hrboltová 1 Cave. Photo: Z. Višňovská

ganická hmota (napr. rastlinný materiál, guáno netopierov). Dlhodobá izolovanosť týchto jaskýň (až do objavenia bez povrchových otvorov) mohla znemožňovať prienik povrchovej fauny do jaskynného prostredia, či už parietálnej (stenovej) fauny, pôdnej fauny bezstavovcov alebo netopierov a iných stavovcov, po ktorých sme nenašli žiadne pobytové znaky (fragmenty tiel, exkrementy a pod.), ktoré by potvrdzovali ich prítomnosť v jaskyni v období pred objavením jaskýň. Nedá sa vylúčiť ani možnosť náhleho presunu prípadných jedincov subteránnych bezstavovcov do hlbších častí masívu po tom, čo došlo k výraznej, skokovitej zmene ich prirodzeného prostredia (dovtedy izolovaných podzemných dutín s predpokladanou stabilnou mikroklimou) odkrytím na povrch, navyše v exponovanom zimnom ročnom období (od januára 2022 v prípade jaskyne Hrboltová 1), resp. v letnom období v prípade jaskyne Hrboltová 3 (jún 2023). Nálezy zástupcov obligátnej akvatickej fauny (hlbinovka) a lariev vodného hmyzu (pošvatka) na skúmaných lokalitách sú pomerne zaujímavé a nečakané, ich pôvod môže súvisieť s prítomným pasívnym prienikom jedincov týchto skupín prostredníctvom priesakov vôd z kapilár nadložia masívu do jaskynných vôd (napr. sensu Višňovská a Papáč, 2010), prípadne prostredníctvom iných, nám neznámych vodných ciest alochtónneho pôvodu.

## ZÁVER

Predložená správa dokladá existenciu zaniknutých jaskýň pri Hrboltovej, ktoré boli objavené náhodne a neskôr zničené pri pokračujúcej stavbe diaľnice D1. Vytvorené boli v slienitých vápencoch osnického súvrstvia,



Obr. 16. Podzemný kôrovec *Bathynella* sp. z jaskyne Hrboltová 1 (dĺžka tela 1,3 mm). Foto: Z. Višňovská  
Fig. 16. Hypogean crustacean *Bathynella* sp. from the Hrboltová 1 Cave (body length 1.3 mm). Photo: Z. Višňovská

ktoré sú spravidla menej skrasovatené ako iné typy čistejších vápencov. No vďaka svojej relatívne vyššej chemickej čistote sú horniny osnického súvrstvia náchylnejšie na krasovatenie v porovnaní s nadložnými horninami mráznického súvrstvia. Osnické a mráznické súvrstvie sa odlišujú predovšetkým na základe chemických a mikroskopických charakteristík, ich ťažšia odlíšiteľnosť pri mapovaní v teréne nastoľuje otázku, či by nemali byť považované skôr za dva členy jedného súvrstvia. V každom prípade výskyt opísaných jaskýň v tomto type hornín potvrdzuje možný výskyt jaskýň aj v menej rozpustných karbonátových horninách Západných Karpát. Jaskynné priestory sú viazané na vrstevné plochy tektonicky reaktivované pri presune príkrovov, sv.-jz. až v.-z. zlomy (vymapované najmä v nadložných tektonických troskách hronika) a sz.-jv. až s.-j. zlomy, ktoré sú súčasťou stredoslovenského zlomového systému. Navyše jaskyne mali prekvapivo pomerne bohatú sintrovú výplň. Výzdoba sa vytvorila najmä vďaka vylúhovaniu čistejších kalcitových žíl v slienitých vápencoch, resp. rozpúšťaním čistejších vrstiev vápencov, ako aj vďaka dost intenzívnemu priesaku zrážkových vôd cez popraskané horninové nadložie.

Podzemné priestory skúmaných jaskýň môžu v obmedzenej miere pokračovať južným i severným, resp. severovýchodným smerom. Blízky výskyt zlomov, pozdĺž ktorých sa osnické súvrstvie stýka s relatívne menej čistými slieňovcami, môže značne komplikovať výraznejšie pokračovanie jaskyne Hrboltová 3 severným, resp. severovýchodným smerom. Dlhšie pokračovanie jaskyne Hrboltová 2 južným smerom obmedzuje neďaleký strmý pravý svah doliny Váhu (nebolo potvrdené ani výkopovými prácami dňa 1. 8. 2023).

Zhotoviteľ diaľnice po náhodnom objave jaskýň postupoval podľa platnej legislatívy, úzko spolupracoval aj pri ich prieskume, výskume i usmernenej likvidácii. Nehľadiac na vtedajší vysoký stav rozostavania diaľnice, už samotná poloha jaskýň v tesnej blízkosti mosta vedúceho k západnému portálu tunela Čebrať neumožňovala akúkoľvek zmenu projektovanej trasy tohto úseku diaľnice, ktorý bol výrazne limitovaný členitým terénom i komplikovanými geologickými pomermi.



**Podakovanie:** Na taxonomickej identifikácii vybraných zástupcov bezstavovcov sa podieľali Tomáš Jászay zo Šarišského múzea v Bardejove (Coleoptera), Peter Feňdža z Univerzity Komenského v Bratislave (Acari: Mesostigmata) a Peter Manko z Prešovskej univerzity v Prešove (Plecoptera). Za poskytnutú odbornú pomoc

všetkým menovaným ďakujeme. Mikrofaciálna analýza vápencov bola podporená projektmi VEGA 2/0012/24 a APVV-20-0079. Poďakovanie patrí aj kolektívu z ÚGKaGIS Fakulty BERG Technickej univerzity v Košiciach za 360° snímokovanie jaskýň zrealizované s podporou Grantu VEGA 1/0340/22. Ďakujeme recenzentom

(L. Gaál a J. Soták) za ich pripomienky, ktoré prispeli k kvalitatívnej úrovni tohto príspevku. Ďakujeme Národnej diaľničnej spoločnosti, a. s., (NDS) a zhotoviteľom stavby za súčinnosť pri výskumných prácach a spoločnosti CAD-ECO, a. s., za sprístupnenie správy Soták a Biroň (2017) po odsúhlasení NDS.

## Literatúra

- ANDRUSOV, D. 1959. Geológia československých Karpát 2. Vydavateľstvo Slovenskej akadémie vied, Bratislava, 375 s.
- ANELLI, F. 1963. Fenomeni carsici, paracarsici e pseudocarsici. *Annali del Museo Geologico di Bologna*, ser. 2, 31, 11–25.
- ANELLI, F. 1975. Nuove osservazioni sui fenomeni carsici, paracarsici e pseudocarsici. *Le Grotte d'Italia*, ser. IV, 4, 165–198.
- BELLA, P. – GAÁL, L. 1994. Úplne a čiastočne zaniknuté jaskyne na Slovensku. *Slovenský kras*, 32, 177–192.
- BELLA, P. – SOTÁK, J. 2014. Jaskyňa zbojnícka diera v polymiktných zlepenkoch pri Švošove, Veľká Fatra. *Slovenský kras*, 52, 2, 141–146.
- BOOROVÁ, D. – BORZA, V. – PETEŠ, J. – MARTINSKÝ, L. 1993. Príspevok k litostratigrafii hraničných jursko-kriedových súvrství fatrika Strážovských vrchov a Veľkej Fatry. In Rakús, M. – Vozár, J. (Eds.): *Geodynamický model a hlbinná stavba Západných Karpát*. GÚDŠ, Bratislava, 7–12.
- BOOROVÁ, D. – FILO, I. 2012. Korelačné štúdium aptu fatrika (pármické súvrstvie, súvrstvie Muránskej lúky). Čiastková záverečná správa úlohy 16 06 „Aktualizácia geologickej stavby problémových území Slovenskej republiky v mierke 1 : 50 000.“ Manuskript, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 128 s. (archív Geofondu, archívne číslo: 91733\_90).
- BRETZ, J. H. 1942. Vadose and phreatic features of limestone caverns. *The Journal of Geology*, 50, 6, 675–811.
- BUJNOVSKÝ, A. – HANAČEK, J. 1986. Geológia a surovinový význam niektorých mezozoických jednotiek sz. časti Nízkych Tatier a východnej časti Veľkej Fatry. *Regionálna geológia Západných Karpát*, 21, 73–79.
- BUJNOVSKÝ, A. – GROSS, P. – LUKÁČIK, E. – KULLMAN, E. – HANAČEK, J. 1978. Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 25 000 list Ružomberok. GÚDŠ, Bratislava, 152 s. (archív Geofondu, archívne číslo: 42252).
- BUJNOVSKÝ, A. – GROSS, P. – VAŠKOVSKÝ, I. – KOHÚT, M. – FOJTIK, I. – GAŠPARIKOVÁ, V. – VOZÁROVÁ, A. – MODLITBA, I. – KULLMAN, E. – HANAČEK, J. 1985. Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 25 000 list 26-344 (Ružomberok – Malá Smrekovica). GÚDŠ, Bratislava, 147 s. (archív Geofondu, archívne číslo: 61496).
- CIGNA, A. A. 1986. Some remarks on phase equilibria of evaporites and other karstifiable rocks. *Le Grotte d'Italia*, ser. 4, 12, 201–208.
- CIGNA, A. A. 2008. The family of karst phenomena: some physical-chemical parameters of some rocks concerned outside the classical karst. *Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Symposium on Pseudokarst*, Gorizia, 101–112.
- DUNHAM, R. J. 1962. Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In Ham, W. E. (Ed.): *Classification of carbonate rocks. A Symposium*, Tulsa. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1, 108–121. <https://doi.org/10.1306/M1357>
- DROPPA, A. 1972. Výskum riečnych terás v okolí Ružomberka. *Liptov (vlastivedný zborník)*, 2, 11–25.
- EVERS, R. O. 1966. Bedding-plane Anastomoses and Their Relation to Cavern Passages. *Bulletin of the National Speleological Society*, 28, 3, 133–140.
- FOLK, R. L. 1962. Spectral subdivision of limestone types. In Ham, W. E. (Ed.): *Classification of carbonate rocks. A Symposium*, Tulsa. American Association of Petroleum Geologists Memoir, 1, 62–84. <https://doi.org/10.1306/M1357>
- FORTI, F. 1979. Fenomeni paracarsici – precisazioni morfogenetiche. *Atti e Memorie della Commissione Grotte "Eugenio Boegan"*, 18, Trieste, 113–119.
- GROSS, P. (Ed.) – FILO, I. – HALOUZKA, R. – HAŠKO, J. – HAVRILA, M. – KOVÁČ, P. – MAGLAY, J. – MELLO, J. – NAGY, A. 1994. Geologická mapa južnej a východnej Oravy 1 : 50 000. MŽP SR – GÚDŠ, Bratislava.
- GROSS, P. – KÖHLER, E. (Eds.) – MELLO, J. – HAŠKO, J. – HALOUZKA, R. – NAGY, A. – KOVÁČ, P. – FILO, I. – HAVRILA, M. – MAGLAY, J. – SALAY, J. – FRANKO, O. – ZAKOVIČ, M. – POSPÍŠIL, L. – BYSTRICKÁ, H. – ŠNOKOVÁ, P. 1993. Geológia južnej a východnej Oravy. GÚDŠ, Bratislava, 320 s.
- HANAČEK, J. 1990. Prognózne zdroje vápencov a dolomitov Slovenska, Časť I – vápence. GÚDŠ, Bratislava, 163 s. (archív Geofondu, archívne číslo: 75958).
- KNEZ, M. – ŠLABE, T. (Eds.) 2007. *Kraški pojavi, razkriti med gradnjo slovenskih avtocest*. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana, 250 s.
- KOCH, K. 1989. *Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie*. Band 1. Goecke & Evers, Krefeld, 440 p.
- KOVÁČ, P. – HÓK, J. 1993. The Central Slovak Fault System – the field evidence of a strike slip. *Geologica Carpathica*, 44, 3, 155–159.
- LÖBL, I. – LÖBL, D. 2015. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera. Hydrophiloidea-Staphylinoidea*. Vol. 2. Revised and updated edition. Brill, Leiden, Boston, XXVI + 1702 p.
- MAHEL, M. – KAMENICKÝ, J. – FUSÁN, O. – MATĚJKA, A. 1967. *Regionální geologie ČSSR 2 – Západní Karpaty, svazek 1*. ČSAV a Ústřední Ústav geologický, Praha, 486 s.
- MICHALÍK, J. – REHÁKOVÁ, D. – MARKO, F. 1992. Stratigrafia a tektonika spodnokriedovej vápencovej sekvencie v profile jaskyne Driny (vyšoká jednotka, Malé Karpaty). *Mineralia Slovaca*, 24, 235–243.
- MICHEL, J. – WINDT, D. – BARKÁČ, Z. 1965. *Cementáreň Sever – cementárske suroviny, záverečná správa a výpočet zásob z etapy vyhľadávacieho prieskumu so stavom k 1. 12. 1965*. Geologický prieskum, Spišská Nová Ves a Ústredný geologický úrad, Praha, 77 s. (archív Geofondu, archívne číslo: 15593).
- MOLČAN MATEJOVÁ, M. – JÓZSA, Š. – HALÁSOVÁ, E. – AUBRECHT, R. 2019. Interpretation of the geological structure of an atypical klippe in the Orava section of the Pieniny Klippen Belt near Revišné (Western Carpathians, Slovakia). *Acta Geologica Slovaca*, 11, 75–89.
- MOCCHILUTI, A. – MADDALENI, P. 2005. Chemical, geomorphological and geomorphological aspects of karst in sandstone and marl of flysch formations in northeast Italy. *Acta Carsologica*, 34, 2, 349–368. <https://doi.org/10.3986/ac.v34i2.263>
- PAVLARČÍK, S. – ŠAVRNŔOCH, J. 1979. Jaskyne na vodnej nádrži Čierny Váh. *Slovenský kras*, 17, 123–132.
- PEŠKO, M. – BELLA, P. – MARUŠIN, M. – VIŠŇOVSKÁ, Z. 2005. Jaskyňa v Martinčeku objavená pri stavebných výkopových prácach. *Aragonit*, 10, 30–31.
- PEŠKOVÁ, I. – VOJTKO, R. – ŠTAREK, D. – SLIVA, L. 2009. Late Eocene to Quaternary deformation and stress field evolution of the Orava region (Western Carpathians). *Acta Geologica Polonica*, 59, 1, 73–91.
- POLÁK, M. – BUJNOVSKÝ, A. – KOHÚT, M. – FILO, I. – PRISTAŠ, J. – HAVRILA, M. – VOZÁR, J. – MELLO, J. – RAKÚS, M. – BUČEK, S. – LEXA, J. 1997a. Geologická mapa Veľkej Fatry 1 : 50 000. MŽP SR, Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava.
- POLÁK, M. – BUJNOVSKÝ, A. – KOHÚT, M. – PRISTAŠ, J. – FILO, I. – HAVRILA, M. – VOZÁROVÁ, A. – VOZÁR, J. – KOVÁČ, P. – LEXA, J. – RAKÚS, M. – MALÍK, P. – LIŠČÁK, P. – HOJSTRÍČOVÁ, V. – ŽÁKOVÁ, E. – ŠIRÁŇOVÁ, Z. – BOOROVÁ, D. – FEJDIOVÁ, O. 1997b. Vysvetlivky ku geologickej mape Veľkej Fatry 1 : 50 000. Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava, 204 s.
- PROKEŠOVÁ, R. – PLAŠENKA, D. – MILOVSKÝ, R. 2012. Structural pattern and emplacement mechanisms of the Križna cover nappe (Central Western Carpathians). *Geologica Carpathica*, 63, 1, 13–32. <https://doi.org/10.2478/v10096-012-0001-y>
- PULIŠOVÁ, Z. – HÓK, J. 2015. Paleonapätivá analýza zlomového porušenia Žiarskej kotliny. *Acta Geologica Slovaca*, 7, 2, 103–111.
- RAPANT, S. – VRANA, K. – BODIŠ, D. 1996. *Geochemický atlas Slovenska. Časť I. Podzemné vody*. Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava, 127 s.
- REHÁKOVÁ, D. – MICHALÍK, J. 1997. Evolution and distribution of calpionellids – the most characteristic constituents of Lower Cretaceous Tethyan microplankton. *Cretaceous Research*, 18, 493–504. <https://doi.org/10.1006/cres.1997.0067>
- ŠLABE, T. 1997. Karst features discovered during motorway construction in Slovenia. *Environmental Geology*, 32, 3, 186–190. <https://doi.org/10.1007/s002540050206>
- SOTÁK, J. – BIRŇ, A. 2017. Petrografická analýza, stratigrafické vyhodnotenie a ílová mineralógia zoriek z prieskumnej úlohy Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová. In Borovský, M. – Bohyník, J. – Sinák, M. – Stolárik, L. – Coplák, M. – Holeša, Š. – Kuvik, M. – Vrábľová, K. – Žabková, E. – Šimek, M. – Konkolovský, Š.: *Diaľnica D1 Hubová – Ivachnová, nová trasa, podrobný IGP a HGP – časť A (tunel Čebrať)*. CAD-ECO, Bratislava, príloha 5.4., 43 s. (archív Geofondu, archívne číslo: 96227\_17).
- STANEK, D. – SZANIAWSKI, R. – SZCZYGIEL, J. 2022. Transpression-driven deformations of the Chočské vrchy Mountains (Western Carpathians): Insights from magnetic fabric. *Geologica Carpathica*, 73, 5, 451–471. <https://doi.org/10.31577/GeolCarp.73.5.4>
- SÚKALOVÁ, L. – VOJTKO, R. – PEŠKOVÁ, I. 2012. Cenozoic deformation and stress field evolution of the Kozie chrby Mountains and the western part of Hornád Depression (Central Western Carpathians). *Acta Geologica Slovaca*, 4, 1, 53–64.
- VIŠŇOVSKÁ, Z. – PAPAČ, V. 2010. Fauna vodných biotopov Belianskej jaskyne. *Slovenský kras (Acta Carsologica Slovaca)*, 48, 1, 59–82.
- VOJTKO, R. – TOKÁROVÁ, E. – SLIVA, L. – PEŠKOVÁ, I. 2010. Reconstruction of Cenozoic paleostress fields and revised tectonic history in the northern part of the Central Western Carpathians (the Spišská Magura and Východné Tatry Mountains). *Geologica Carpathica*, 61, 3, 211–225. <https://doi.org/10.2478/v10096-010-0012-5>
- YOUNG, J. R. – BOWEN, P. R. – LEES, J. A. 2024. Nannotax3 website. *International Nannotax Association*. Online 12. 2. 2024, URL: [www.mikrotax.org/Nannotax3](http://www.mikrotax.org/Nannotax3)



# ZMENY TEPLoty VZDUCHU A KONCENTRÁCIE CO<sub>2</sub> VO VAŽECKEJ JASKYNI VPLYVOM NÁVŠTEVNOSTI

Lucia Pristašová<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; lucia.pristasova@ssj.sk

L. Pristašová: Air temperature changes and carbon dioxide concentration in the Važecká Cave influenced by visitors

**Abstract:** Long-term climatic monitoring in the Važecká jaskyňa Cave with continuous recording of parameters (air temperature, relative air humidity, carbon dioxide concentration and volume activity of radon) took place in 2015 up to this day. The data is recorded at three stations in the cave – Vstupná sieň Hall, Jazierková dvorana Hall and Galéria Hall. Outside temperature is recorded at the fourth station on the building positioned at the entrance area of the cave. The climatic monitoring of the cave from 1999 to 2000 recorded air temperature values between 6.3 – 6.9 °C in the Jazierková dvorana. According to new research, the measured values are in the range of 6.8 – 7.8 °C. This difference could be caused by closing the entrance door. In the Gallery, the highest recorded average daily air temperature was 6.8 °C. Data recorded by us at the site range from 7.1 to 7.8 °C. During opening hours, the air temperature in the cave increases by 1 °C on average. This variation was not observed during Mondays and during December and January when the cave is closed to the public. With a daily average of around 50 visitors, the CO<sub>2</sub> concentration increases by about 500 ppm. For daily visitation of more than 300 persons, the maxima increase compared to the average daily CO<sub>2</sub> concentration by 800 to 2000 ppm, depending on the measured site.

**Keywords:** show cave, cave climate, human impact, air temperature, CO<sub>2</sub> concentration

## ÚVOD

Vo Važeckom krase na styku Liptovskej kotliny a Kozích chrbtov sa nachádza národná prírodná pamiatka Važecká jaskyňa. Vchod do jaskyne leží v nadmorskej výške 784 m. Dĺžka jaskyne je 530 m s výškovým rozdielom 5 m. Jaskyňa je otvorená pre verejnosť 10 mesiacov v roku okrem pondelkov. Počas februára – mája a septembra – novembra sú 4 vstupy denne a počas júna až augusta (silné mesiace) 8 vstupov denne. Prehliadka trvá približne 30 minút. Ak je na jeden vstup väčší počet návštevníkov, rozdeľia sa do menších skupín a do jaskyne vchádzajú v 5-minútových intervaloch.

Pre prostredie jaskýň, vzhľadom na uzavretosť ich podzemných priestorov, je spravidla typický vyrovnaný ročný chod klimatických ukazovateľov. Tieto parametre zväčša dosahujú iba minimálne výkyvy počas roka. Teplota jaskynného prostredia približne zodpovedá priemernej ročnej teplote danej klimatickej oblasti, resp. okrsku. Važecká jaskyňa leží v chladnej klimatickej oblasti, okrsku C1 (mierne chladný, veľmi vlhký) s júlovou teplotou 12 – 16 °C (Lapin et al., 2002). Priemerná ročná teplota vzduchu je 5 – 6 °C. Priemerný ročný úhrn zrážok dosahuje 800 – 900 mm (Klimatický atlas Slovenska, 2015).

Zmenu mikroklimy jaskyne spôsobuje viacero faktorov. Sprístupnením jaskyne a uzavretím jaskynných otvorov sa môže zmeniť prúdenie vzduchu. Návštevníci vnášajú do jaskyne latentné teplo. Vodný tok pretekajúci jaskyňou ovplyvňuje teplotu vzduchu, môže vytvárať hmlu, opar a zvýšiť jaskynnú vlhkosť. Pukliny v stropnej časti a blízkosť povrchu umožňujú vtekanie teplých zrážok do jaskyne. V jaskyniach s veľkým výskytom netopierov sa tvorí guáno a následne sa rozkladá, pričom nastáva čiastočné zvýšenie teploty vzduchu.

Hlavným zdrojom CO<sub>2</sub> v jaskyniach je difúzia z epikrasu, odplyňovanie kvapkajúcich

vôd, vyzrážanie kalcitu z presýtených roztokov, rozklad organickej hmoty alebo antropogénne prúdenie dýchaním návštevníkov (Faimon et al., 2006; Kowalczyk, 2010; Gregorič et al., 2013). Koncentrácia CO<sub>2</sub> v jaskyniach je veľmi variabilná – v chladnejších obdobiach nižšia, v teplejších vyššia. Podobné sú aj se-

zónne variácie CO<sub>2</sub> v pôde. Vďaka tejto podobnosti možno predpokladať, že produkcia CO<sub>2</sub> v pôdach by mohla byť veľmi významným faktorom ovplyvňujúcim koncentráciu CO<sub>2</sub> v jaskynnej atmosfére (Hashimoto et al., 2007). Hodnoty koncentrácie CO<sub>2</sub> sú rôzne aj v závislosti od výšky merania. V Ochtinskej



Obr. 1. Pôdorys Važeckej jaskyne, lokalizácia meracích stanovišť.

Fig. 1. Ground plan of the Važecká Cave, location of measurement sites.





Obr. 2. Meracie stanovište Galéria. Foto: L. Pristašová  
Fig. 2. Measurement site Galéria. Photo: L. Pristašová

aragonitovej jaskyni (Bobro et al., 2002) v rozmedzí 3 výškových metrov bol nameraný rozdiel koncentrácie CO<sub>2</sub> až 1000 ppm. Molekulová hmotnosť CO<sub>2</sub> je vyššia ako molekulová hmotnosť vzduchu, jeho väčšia koncentrácia sa teda vyskytuje na nižších miestach pri dne chodieb. Vodné pary koncentráciu CO<sub>2</sub> v jas-

kyňi zvyšujú (Faimon et al., 2004). Detailnému štúdiu zmien koncentrácií CO<sub>2</sub> sa venuje Baldini et al. (2006).

Monitoring klimatických zmien je nevyhnutným predpokladom pre správny manažment prevádzky jaskyne a na adekvátnu reakciu v prípade ohrozenia jaskynného prostredia.

### PREHĽAD KLIMATICKÝCH MERANÍ A MONITORINGU VAŽECKEJ JASKYNE

Važecká jaskyňa bola objavená v roku 1922 a postupné úpravy terénu viedli v roku 1928 k jej sprístupneniu. Klimatickými meraniami v jaskyni sa ako prvý zaoberal Droppa (1962a,b), išlo však len o jednorazové expedičné merania. Podrobnejší klimatický výskum Važeckej jaskyne vykonal v rokoch 1999 a 2000 Zelinka (2001), ktorý zaznamenával pomocou prístrojov BABUC/A (LSI, Taliansko) teplotu vzduchu. Merania v jaskyni realizoval na dvoch stanovištiach vo Vstupnej sieni a v Jazierkovej dvorane. Tretie stanovište zaznamenávalo vonkajšiu teplotu jaskyne. Detailnejšie sa venoval aj vplyvu návštevnosti na zmenu klimatických podmienok jaskyne. V období s najvyššou návštevnosťou zaznamenával v 10-sekundových intervaloch teplotu vzduchu, ktorú následne porovnával s množstvom návštevníkov. Cieľom bolo poznanie detailného priebehu teplotných zmien vyvolaných návštevníkmi a zistenie trvania regenerácie a návratu teploty na úroveň jej priemerných hodnôt.

Jednorazové merania koncentrácie CO<sub>2</sub> realizoval Hebelka (2001).

### METODIKA VÝSKUMU A CHARAKTERISTIKA MONITOROVACÍCH STANOVIŠŤ

Dlhodobé kontinuálne merania klimatického monitoringu Važeckej jaskyne sa začali koncom roka 2015 a trvajú dodnes. Dáta sa merajú na troch meracích stanovištiach – Vstupná sieň, Jazierková dvorana a Galéria (obr. 1), na ktorých sa zaznamenáva teplota jaskynného ovzdušia, relatívna vlhkosť vzduchu, koncentrácia oxidu uhličitého a objemová aktivita radónu. Vonkajšia teplota, vlhkosť vzduchu, smer a rýchlosť prúdenia vzduchu, slnečný svit a zrážky danej oblasti sa zaznamenávajú na štvrtom stanovišti na budove vstupného areálu jaskyne. Ide o stabilné meracie prístroje (datalogre) od firmy Microstep-mis napojené na elektrickú sieť (obr. 2). Presnosť teplotnej sondy je  $\pm 0,1$  °C, rozsah -40 až 50 °C. Vlhosť vzduchu sa meria vlhkosťou sondou typu HC2-S3 s presnosťou  $\pm 3$  % a rozsahom 0 až 100 %. Pri vysokej vlhkosti vzduchu v jaskyniach dochádza k oroseniu vlhkosťnej sondy, ktorá dlhodobo zaznamenáva hodnotu 100 % a dáta sú skreslené. V budúcnosti je potrebné zaobstarať techniku, ktorá by tento problém vyriešila. Koncentrácia CO<sub>2</sub> sa zaznamenáva pomocou snímača CarboCap GMP 222 (Vaisala, Fínsko) s rozsahom merania 0 – 10 000 ppm. Datalogre zaznamenávajú dáta v 10-minútových intervaloch. Namerané dáta sa automaticky posielajú prostredníctvom internetového prenosu priamo do databázy na Správu slovenských jaskýň v Liptovskom Mikuláši, kde ich následne spracovávame.

Prvé meracie zariadenie Vstupná sieň sme umiestnili v blízkosti vchodu do jaskyne, naľavo od vstupných dverí (v smere vstupu do jaskyne), aby sčasti zachytávalo aj vonkajšie klimatické podmienky. Na tomto mieste prebieha výklad a návštevníci ním prechádzajú dvakrát. Začiatkom roku 2000 namontovali na plechové dvere lexan, aby sa zabránilo premrzaniu a následnému zvetrávaniu materskej horniny vo vstupnej časti. V súčasnosti nedochádza k premiešaniu vzduchu s vonkajším prostredím až v takej miere ako pred úpravou dverí.

Druhé meracie zariadenie Jazierková dvorana je umiestnené v centrálnej časti jaskyne a zároveň v najväčšej sieni, kadiaľ návštevníci prechádzajú dvakrát a zdržiavajú sa tu dlhší čas.

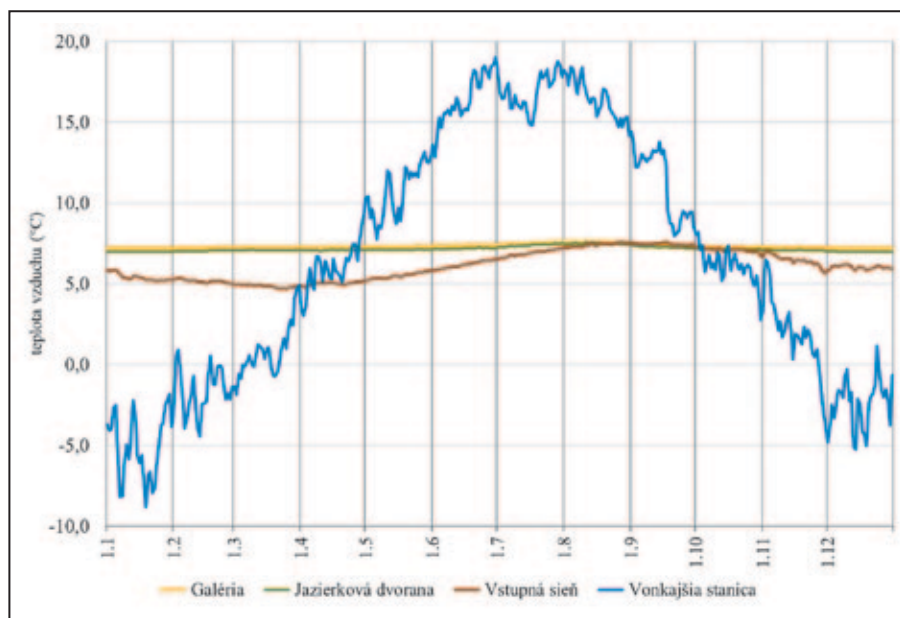
Tretie meracie zariadenie Galéria (obr. 2) je umiestnené v zadnej časti jaskyne (najvzdialenejšia časť prehladkovej trasy), kde je slabá cirkulácia vzduchu.

Všetky tri meracie zariadenia sú umiestnené cca 1 m nad jaskynnou podlahou.

Štvrté meracie zariadenie Vonkajšia meteorostanica sa nachádza na budove vstupného areálu do jaskyne a zaznamenáva vonkajšie klimatické podmienky.

### VÝSLEDKY KLIMATICKÉHO MONITORINGU ZMENY TEPLoty VZDUCHU VPLYVOM NÁVŠTEVNOSTI

Na grafe (obr. 3) sú zobrazené priemerné denné teploty vzduchu za obdobie rokov 2016 – 2022, keďže počas jednotlivých rokov nebadáť výrazné rozdiely (s výnimkou zatvorenia jaskyne pre verejnosť). Namerané hodnoty



Obr. 3. Priemerná denná teplota vzduchu (2016 – 2022) na jednotlivých stanovištiach.  
Fig. 3. Average daily air temperature (2016 – 2022) at the individual sites.



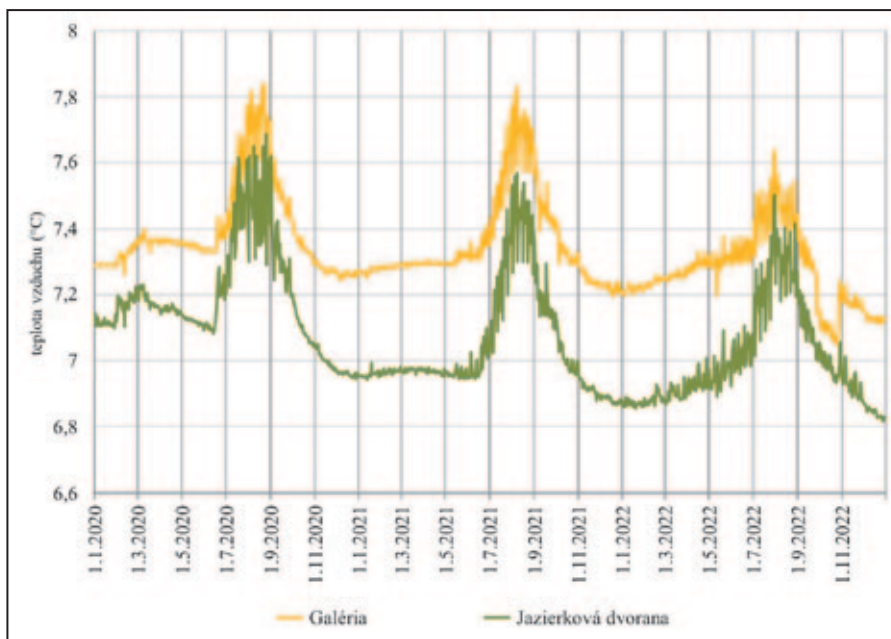
na Vonkajšej stanici sa za sledované obdobie pohybujú v intervale -14,4 až 23,7 °C s maximami v júni a auguste a minimami v januári. Priemerná ročná teplota vzduchu je 6,5 °C.

Meracie stanovište *Vstupná sieň* je v blízkosti vchodu do jaskyne, takže v rámci jaskyne sú na ňom zaznamenané aj najväčšie teplotné rozdiely, keďže sčasti zachytáva vonkajšie klimatické podmienky danej oblasti s oneskorením približne jedného mesiaca. Priemerná ročná teplota vzduchu dosahuje 6,1 °C, maximá sú v auguste a septembri, minimá v marci a apríli. Ročná krivka teploty vzduchu sa pohybuje v intervale od 3,5 do 7,9 °C.

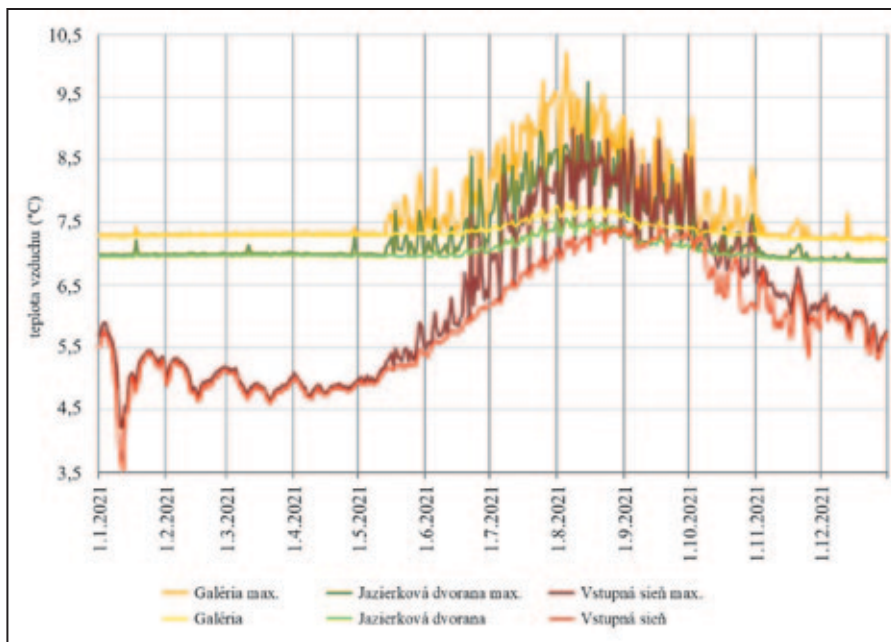
Na stanovišti *Jazierková dvorana* je priemerná ročná teplota vzduchu 7,1 °C. Priemerná denná teplota vzduchu sa pohybuje v rozmedzí 6,8 až 7,8 °C. Maximá dosahuje v auguste a minimá v decembri až februári. Ročná amplitúda v rámci priemerných denných teplôt tak dosahuje len 1,0 °C. Tento rozdiel vzniká najmä počas hlavnej turistickej (návštevnéj) sezóny (júl, august, september), to znamená, že dochádza k zvýšeniu teploty vzduchu vplyvom návštevnosti.

Meracie stanovište *Galéria* je najvzdialenejším miestom od vchodu a zároveň aj najteplejším s amplitúdou počas roka 0,7 °C. Priemerná ročná teplota vzduchu je 7,3 °C, s maximom 7,8 °C v auguste a minimom 7,1 °C v decembri a januári.

Monitorovacie stanovišťa *Jazierková dvorana* a *Galéria* vykazujú veľmi stabilnú teplotu vzduchu. Ročné výkyvy teplôt sa z grafu nedajú ani odčítať, keďže ide takmer o priamku. Avšak pri detailnejšom pohľade sa aj na týchto stanovištiach prejavujú sezónne rozdiely. Pre lepšiu prehľadnosť sme ich zobrazili v grafe osobitne (obr. 4). Zámerné sme vybrali roky 2020 až 2022, keďže jaskyne boli z dôvodu pandémie koronavírusu v období 15. 3. 2020 – 15. 6. 2020, 2. 10. 2020 – 31. 12. 2020 a 1. 1. 2021 – 14. 5. 2021 pre verejnosť zatvorené. Táto skutočnosť sa odzrkadľuje aj na grafe (obr. 4), keď na začiatku roka 2020 nastáva vplyvom návštevnosti mierny nárast teploty vzduchu a následne jeho ustálenie z dôvodu zatvorenia jaskyne. Od začiatku roka 2021 až do polovice mája vidieť podobne stabilný priebeh (jaskyňa zatvorená). Ročný chod teploty vzduchu sa na týchto stanovištiach počas zatvorenia jaskyne vôbec neprejavuje. K miernemu nárastu na oboch stanovištiach do-



Obr. 4. Priemerná denná teplota vzduchu (január 2020 – december 2022) na jednotlivých stanovištiach. Fig. 4. Average daily air temperature (January 2020 – December 2022) at the individual sites.



Obr. 5. Denné maximá v porovnaní s priemernou dennou teplotou vzduchu za rok 2021. Fig. 5. Daily maxima compared to average daily air temperature for the year 2021.

Tab. 1. Priemerné mesačné teploty vzduchu na jednotlivých stanovištiach. Zelenou farbou sú vyznačené mesiace, počas ktorých bola jaskyňa uzavretá. Tab.1. Average monthly air temperature at the individual sites. The months during which the cave was closed are marked in green colour.

Meracie stanovište/ mesiace	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
Galéria, bežná prevádzka (2016 – 2019, 2022)	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,5	7,5	7,4	7,3	7,2	7,2	7,3
Galéria, obmedzená prevádzka (2020 – 2021)	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,5	7,7	7,5	7,3	7,3	7,3	7,4
Jazierková dvorana, bežná prevádzka (2016 – 2019, 2022)	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,2	7,4	7,5	7,3	7,2	7,1	7,0	7,2
Jazierková dvorana, obmedzená prevádzka (2020 – 2021)	7,0	7,0	7,0	7,1	7,1	7,1	7,3	7,4	7,2	7,1	7,0	7,0	7,1
Vstupná sieň, bežná prevádzka (2016 – 2019, 2022)	5,5	5,1	4,8	5,1	5,6	6,3	6,9	7,4	7,5	7,2	6,6	6,1	6,2
Vstupná sieň, obmedzená prevádzka (2020 – 2021)	5,1	5,0	4,8	4,9	5,5	5,9	6,7	7,3	7,4	7,2	6,4	5,6	6,0



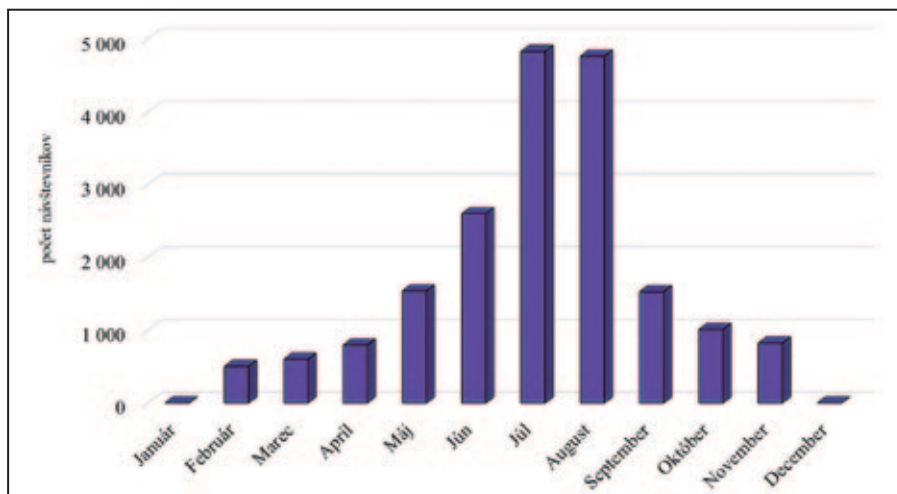
chádza až v polovici mája – tento nárast je zhodný s otvorením jaskyne pre verejnosť. Takže možno konštatovať, že ročná amplitúda teploty vzduchu na týchto stanovištiach je spôsobená takmer výlučne návštevnosťou. V roku 2022 (prevádzka jaskyne bez obmedzení) nastáva postupný mierny nárast teploty vzduchu už od marca.

Stanovište *Vstupná sieň* dosahuje maximá v auguste, septembri a ročné maximá na stanovištiach *Galéria* a *Jazierková dvorana* zaznamenávame už v júli a auguste. Aj tento údaj poukazuje na fakt, že ročná amplitúda na týchto dvoch stanovištiach je výrazne ovplyvnená návštevnosťou (júl, august sú najsilnejšie mesiace, čo sa týka návštevnosti).

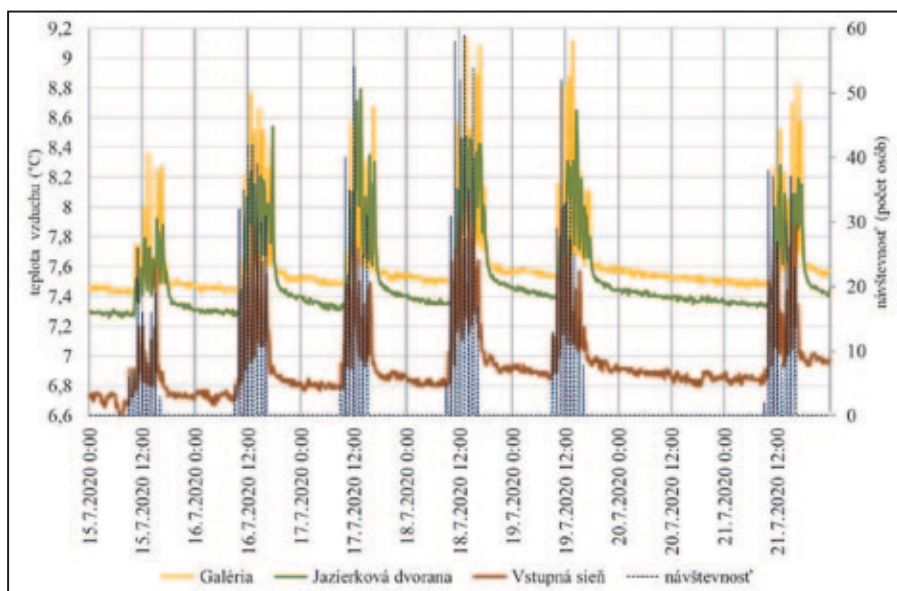
Pri pohľade na graf (obr. 5) zobrazujúci denné maximá a priemernú dennú teplotu vzduchu vidíme, ako počas zatvorenia jaskyne pre verejnosť (január až polovica mája) tieto dve hodnoty takmer splyvajú na všetkých stanovištiach. Denné maximá sú počas uzatvorenia jaskyne stabilné. Následne počas prevádzky od polovice mája do polovice júna (návštevnosť cca 35 osôb denne) dochádza k miernemu rozkolísaniu o cca 0,5 až 1 °C. Potom pri návštevnosti 100, 200, 300 osôb denne (obdobie od polovice júna do polovice septembra) toto rozkolísanie dosahuje 1,5 až 2 °C na všetkých stanovištiach oproti priemerným denným teplotám vzduchu. Pokles maxim na hodnoty priemerných denných teplôt zaznamenávame v pravidelných týždenných intervaloch, čo spôsobuje voľný pondelok (bez návštevnosti). Od polovice septembra do novembra sa tieto hodnoty pomaly ustávajú (maximálne 40 návštevníkov denne). V novembri boli návštevy jaskyne len v období od 17. do 24. (v priemere 7 osôb denne), čo spôsobilo rozkolísanie o 0,2 °C. V decembri tieto hodnoty opäť takmer splyvajú v dôsledku zatvorenia jaskyne pre verejnosť. Na meracom stanovišti *Galéria* sme namerali najvyššie maximum 10,2 °C, na stanovišti *Jazierková dvorana* 9,7 °C a vo *Vstupnej sieni* 9,0 °C.

V tabuľke (tab. 1) uvádzame priemerné mesačné teploty vzduchu, kde sú počas bežnej prevádzky spriemerované mesiace za roky 2016 – 2019 a rok 2022. Počas obmedzenej prevádzky (rok 2020 – 2021) uvádzame hodnoty v mesiaci, počas ktorého bola jaskyňa uzavretá, aby sme mohli odseparovať vplyv návštevnosti. Od roku 2016 teplota vzduchu v jaskyni postupne vzrastá o približne 0,2 °C a kulminuje v roku 2020 až 2021 a následne postupne klesá, a preto nie je mesačný rozdiel počas obmedzenej a bežnej prevádzky taký zjavný, ako sa predpokladalo, keďže obmedzená prevádzka bola práve v roku, ktorý bol zo sledovaného obdobia najteplejší.

Priemerná mesačná návštevnosť počas rokov 2016 – 2022 je zobrazená na obr. 6. Návštevnosť za roky 2020 a 2021 sa nebrala do úvahy pre možné skreslenie údajov, keďže v tomto období bola jaskyňa v obmedzenom prevádzkovom režime (povinné uzatvorenie jaskyne, resp. obmedzný počet návštevníkov a vstupov na základe vládneho nariadenia z dôvodu pandémie koronavírusu). Najvyšší nápor návštevníkov je počas letných prázdnin v mesiacoch júl a august. Medzi mesiace s vyššou návštevnosťou patrí aj máj, jún a september. Počas decembra a januára je jaskyňa pre verejnosť zatvorená.

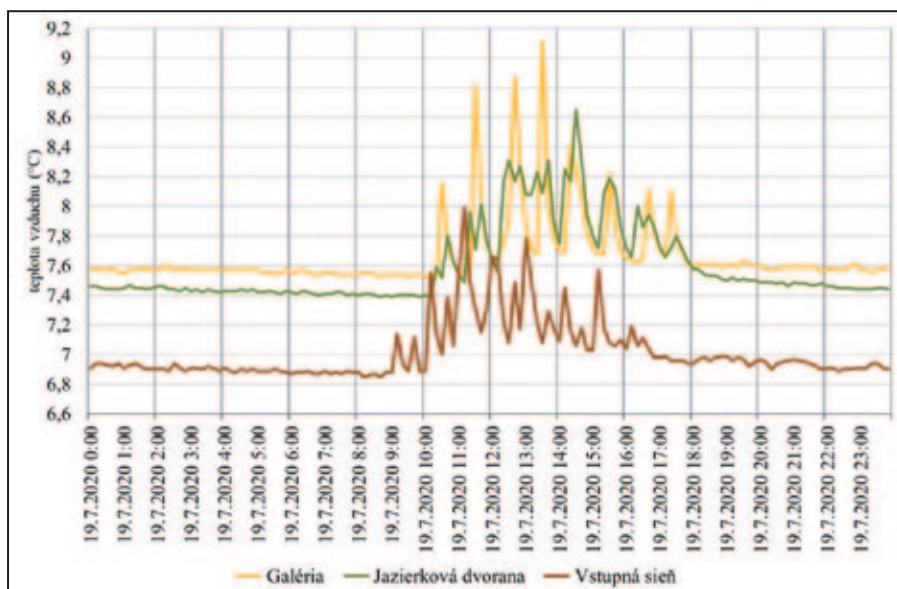


Obr. 6. Priemerná mesačná návštevnosť Važeckej jaskyne za obdobie rokov 2016 – 2022.  
Fig. 6. Average monthly attendance to Važecká Cave in the period 2016 – 2022.



Obr. 7. Porovnanie teploty vzduchu a návštevnosti. 10-minútové teploty vzduchu namerané počas týždňa (15. 7. 2020 – 21. 7. 2020).

Fig. 7. Comparison of air temperature and attendance. 10-minute temperature recorded during the week (15 – 21 July, 2020).



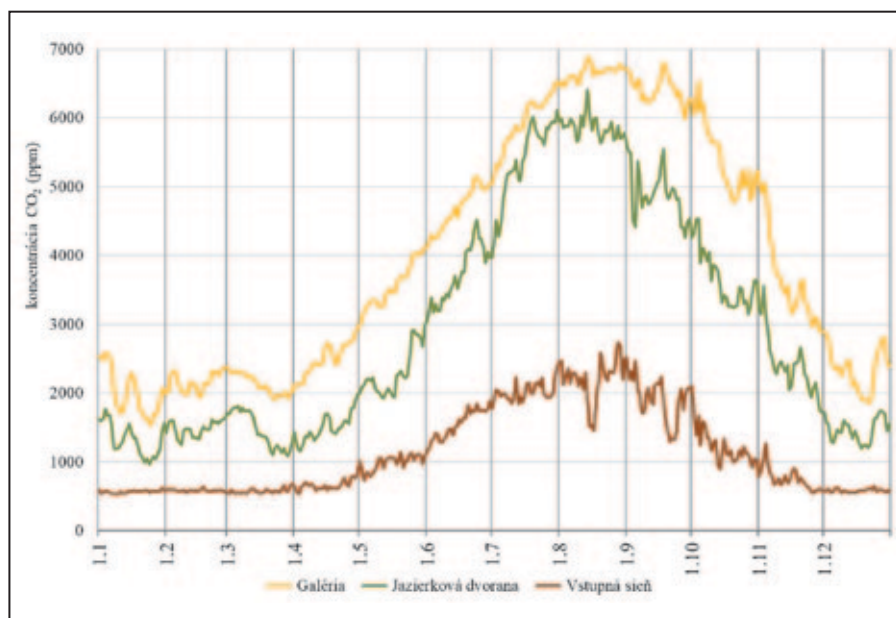
Obr. 8. 10-minútové teploty vzduchu namerané počas jedného dňa na jednotlivých stanovištiach.  
Fig. 8. 10-minute air temperature recorded during the one day at the individual sites.

Na grafe (obr. 7) sú zobrazené 10-minútové merania teploty vzduchu a návštevnosť v rámci jedného týždňa. Jednotlivé maximá sú zhodné s časmi vstupov do jaskyne. V pondelok (20. 7. 2023) je teplota vzduchu stabilná, keďže jaskyňa bola pre verejnosť zatvorená. Teplota vzduchu vzrastie len počas zdržania sa návštevníkov na danom stanovišti. Hneď po opustení stanovišta sa teplota vracia na pôvodné hodnoty. Tento jav vidieť na grafe (obr. 8), na ktorom je zobrazený jeden návštevný deň. Dataloger na stanovišti *Galéria* vykazuje 8 maxim, ktoré predstavujú 8 vstupov v rámci dňa. Na stanovišti v *Jazierkovej dvorane* sme zaznamenali 2 maximá v rámci jedného vstupu, keďže stanovištom sa prechádza dvakrát. Po opustení jaskyne návštevníkmi teplota klesne takmer na hodnoty pred vstupom, to sa opakuje počas všetkých vstupov. Prehliadka jaskyne trvá cca 45 min a vstupy sú každú hodinu, takže už približne za 45 minút od opustenia meraného stanovišta návštevníkmi hodnoty viditeľne poklesnú. Vo vybranom období sa na stanovišti *Galéria* počas návštevnosti zvýši teplota vzduchu v priemere o 1,5 °C, na stanovišti *Jazierková dvorana* a *Vstupná sieň* o maximálne 1,0 °C.

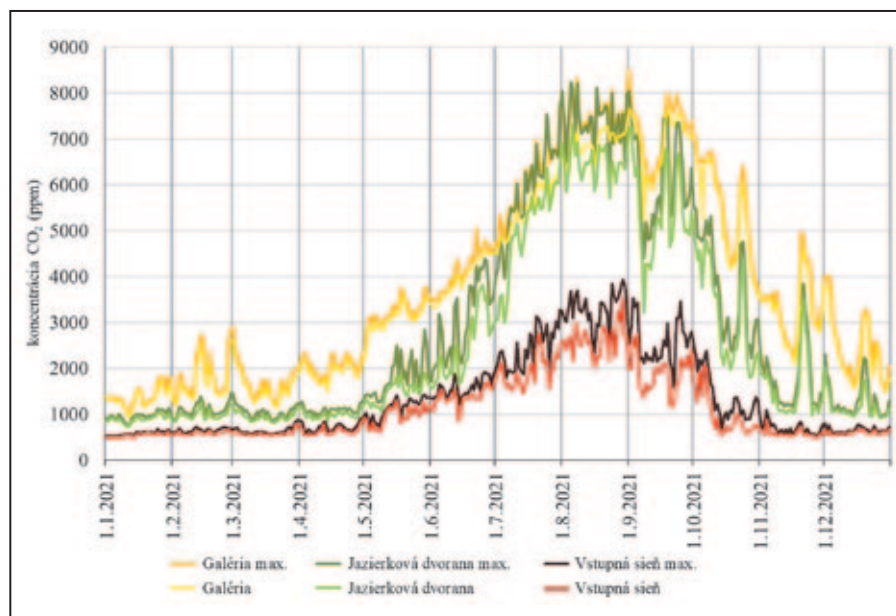
#### ZMENY KONCENTRÁCIE CO<sub>2</sub> VPLYVOM NÁVŠTEVNOSTI

Namerané priemerné denné dáta koncentrácie CO<sub>2</sub> za obdobie rokov 2016 – 2022 na stanovišti *Vstupná sieň* dosahujú najnižšie hodnoty, keďže otváraním dverí dochádza k čiastočnému odvetraniu CO<sub>2</sub>. Koncentrácie CO<sub>2</sub> sa pohybujú v intervale 531 – 2737 ppm s ročným priemerom 1142 ppm. V *Jazierkovej dvorane* dosahujú hodnoty 971 – 6406 ppm s ročným priemerom 2963 ppm. Najvyššie koncentrácie sú v *Galérii* (najmenej vetraná a najvzdialenejšia časť jaskyne), a to 1541 – 6871 ppm s ročným priemerom 3965 ppm. Najvyššie koncentrácie CO<sub>2</sub> zaznamenávame v letných mesiacoch júl, august, prípadne september, čo je spôsobené vysokou návštevnosťou, ale aj stagnáciou vzduchu, keď nedochádza k premiešaniu a vyrovnávaniu teploty vzduchu s vonkajšou teplotou. V zimných mesiacoch, keď je vonkajšia teplota nižšia ako teplota v jaskyni, dochádza k nasávaniu chladného vzduchu do jaskyne a teplejší vzduch vychádza z jaskyne, čím zároveň nastane odvetranie CO<sub>2</sub> z jaskyne. V decembri a januári zaznamenávame výkyvy aj napriek tomu, že jaskyňa je pre verejnosť zatvorená. Tieto výkyvy nie sú spôsobené antropogénnym faktorom, ale príčinu treba hľadať skôr v prírodných faktoroch, ako je difúzia z epikrasu, odplyňovanie kvapkajúcich vôd či vyžarovanie kalcitu z presytených roztokov.

Hodnoty nad 5000 ppm na dvoch stanovištiach pretrvávajú od júna do septembra, resp. októbra. Namerané hodnoty sú dosť kritické ani nie tak pre samých návštevníkov (keďže sa v jaskyni zdržia len približne 45 minút), ale najmä pre pracovníkov, ktorí sa v jaskyni zdržiavajú dlhšie. Pri hodnotách od 2000 do 5000 ppm môže nastať strata koncentrácie, bolesť hlavy a únava, pri hodnotách nad 5000 ppm až nevoľnosť a zvýšená srdcová frekvencia. Podľa bezpečnostného predpisu



Obr. 9. Priemerné denné koncentrácie CO<sub>2</sub> (2016 – 2022) na jednotlivých stanovištiach.  
Fig. 9. Average daily CO<sub>2</sub> concentrations (2016 – 2022) at the individual sites.



Obr. 10. Denné maximá v porovnaní s priemernou dennou koncentráciou CO<sub>2</sub> za rok 2021.  
Fig. 10. Daily maxima compared to the average daily CO<sub>2</sub> concentration for the year 2021.

banského úradu Zákon č. 3000/1975 v znení neskorších predpisov, do ktorého spadajú aj jaskynné priestory, je maximálne povolené množstvo koncentrácie CO<sub>2</sub> 1 %, t. j. 10 000 ppm. Vedúci organizácie vykonávajúcej sprístupňovanie smie na prechodný čas povoliť pre určitý priestor zvýšený obsah koncentrácie oxidu uhličitého, a to až do 1,5 %, avšak musí súčasne zabezpečiť vykonanie opatrení na odstránenie tohto stavu.

Ročné variácie koncentrácie CO<sub>2</sub> sú takisto z veľkej časti ovplyvnené návštevnosťou. Poukazuje na to ročný graf (obr. 10) priemerných denných koncentrácií CO<sub>2</sub> (za rok 2021), keď na dvoch stanovištiach (*Jazierková dvorana* a *Vstupná sieň*) sa hodnoty postupne zvyšujú až od polovice mája 2021, keď bola jaskyňa sprístupnená verejnosti. Po iné roky (klasická prevádzka) (obr. 9) tento nárast zaznamenávame už od marca, resp. apríla podľa počtu návštevníkov. Na stanovišti *Galéria* sú

vyššie hodnoty aj vo februári a marci, čo môže byť spôsobené dlhším pobytom pracovníkov v daných priestoroch a následnou stagnáciou vzduchu.

Rozdiel medzi denným maximom a priemernou dennou koncentráciou CO<sub>2</sub> sa počas roka mení v závislosti od počtu návštevníkov. Pri dennej návštevnosti v priemere okolo 50 osôb vzrastá koncentrácia CO<sub>2</sub> o cca 500 ppm. Pri návštevnosti nad 300 osôb denne maximá vzrastajú oproti priemernej dennej koncentrácii CO<sub>2</sub> o 800 až 2000 ppm podľa meraného stanovišta. Namerané maximum na stanovišti *Galéria* bolo 8525 ppm, v *Jazierkovej dvorane* 8236 ppm a vo *Vstupnej sieni* 3922 ppm.

V tabuľke (tab. 2) uvádzame priemerné mesačné koncentrácie CO<sub>2</sub>, kde sú počas bežnej prevádzky spriemerované mesiace za roky 2016 – 2019 a rok 2022. Počas obmedzenej prevádzky (rok 2020 – 2021)



Tab. 2. Priemerná mesačná koncentrácia CO<sub>2</sub> na jednotlivých stanovištiach. Zelenou farbou sú vyznačené mesiace, počas ktorých bola jaskyňa uzavretá.  
Tab. 2. Average monthly CO<sub>2</sub> concentration at the individual sites. The months during which the cave was closed are marked in green.

Meracie stanovište/ mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
Galéria, bežná prevádzka (2016 – 2019, 2022)	2125	2119	2164	2720	3714	4853	6000	6580	6383	5405	3834	2546	4037
Galéria, obmedzená prevádzka (2020 – 2021)	1323	1676	1587	1949	3238	4225	5725	6855	6498	5577	3295	1436	3615
rozdiel	802	443	577	771	476	628	275	-275	-115	-172	539	1110	422
%	38	21	27	28	13	13	5	-4	-2	-3	14	44	10
Jazierková dvorana, bežná prevádzka (2016 – 2019, 2022)	1373	1437	1525	1701	2642	4075	5444	5750	4869	3771	2700	1629	3076
Jazierková dvorana, obmedzená prevádzka (2020 – 2021)	892	981	945	994	1383	2802	5043	6491	4993	3578	1787	946	2570
rozdiel	481	456	580	707	1259	1273	401	-741	-124	193	913	683	506
%	35	32	38	42	48	31	7	-13	-3	5	34	42	16
Vstupná sieň, bežná prevádzka (2016 – 2019, 2022)	600	595	608	700	1237	1623	1975	1939	1812	1342	879	610	1160
Vstupná sieň, obmedzená prevádzka (2020 – 2021)	544	593	584	619	769	1425	2059	2421	1913	1137	663	521	1104
rozdiel	59	2	24	81	468	198	-84	-482	-101	205	216	89	56
%	10	0	4	12	38	12	-4	-25	-6	15	25	15	5

uvádzame hodnoty v mesiaci, počas ktorého bola jaskyňa uzavretá, aby sme mohli odseparovať vplyv návštevnosti. Meracie stanovište *Vstupná sieň* sa nachádza hneď za vstupnými dverami, takže je podstatne ovplyvnené vonkajšími klimatickými podmienkami a takisto dochádza k čiastočnému odvetrávaniu CO<sub>2</sub>, no aj napriek tomu sú viditeľné rozdiely počas bežnej a obmedzenej prevádzky, aj keď v oveľa menšej miere ako na ostatných dvoch stanovištiach, kde sa koncentrácia CO<sub>2</sub> znížila v priemere o 30 %. V auguste počas bežnej prevádzky sme zaznamenali v priemere 4700 návštevníkov a počas obmedzenej prevádzky 5300 návštevníkov (tab. 3), čo spôsobilo mínusový rozdiel v hodnotách koncentrácie CO<sub>2</sub>.

Na týždennom grafe (obr. 11) koncentrácie CO<sub>2</sub> nie je vidieť maximálnu jednotlivých vstupov ako pri teplote vzduchu, ale postupné zvyšovanie hodnôt počas dňa. Oxid uhličitý sa pri prvom vstupe nahromadí a v dôsledku stagnácie vzduchu (slabého vetrania) sa drží na zvýšených hodnotách. Pri druhom vstupe dôjde k jeho opätovnému zvýšeniu, a takto to pokračuje až do posledného vstupu (posledný vstup je o 16. hodine). Najvyššie hodnoty dosahuje okolo 17. hodiny a až potom jaskyňa začína regenerovať. Počas týždňov s najvyššou návštevnosťou sa koncentrácia CO<sub>2</sub> nestihne vrátiť na stabilné hodnoty, čo znázorňuje klesajúca krivka počas voľného pondelka (20. 7. 2020). Treba podotknúť, že vybraný týždeň (17. 7. – 23. 7. 2020) je v hlavnej sezóne návštevnosti (cca 200 návštevníkov denne), počas ostatných mesiacov v roku (pri nižšej návštevnosti) nastáva úplná regenerácia jaskyne už počas dňa (noci).

## POROVNANIE S VÝSLEDKAMI MONITORINGU Z ROKU 2001

Kontinuálne merania teploty vzduchu vo Važeckej jaskyni realizoval aj Zelinka

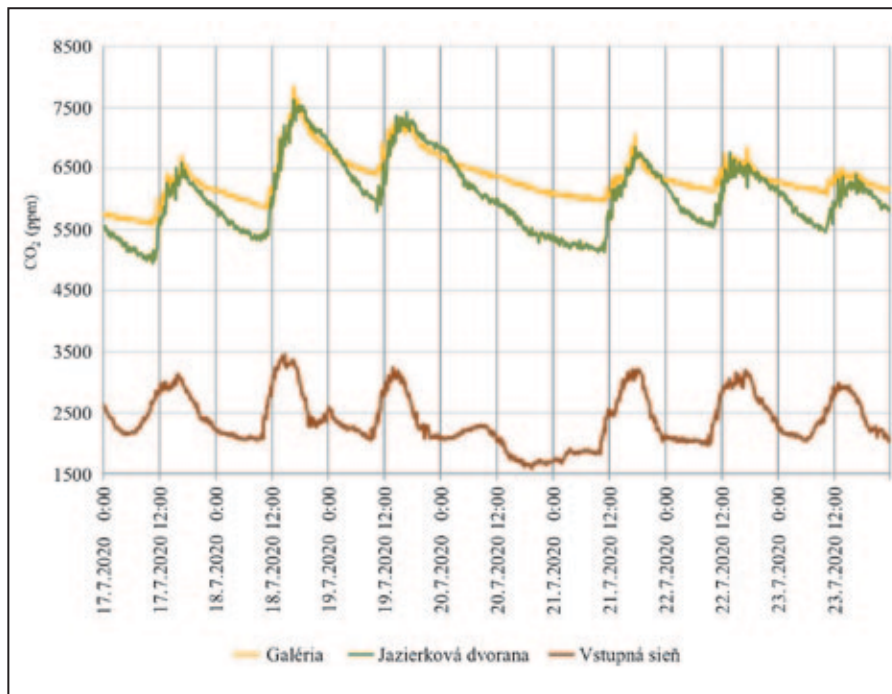
Tab. 3. Mesačná návštevnosť Važeckej jaskyne. Zelenou farbou sú vyznačené mesiace, počas ktorých bola jaskyňa uzavretá.

Tab. 3. Monthly attendance of Važecká Cave. The months during which the cave was closed are marked in green.

Mesiac/rok	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Január	0	0	0	0	0	0	0
Február	781	595	356	620	487	0	158
Marec	707	653	779	517	196	0	343
Apríl	469	815	945	928	0	0	813
Máj	1 443	1 800	1 482	1 728	0	189	1 244
Jún	2 525	2 961	3 082	2 550	575	743	1 879
Júl	5 228	4 414	4 997	4 705	4 393	4 208	4 801
August	4 512	5 127	5 093	4 764	5 355	5 228	4 324
September	1 740	1 804	1 270	1 181	1 108	1 105	1 642
Október	1 143	904	941	1 031	15	380	1 029
November	916	814	598	1 085	0	55	696
December	0	0	0	0	0	0	0
SPOLU	19 464	19 887	19 543	19 109	12 129	11 908	16 929

(2001) v rokoch 1999 a 2000, keď počas jedného roka zaznamenal v *Jazierkovej dvorane* priemerné denné teploty vzduchu od 6,3 do 6,9 °C. Podľa nových výskumov sa namerané hodnoty pohybujú v intervale od 6,8 do 7,8 °C. Tento rozdiel môže byť spôsobený rozdielnou meracou technikou, ako aj uzavretím vstupných dverí. Do úvahy pripadá aj možná klimatická zmena s odstupom 23 rokov, ktorá sa však počas sledovaného obdobia 7 rokov nepotvrdila. Vonkajšia priemerná ročná teplota vzduchu (2016 – 2022) bola 6,5 °C. *Galéria* bolo jedno zo stanovišť s prístupnými doplnkovými meraniami, kde zaznamenal najvyššie priemerné denné teploty vzduchu 6,8 °C. Priemerná denná teplota vzduchu sa podľa súčasného monitoringu na danom stanovišti pohybuje v rozsahu od 7,1 do 7,8 °C.

Zelinka (2001) konštatuje, že i napriek návštevnosti sa v jaskyni zachováva prirodzený priebeh termodynamických zmien a návštevnosť nemá vplyv na chod minimálnych ani priemerných denných teplôt. Všetky teplotné zmeny vyvolané návštevníkmi majú ostro ohraničené trvanie a sú podmienené ich počtom a intervalmi vstupov. Na základe súčasného monitoringu sme dospeli k názoru, že ročný chod teploty vzduchu silne korešponduje s intenzitou návštevnosti. Ročná amplitúda teploty vzduchu v stabilných častiach jaskyne (stanovište *Jazierková dvorana* a *Galéria*) je 0,8 °C a prejavuje sa najmä v júli a auguste (hlavná turistická sezóna). Vplyvom vysokej návštevnosti dochádza k nárastu teploty vzduchu na jednotlivých stanovištiach počas prevádzkovej doby v priemere o 1 °C, čo potvrdzuje súvislosť s amplitúdou.



Obr. 11. 10-minútové koncentrácie CO<sub>2</sub> namerané počas týždňa (17. 7. – 21. 7. 2020) na jednotlivých stanovištiach.

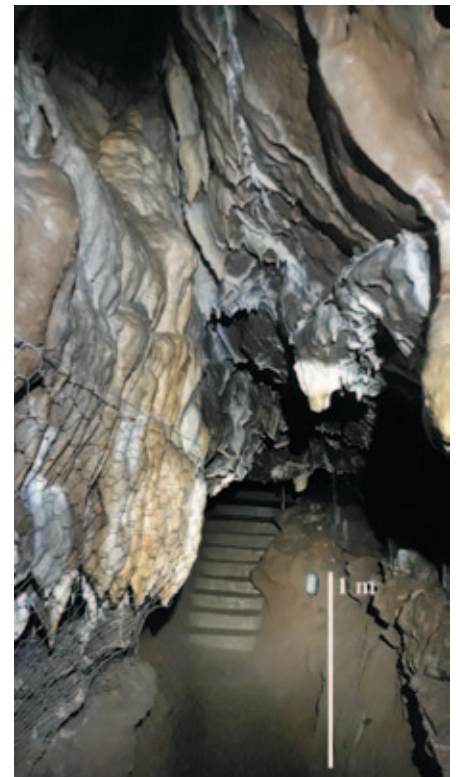
Fig. 11. 10-minute CO<sub>2</sub> concentrations recorded during the week (17 – 21 July, 2020) at the individual sites.

## ZÁVER

Vysoká návštevnosť jaskyne má na základe dlhodobého monitoringu teploty vzduchu a koncentrácie CO<sub>2</sub> dokázateľný vplyv na mikroklimu jaskyne. Uzavreté relatívne nízke a stiesnené jaskynné priestory na prehladkovej trase (obr. 12) akumulujú teplotu počas pobytu návštevníkov, čím dochádza k zmene teplotných pomerov jaskyne, ako aj k zvýšenej koncentrácii CO<sub>2</sub>. Vo Vstupnej sieni sa priemerná denná hodnota pohybuje od 530 do 2700 ppm, v Jazierkovej dvorane od 970 do 6400 ppm a v Galérii 1500 – 6800 ppm. V iných sledovaných jaskyniach v rámci Slovenska, ako napr. v Jasovskej jaskyni, dosahujú hodnoty koncentrácie CO<sub>2</sub> od 520 do

940 ppm. V Ochtinskej aragonitovej jaskyni v Hlbokom dóme od 1000 do 4600 ppm, v Mramorovej sieni od 1500 do 5600 ppm a v Sieni Mliečnej cesty od 2000 do 9700 ppm. V Gombaseckej jaskyni v Mramorovej sieni 1500 – 19 800 ppm a v Rozložníkovej sieni 1300 – 18 700 ppm.

Pre vysokú koncentráciu CO<sub>2</sub> počas mesiacov s vysokou návštevnosťou (júl – september) odporúčame zlepšiť vetranie jaskyne odmontovaním lexanu zo vstupných dverí v obdobiach, keď už nedochádza k premrzaniu materskej horniny. Ak týmto opatrením nenastane zlepšenie podmienok, bude potrebné uvažovať o regulácii počtu návštevníkov (v letnom období) na jeden vstup. Zaujímavé bude sledovať aj zmeny koncentrácie



Obr. 12. Nízke a stiesnené priestory Važeckej jaskyne, Húskova sieň. Foto: L. Pristašová

Fig. 12. Low and narrow spaces of the Važecká cave, Húskova Hall. Photo: L. Pristašová

radónu, ktorý tiež dosahuje vysoké hodnoty – 2780 až 42 200 Bq/m<sup>3</sup> (Smetanová et al., 2020).

Teplota vzduchu vo Važeckej jaskyni sa pri počte návštevníkov cca 50 osôb denne po 1 – 2 hodinách vráti späť do stabilného režimu. Pri vyššom počte návštevníkov (nad 100 osôb denne) je potrebný viac ako 1 deň, aby dosiahla stabilný režim. Pri hodnotách koncentrácie CO<sub>2</sub> táto regenerácia trvá približne 1 až 2 dni. Prevádzkovaním jaskyne dochádza k miernym zmenám mikroklimy, zmeny vyvolané návštevníkmi však majú ostro ohraničené trvanie.

## Literatúra

- BALDINI, J. U. L. – BALDINI, L. M. – McDERMOTT, F. – CLIPSON, N. 2006. Carbon dioxide sources, sinks, and spatial variability in shallow temperate zone caves: Evidence from Ballynamindra Cave, Ireland. *Journal of Cave and Karst Studies*, 68, 1, 4–11.
- BOBRO, M. – HANČULÁK, J. – ZELINKA J. – KUPKA, D. 2002. Výskyt oxidu uhličitého v Ochtinskej aragonitovej jaskyni. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov. SSJ, Liptovský Mikuláš*, 145–52.
- DROPPA, A. 1962a. Važecká jaskyňa a krasové javy v okolí. *Šport, Bratislava*, 96 s.
- DROPPA, A. 1962b. Speleologický výskum Važeckého krasu. *Geografický časopis*, 14, 4, 264–293.
- FAIMON, J. – ZAJÍČEK, P. – BALDÍK, V. 2004. Correlation of soil and cave concentrations of carbon dioxide. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov. SSJ, Liptovský Mikuláš*, 136–137.
- FAIMON, J. – ŠTELCL, J. – SAS, D. 2006. Anthropogenic CO<sub>2</sub>-flux into cave atmosphere and its environmental impact: A case study in the Císařská Cave (Moravian Karst, Czech Republic). *Sci. Total Environ.*, 369, 231–245.
- GREGORIČ, A. – ZIDANŠEK, A. – VALPOTIČ, J. 2013. Reasons for large fluctuation of radon and CO<sub>2</sub> levels in a dead-end passage of a karst cave (Postojna Cave, Slovenia). *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 13, 287–297. DOI: 10.5194/nhess-13-287-2013
- HASHIMOTO, S. – TANAKA, N. – KUME, T. – YOSHIFUJI, N. – Hotta, N. – TANAKA, K. – SUZUKI, M. 2007. Seasonality of vertically partitioned soil CO<sub>2</sub> production in temperate and tropical forests. *Journal of Forest Research*, 12, 209–221. <https://doi.org/10.1007/s10310-007-0009-9>
- Klimatický atlas Slovenska. 2015. I. Teplota vzduchu. M1.1. Priemerná ročná teplota vzduchu, s. 21. II. Atmosférické zrážky. M1.1. Priemerný ročný úhm zrážok, s. 37. Slovenský hydrometeorologický ústav, Bratislava, 2015.
- KOWALCZK, A. J. – FROELICH, P. N. 2010. Cave air ventilation and CO<sub>2</sub> outgassing by radon-222 modelling: how fast do the caves breathe? *Earth Planet. Sci. Lett.*, 2899, 209–219. doi: 10.1016/j.epsl.2009.11.010.
- LAPIN, M. – FAŠKO, P. – MELO, M. – ŠĽASTNÝ, P. – TOMLAIN, J. 2002. Klimatické oblasti. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky, IV. Prvotná krajinná štruktúra, mapa č. 27 (1 : 1 000 000.). Bratislava – Ministerstvo životného prostredia SR, Banská Bystrica – Slovenská agentúra životného prostredia, 95.
- SMETANOVÁ, I. – HOLÝ, K. – LUHOVÁ, L. – CSICSAY, K. – HAVIAROVÁ, D. – KUNÁKOVÁ, L. 2020. Seasonal variation of radon and CO<sub>2</sub> in the Važecká Cave, Slovakia. *Nukleonika*, 65, 2, 153–157. <https://doi.org/10.2478/nuka-2020-0025>
- ZELINKA, J. 2001. Termodynamická charakteristika Važeckej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou (Stará Lesná 2001). SSJ, Liptovský Mikuláš*, 123–131.



# RECENTNÁ FAUNA JASKÝŇ DOLNÁ TÚFNA A HORNÁ TÚFNA (HARMANECKÝ KRAS, VEĽKÁ FATRA)

**Miloš Melega<sup>1</sup> – Michal Rendoš<sup>2</sup> – Zuzana Višňovská<sup>1</sup> – Andrea Parimuchová<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11,  
031 01 Liptovský Mikuláš; milos.melega@ssj.sk; zuzana.visnovska@ssj.sk

<sup>2</sup> Katedra ekológie, Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita v Prešove,  
17. novembra 1, 080 01 Prešov; michal.rendos@unipo.sk

<sup>3</sup> Katedra zoológie, Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach,  
Šrobárova 2, 041 80 Košice; andrea.parimuchova@upjs.sk

**M. Melega, M. Rendoš, Z. Višňovská, A. Parimuchová: Recent fauna of the Dolná Tůfna and Horná Tůfna caves (Harmanecký kras Karst, Veľká Fatra Mts.)**

**Abstract:** The Dolná Tůfna and Horná Tůfna caves are relatively short fluviokarst-corrosion caves, measuring 68 and 85 meters in length, respectively. They are situated in the Tůfna Valley at the end of the Harmanecká Valley in Veľká Fatra Mts. Faunistic research was carried out in period 2018 – 2019 with a primary focus on investigating the subterranean fauna in deeper parts. While the chiropterofauna has been thoroughly studied in the caves in the past, only limited data is available for the invertebrates, and a comprehensive biospeleological survey is still lacking. Our research in the Dolná Tůfna Cave was conducted as part of the 'Cave Rescue and Care Program' implemented in 2016. Subsequently, we initiated research in the nearby Horná Tůfna Cave with the aim of capturing the widest possible spectrum of the local cave fauna. We identified a total of 44 taxa of invertebrates from 19 orders, with 27 identified up to the species level so far. While 34 taxa were found in the Dolná Tůfna Cave, only 23 taxa were recorded in the Horná Tůfna Cave. In the investigated caves, Collembola, and Diptera represented abundant groups of the invertebrates. The highest number of species (species diversity) was recorded in Collembola, a total of 10 species. The subterranean fauna of the investigated caves included 3 troglobionts and 12 eutroglophiles. In the Dolná Tůfna Cave, we noted troglobionts such as *Eukoenuia spelaea* (Palpigradi) and *Megalothorax hipmani* (Collembola), along with a glacial relict of the predatory prostigmatous mite *Poecilophysis spelaea* and the psychrophilic beetle *Bryaxis monstrositibialis* (Coleoptera). In both studied caves, Western Carpathian endemic species were recorded: the troglobiont and tertiary relict *Pseudosinella pactli* (Collembola), the eutroglophilous millipede *Allorhiscosoma sphinx*, and the eutroglophilous isopod *Mesoniscus graniger*. The last species has a wider distribution range extending beyond the Western Carpathians. Regarding the structure of invertebrate fauna, it currently appears to be similar to that of the nearby Harmanecká Cave (Veľká Fatra Mts.). However, it is less diverse, and the stygobiont fauna is absent. On the other hand, certain subterranean species were recorded exclusively in these studied caves, namely the rare *Eukoenuia spelaea* (Palpigradi), the prostigmatous mite *Poecilophysis spelaea* (Acari), and the eutroglophilous isopod *Mesoniscus graniger* (Isopoda), indicating that these caves represent a well-preserved state of terrestrial biocenoses. Concerning the vertebrate fauna, we observed hibernation of the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) in both caves. Additionally, the greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*) and the greater mouse-eared bat (*Myotis myotis*) were found to hibernate in the Horná Tůfna Cave. Due to the presence of troglobionts, rare Western Carpathian endemic species, and the protected vertebrate fauna, especially in the Dolná Tůfna Cave, it stands out as an important subterranean environment in the Veľká Fatra Mts. that warrants attention and adequate protection.

**Keywords:** karst cave, invertebrates, chiropterofauna, troglobiont, endemic species, Western Carpathians, Slovakia

## ÚVOD

Tůfna dolina, bočná vetva Harmaneckej doliny vo Veľkej Fatre, skrýva dve zaujímavé jaskyne: Horná Tůfna a Dolná Tůfna (k. ú. Dolný Harmanec). Jaskyne sú lokalizované v Harmaneckom krase v rámci časti Bralná Fatra, ktorá je súčasťou NP Veľká Fatra.

V minulosti boli Tůfne jaskyne predmetom viacerých archeologických a paleontologických výskumov. Z oboch lokalít sú evidované početné nálezky fosílnych zvyškov jaskynných medveďov (*Ursus* ex. gr. *spelaeus*) a kostí ďalších stavovcov (Liebus, 1933; Gaál et al., 2013; Čeklovský, 2018 a inf.). Revízný speleoarcheologický výskum spomína Bárta (1963, 1984). Prehľad o predchádzajúcich výskumoch ucelene zhrnuli Droppa (1974) a Bárta (1986). Veľmi vzácnym nálezom je opracovaná medvedia epifýza nájdená A. Liebusom, ktorá naznačovala paleolitické osídlenie (Liebus, 1933). Tento fakt neskôr L. Benesz s J. Bártom (1963, 1984) nepotvrdili kvôli absencii štiepaných kamených nástrojov. Obe jaskyne, obzvlášť Dolná Tůfna, sú známe aj množstvom stenových nápisov prevažne z 19. storočia (Lalkovič, 2013),

vrátane stenografických a ikonografických pamiatok (Laučík, 2017; Šimková a Laučík, 2017).

V Tůfnych jaskyniach nebol dosiaľ zrealizovaný komplexný biospeleologický výskum. Droppa (1974) spomína z oboch jaskýň piatdivku jaskynnú (*Triphosa dubitata*) a bližšie neidentifikované chvostokoky (Collembola) na hladine jazierok. V auguste 1999 vykonal v jaskyni Horná Tůfna orientačný prieskum chvostokokov Kováč (nepubl. údaj). Okrem troch bežných druhov takých ako *Ceratophysella granulata*, *Deuteraphorura silvaria* a *Entomobrya muscorum* (H. Nicolet, 1842) tu zaznamenal významného západo-karpatského endemita a troglobionta *Pseudosinella pactli*, lokalizovaného v Zadnej sieni. O rok neskôr v tejto jaskyni našiel Mlejnek (nepubl. údaj) kavernikolného chrobáka *Duvalius microphthalmus tatricus* Jeannel, 1928.

Výskyt netopierov na predmetných lokalitách monitorovalo a zdokumentovalo viacero autorov. Prehľad nálezov do roku 2001 zhrnuli Bobáková a Hapl (2002) a z obdobia rokov 2001 až 2010 Apfelová a Obuch (2012). Z údajov vyplýva, že netopiere, s výnimkou netopiera veľkého (*Myotis myotis*), v jaskyni

Dolná Tůfna zimujú len nepravidelne a málopočetne (celkovo spravidla do 15 ex.). Napriek tomu tu v priebehu rokov pozorovali zaujímavé spektrum hibernujúcich druhov (9): podkovára malého – *Rhinolophus hipposideros*, podkovára veľkého – *R. ferrumequinum*, netopiera veľkého – *Myotis myotis*, netopiera fúzatého – *M. mystacinus* (Kuhl, 1817), netopiera pobrežného – *M. dasycneme* (Boie, 1925), netopiera vodného – *M. daubentonii* (Kuhl, 1817), večernicu malú – *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774), večernicu severskú – *Eptesicus nilssonii* (Keyserling et Blasius, 1839) a večernicu pozdnú – *E. serotinus* (Schreber, 1774). Významnejším zimoviskom je jaskyňa Horná Tůfna (najvyššie maximá okolo 15 až 35 ex.). Potvrdilo sa tu celkovo 9 druhov: okrem pravidelných hibernantov *Myotis myotis*, *R. hipposideros*, *R. ferrumequinum* a *M. mystacinus/brandtii* aj občasný výskyt večernice severskej – *Eptesicus nilssonii*, uchane čiernej – *Barbastella barbastellus* (Schreber, 1774), ucháča svetlého – *Plecotus auritus* (Linnaeus, 1758), netopiera pobrežného – *Myotis dasycneme* a netopiera britvého – *Myotis emarginatus* (Geoffroy, 1806).



Obr. 1. Vstupný portál jaskyne Dolná Túfna. Foto: M. Melega  
Fig. 1. Entrance portal of the Dolná Túfna Cave. Photo: M. Melega

Na základe schváleného Programu záchrany – jaskyňa Dolná Túfna z roku 2016 sme v menovanej jaskyni zrealizovali biospeleologický prieskum v rokoch 2018 a 2019. Prieskum sme následne rozšírili aj o neďalekú jaskyňu Horná Túfna, v snahe komplexnejšie podchytiť miestne pomery z hľadiska výskytu jaskynnej fauny. Zamerali sme sa prioritne na zloženie spoločenstiev invertebrátnej fauny v hlbších, vnútorných častiach oboch jaskýň, zároveň sme orientačne sledovali prípadný výskyt stavovcov. Predbežné výsledky prieskumu prezentovali Melega et al., 2021. V tomto príspevku poskytujeme ucelený súhrn našich výsledkov a prehľad doterajších poznatkov o recentnej faune Túfnych jaskýň.

## CHARAKTERISTIKA LOKALÍT

Geneticky ide o fluviokrasovo-korózne jaskyne vytvorené v tmavosivých gutensteinských vápencoch. Vznik jaskýň predisponovali tektonické poruchy a vrstvom plochy vápencov. Vniknutím povrchových vôd sa jaskynné priestory vytvárali korozívne a k zväčšeniu vstupných portálov prispelo rútenie s odrobovaním na vrstvom plochách vplyvom klimatických zmien v pleistocéne (Droppa, 1974).

Jaskyňa Dolná Túfna dosahuje dĺžku 68 m, jej vchod v nadmorskej výške 935 m (Bella et al., 2018) má východnú expozíciu. Tvorí ju jedna chodba tiahnuca sa pozdĺž vrstvom ploch od ZJZ smerom na VSV. Vstupný portál (obr. 1) má rozmery 6 × 5 m a jaskynné chodby sú široké 5 – 7 m, miestami 12 m. Dno jaskyne od vchodu mierne stúpa. Je bohato vyzdobená kvapľovými útvarmi všetkých druhov. Zaujímavé sú najmä malé kaskádovité jazierka zoradené stupňovito nad sebou v zadnej časti jaskyne. Niektoré z nich vplyvom nedostatku priesakovej vody vyschli. Jaskynná výplň okrem sutiny pozostáva z vrstvy žltohnedej hliny s drobnou slabo zaoblenou vápencovou sutinou do 60 cm, nasleduje sivá hlinená vrstva s veľmi drobným slabo zaobleným vápencovým štrkom s úlomkami kostí stavovcov do hĺbky 1 m (Droppa, 1974).

O niečo dlhšia (85 m) a vyššie situovaná (975 m n. m.) je jaskyňa Horná Túfna. Od Dolnej Túfnej je vzdialená 0,5 km smerom na SV.

Jaskyňa pozostáva zo Vstupnej chodby, Predného dómu, Spojovacej chodby a Zadnej siene (sensu Droppa, 1974). Jaskynný vchod (obr. 2) je oblúkovitého tvaru s rozmermi 8 × 14 m s južnou expozíciou. Vodné biotopy jaskyne tvorí iba niekoľko drobných sintrových jazierok situovaných v časti Predný dóm. Spojovacia chodba so zaobleným stropom je dôkazom riečnej erózie. Zadnú sieň tvoria odrobené vápencové balvany a sutina premiešaná s úlomkami zvyškov kostí pleistocénnych zvierat (Droppa, 1974).

Jaskynnú teplotu, vlhkosť a vzdušné prievany zaznamenal v Túfnych jaskyniach len Droppa (1974). Mikroklimu v zadných, koncových priestoroch jaskýň hodnotí ako statickú. Relatívne ustálené hodnoty teploty vzduchu nameral v Zadnej sieni Hornej Túfnej (okolo 6,1 °C) a v koncovej chodbe Dolnej Túfnej pri meračských bodoch 6 a 7 (v rozmedzí 6,5 – 6,8 °C). V oboch jaskyniach dosahuje relatívna vlhkosť vzduchu v týchto priestoroch nad 98 %. Jaskynné priestory v blízkosti vchodov sú výrazne ovplyvňované vonkajšími klimatickými pomermi.

## ZBER MATERIÁLU

Faunistický výskum bol v oboch jaskyniach realizovaný v dňoch 27. 3., 7. 8. a 26. 9. 2019. Jaskyňu Dolná Túfna sme navštívili ešte 25. 10. 2018. Názvy jaskynných priestorov sme použili podľa Droppu (1974). Časti priestorov bez oficiálneho názvu sme si orientačne pomenovali podľa jeho meračských bodov na mape (skratka m. b.). Na zachytenie fauny bezstavovcov sme použili štandardné metódy výskumu:

a) odchyt do zemných pascí a exponovanie návnad (obr. 3) – obe jaskyne zahŕňali 3 odchytové stanovištia (tzv. biospeleologické stacionáre, skratka „stac.“);



Obr. 2. Vstupný portál jaskyne Horná Túfna. Foto: Z. Višňovská  
Fig. 2. Entrance portal of the Horná Túfna Cave. Photo: Z. Višňovská

- b) odber vzoriek prostredníctvom planktónnej sieťky – vzorky na hydrobiologický rozbor sme odoberali z vodného stĺpca a hladiny prítomných jazierok filtrovaním vody cez planktónnu sieťku so zbernou fľaštičkou (veľkosť ôk siete 120 µm);
- c) odber vzoriek pôvodného organického materiálu (tlejúce drevo) a následná extrakcia v modifikovanom vysokogradientnom fotoelektrode typu Tullgren;
- d) priamy zber jedincov pozdĺž jaskyne z rôznych mikrohabitatov (jaskynné steny, povrch sedimentov, hladina jazierok, povrch organického materiálu) použitím entomologickej pinzety alebo jemného štetca;
- e) vizuálne pozorovanie – niektoré väčšie druhy ulitníkov, pavúkovcov a hmyzu sme výlučne pozorovali a pokiaľ možno bližšie identifikovali priamo na mieste („in situ“) alebo neskôr prostredníctvom vyhotovenej fotodokumentácie.



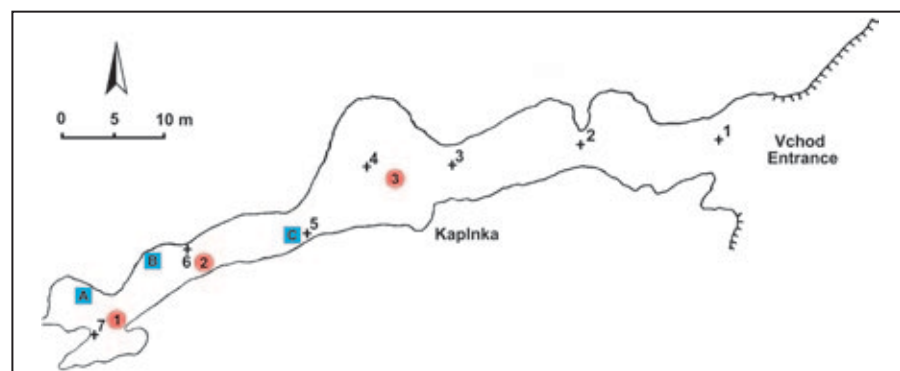
Obr. 3. Inštalácia zemných pascí v jaskyni Dolná Túfna. Foto: M. Melega  
Fig. 3. Installation of soil traps in the Dolná Túfna Cave. Photo: M. Melega



Tab. 1. Teplota vzduchu v jaskyniach Dolná Túfna a Horná Túfna počas meraní v roku 2019.

Tab. 1. Air temperature recorded in the Dolná Túfna and Horná Túfna caves during measurements in 2019.

Meraná veličina / Measurand		Vzdialenosť od vchodu / Distance from entrance [m]	Teplota vzduchu / Air temperature [°C]		
Miesto / Site	Dátum / Date		27. 3. 2019	7. 8. 2019	26. 9. 2019
<b>Dolná Túfna</b>					
vonku pred vchodom (medzi 11. – 16. hod.)		-	2,2	18,3 (po búrke)	12,4
vstupná chodba, za m. b. 2		16	3,2	9,8	9,0
Kaplnka, pri m. b. 4 (stac. 3)		34	7,3	8,6	8,6
pri m. b. 6 (stac. 2)		42	7,5	7,9	7,9
koniec jaskyne, pri m. b. 7 (stac. 1)		66	7,2	7,5	7,7
<b>Horná Túfna</b>					
vonku pred vchodom (medzi 11. – 16. hod.)		-	2,2	22,6 (pred búrku)	11,7
Vstupná chodba		14	4,8	12,3	10,6
Predný dóm (stac. 3)		38	7,7	10,4	10,2
Predný dóm (stac. 2)		43	7,7	9,5	9,8
Zadná sieň (stac. 1)		64	7,2	7,4	7,6



Obr. 4. Pôdorys jaskyne Dolná Túfna s označením polohy biospeleologických stacionárov – terestrických (stac. 1 – 3) a akvatických (stac. A – C). Mapový podklad: Droppa (1974)

Fig. 4. Ground plan of the Dolná Túfna Cave, indicating the positions of terrestrial (stat. no. 1 – 3) and aquatic (stat. A – C) stands. Map designed by Droppa (1974)

Výskyt netopierov a iných skupín stavovcov sme v jaskyni Dolná Túfna monitorovali 25. 10. 2018 a 27. 3., 7. 8. a 26. 9. 2019. V Hornéj Túfnej sme ich monitorovali v termínoch 27. 3., 7. 8. a 26. 9. 2019. Použili sme metódu vizuálneho pozorovania s použitím výkonného čelového a ručného LED svetidla.

Na meranie teploty vzduchu a vody sme použili teplomer Checktemp (Hanna Instruments, presnosť merania  $\pm 0,2$  °C). Teplotu vzduchu sme merali pozdĺž celej dĺžky jaskýň vrátane biostacionárnych stanovišť (tab. 1)

a teplotu vody na prítomných vodných mikrohabitatoch (tab. 2).

#### DOLNÁ TÚFNA

Vyčlenili sme tieto terestrické odchytové stanovišťa (obr. 4):

1. Koniec jaskyne, pri m. b. 7 (stac. 1) – koncová časť jaskyne pri meračskom bode 7, afotická zóna, vzdialenosť od vchodu 66 m, hlinitý sediment s nevýrazným zastúpením organického materiálu (staré tlejúce drevo);

2. Pri m. b. 6 (stac. 2) – časť jaskyne pri meračskom bode 6, vzdialenosť od vchodu 42 m, hlinitý sediment s vápencovou sutinou a s minimom organického materiálu;

3. Pri m. b. 4 (Kaplnka) (stac. 3) – časť jaskyne vedľa Kaplnky pri meračskom bode 4, rozhranie dysfotickéj a afotickéj zóny, vzdialenosť od vchodu 34 m, hlinitý sediment s vápencovou sutinou s nevýrazným zastúpením organického materiálu (najmä drevo a roztrúsené guáno).

Na každom stanovišti boli v období od 25. 10. 2018 do 27. 3. 2019 uložené návnady (kúsok chleba) a zemné pasce: 2 jogurtové téglíky (150 ml, Ø 7 cm, fixáž: 96 % jemný etylalkohol) a 2 polyetylénové fľašky (100 ml, Ø 2,5 cm, fixáž: 6 % formaldehyd). Z koncovej siene jaskyne bola odobratá vzorka tlejúceho dreva na následnú extrakciu bezstavovcov v laboratórnych podmienkach. Jednorazovo sa vykonal priamy zber jedincov bezstavovcov z hladiny sintrových jazierok a zo sedimentu i dreva (najmä v časti jaskyne pri stac. 3) pozdĺž celej dĺžky jaskyne.

Detailnejší výskum na zistenie prítomnosti akvatickej fauny prebehol v dňoch 27. 3. 2019 a 7. 8. 2019 na nasledujúcich stanovištiach (obr. 4):

- A. Koniec jaskyne, pri m. b. 7 (stac. A) – koncová časť jaskyne pri meračskom bode 7, plytké jazierko s veľkosťou približne 150 × 60 cm a hlbšie sintrové jazierko s veľkosťou približne 160 × 40 × 20 cm na skalnom podklade s tenkou vrstvou jemného sedimentu;
- B. Medzi m. b. 6 a 7 (stac. B) – časť jaskyne medzi meračskými bodmi 6 a 7, tri relatívne vysoké hrádzové sintrové jazierka s veľkosťou približne do 150 × 50 × 30 cm na skalnom podklade s tenkou vrstvou jemného sedimentu (obr. 5);
- C. Pri m. b. 5 (stac. C) – časť jaskyne pri meračskom bode 5, plytké podlhovasté jazierka s rozmermi približne 100 × 30 cm na skalnom podklade s tenkou vrstvou jemného sedimentu.

#### HORNÁ TÚFNA

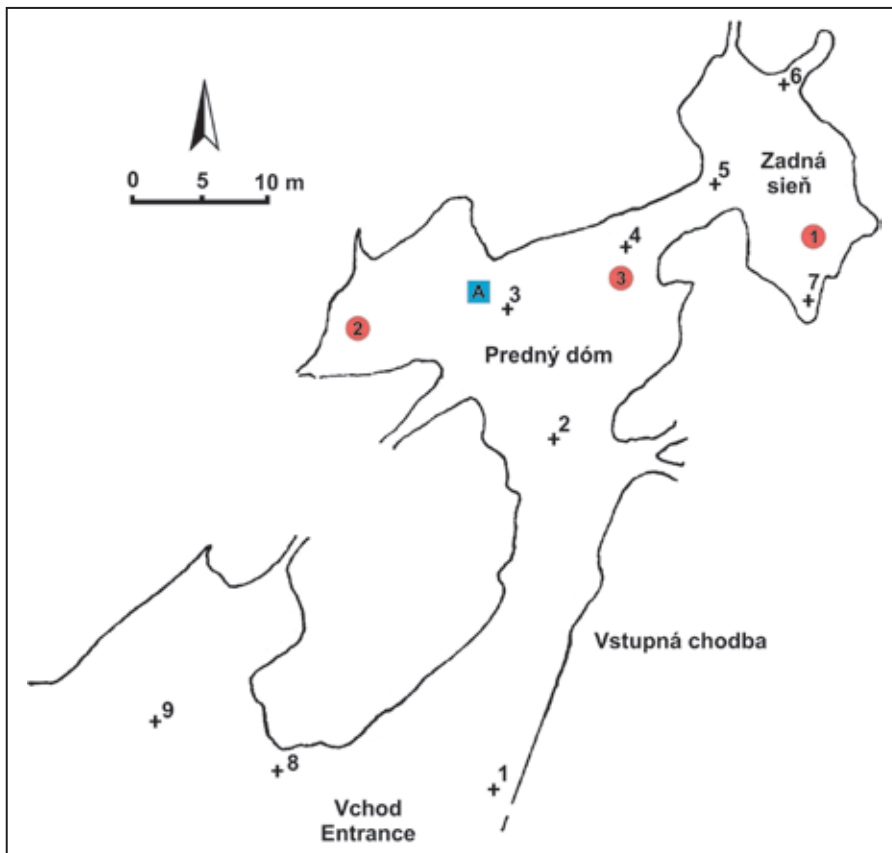
Na každom stanovišti boli v období od 27. 3. do 7. 8. 2019 uložené návnady (smrekové hoblíny) a zemné pasce. Vyseletovali sme tieto odchytové stanovišťa (obr. 6):

Obr. 5. Sintrové jazierko v jaskyni Dolná Túfna. Foto: M. Melega  
Fig. 5. Sinter lake in the Dolná Túfna Cave. Photo: M. Melega

Tab. 2. Teplota vody v jaskyniach Dolná Túfna a Horná Túfna počas meraní v roku 2019.

Tab. 2. Water temperature recorded in the Dolná Túfna and Horná Túfna caves during measurements in 2019.

Meraná veličina / Measurand		Teplota vody / Water temperature [°C]		
Miesto / Site	Dátum / Date	27. 3. 2019	7. 8. 2019	26. 9. 2019
<b>Dolná Túfna</b>				
koniec jaskyne (stac. A)		7,1	7,3	7,2
medzi m. b. 6 a 7 (stac. B)		7,2	7,5	7,2
pri m. b. 5 (stac. C)		7,2	-	8,7
<b>Horná Túfna</b>				
Predný dóm (stac. A)		7,6	10,2	10,0



Obr. 6. Pôdorys jaskyne Horná Túfna s označením polohy biospeleologických stanovišť – terestrických (stac. 1 – 3) a jedného akvatického (stac. A). Mapový podklad: Droppa (1974)

Fig. 6. Ground plan of the Horná Túfna Cave, indicating the positions of terrestrial (stat. no. 1 – 3) and aquatic (stat. A) stands. Designed by Droppa (1974)

1. Zadná sieň (stac. 1) – koncová časť jaskyne pri meračskom bode 7, afotická zóna, približne 64 m od vchodu, hlinitý sediment s vápencovou sutinou, miestami zvyšky starého tlejúceho dreva;
2. Predný dóm (stac. 2) – pri staršej archeologickej sonde za meračským bodom 3, približne 43 m od vchodu, rozhranie dysfotickej a afotickej zóny, hlinitý sediment s vápencovou sutinou, v okolí menšie kôpky opadaného lístia a väčšie kusy starého dreva;
3. Predný dóm (stac. 3) – pri meračskom bode 4 vedľa Spojovacej chodby smerujúcej do Zadnej siene, rozhranie dysfotickej a afotickej zóny, približne 38 m od vchodu, hlinitý sediment s vápencovou sutinou.

V jaskyni sme na každom stanovišti umiestnili 2 polyetylénové fľašky (100 ml, Ø 2,5 cm, fixáž: 6 % formaldehyd). Z Predného dómu jaskyne bola odobratá vzorka dreva v rozklade na extrakciu článkonožcov v laboratóriu. Okrem toho sa jednorazovo vykonala priama zber jedincov bezstavovcov z hladiny sintrových jazierok v Prednom dome, ďalej zo sedimentu i dreva pozdĺž celej dĺžky jaskyne.

Detailnejší výskum na zistenie prítomnosti akvatickej fauny prebehol v dňoch 27. 3. 2019 a 7. 8. 2019. Vyčlenili sme jedno stanovište (obr. 6):

A. Predný dóm (stac. A) – niekoľko plytkých jazierok, občasne vysychajúcich, s maximálnou veľkosťou 20 × 25 cm na skalnom podklade s tenkou vrstvou jemného sedimentu.

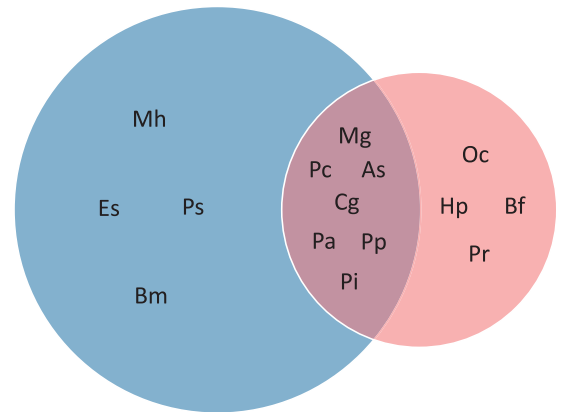
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### FAUNA BEZSTAVOVCOV (EVERTEBRATA)

V období nášho výskumu sme v oboch študovaných jaskyniach zaznamenali celkovo 633 jedincov bezstavovcov patriacich k 44 taxónom z 19 radov, z ktorých 27 bolo dosiaľ identifikovaných až do druhej úrovne (tab. 3). V prítomných spoločenstvách, faunu s bližším vzťahom k subterránemu prostrediu reprezentovali 3 druhy troglobiontov a 12 eutroglofilov (obr. 7). V jaskyni Dolná Túfna sme zaznamenali 209 jedincov 34 taxónov bezstavovcov zo 17 radov. Z hľadiska počtu taxónov sme v Hornej Túfnej zistili chudobnejšie spoločenstvo bezstavovcov (23 taxónov z 12 radov) s absenciou roztočov (Acari), nižším zastúpením dvojkrídlivcov (Diptera) a niektorých subterránnych druhov. Dvojnásobne vyšší počet jedincov (424 ex.) tu bol zaznamenaný najmä vďaka početnému zastúpeniu eutroglofilného druhu chvostokoka *Ceratophysella granulata* a komárov z čeľade Trichoceridae. Fauna sa sústreďovala najmä na miestach s prítomnosťou organickej hmoty (zvyšky starého dreva, roztrúsené exkrementy netopierov,

opadané lístie) a vodných plôch v podobe menších sintrových jazierok a mláčok vytvorených v depresiách jaskynných výplní.

Z hľadiska účinnosti použitých metód odchyty v jaskyni Dolná Túfna sme metódou zemných pascí získali polovicu (50,2 %) odchytenej terestrickej fauny, v jaskyni Horná Túfna to bola prevažná väčšina (95 %). Výlučne touto metódou sme zaznamenali troglobionta *Pseudosinella pactli* (Collembola). Metódou priameho ručného zberu v jaskyni Dolná Túfna sa nám podarilo získať 28 % odchytenej fauny. Výlučne touto metódou sme tu odchytili viacero zaujímavých druhov: mnohonôžku *Allorhiscosoma sphinx* (Diplopoda), rovnakonôžku *Mesoniscus graniger* (Isopoda) alebo chrobáka *Bryaxis monstretibialis* (Coleoptera), pričom prvé dva spomenuté druhy sme v jaskyni našli na jedinom stanovišti, pri meračskom bode 4 (Kaplnka). Filtráciou vody cez planktónnu sieťku sme v jaskynných jazierkach a mláčkach nezaznamenali žiadnu obligátnu akvatickú faunu. Všetky tu zaznamenané taxóny sú predstaviteľmi primárne terestrickej fauny, ktoré sa na vodnej hladine vyskytujú buď aktívne, predovšetkým s cieľom získavania potravy (Acari, Collembola, Palpigradi), alebo tu boli náhodne splavené z okolitých terestrických mikrohabitatov (napr. adultné Coleoptera, Diptera). Extrakciou organického materiálu z koncových častí jaskýň (staré kúsy dreva) sme získali iba adultného jedinca dvojkrídlivca z čeľade Sciaridae v jaskyni Dolná Túfna.



Obr. 7. Porovnanie druhovej/taxonomickej diverzity nájdenej subterránnej fauny (vyjadrené písmenami) a celkového počtu nami zaznamenaných taxónov (veľkosť kruhu) v rokoch 2018 – 2019 v jaskyni Dolná Túfna (modrá farba) a Horná Túfna (červená farba) na základe Vennovho diagramu. Skratky druhov: Es – *Eukoenia spelaea*; Mh – *Megalothorax hipmani*; Ps – *Poecilophysis spelaea*; Oc – *Oncopodura crassicornis*; Mg – *Mesoniscus graniger*; As – *Allorhiscosoma sphinx*; Cg – *Ceratophysella granulata*; Pa – *Protaphorura armata*; Pi – *Pseudosinella pactli*; Pp – *Pygmarhpalites pygmaeus*; Pc – *Plutomurus carpaticus*; Hp – *Hymenaphorura pseudosibirica*; Bf – *Bryaxis frivaldszkyi slovenicus*; Bm – *Bryaxis monstretibialis*; Pr – *Porrhomma rosenhaueri*

Fig. 7. Comparison of the species/taxonomic diversity of the subterranean fauna (expressed in letters) and the total number of taxa recorded in this research (circle size) in the Dolná Túfna Cave (blue color) and the Horná Túfna Cave (red color) during period 2018 – 2019 using the Venn Diagram. Species abbreviations: Es – *Eukoenia spelaea*; Mh – *Megalothorax hipmani*; Ps – *Poecilophysis spelaea*; Oc – *Oncopodura crassicornis*; Mg – *Mesoniscus graniger*; As – *Allorhiscosoma sphinx*; Cg – *Ceratophysella granulata*; Pa – *Protaphorura armata*; Pi – *Pseudosinella pactli*; Pp – *Pygmarhpalites pygmaeus*; Pc – *Plutomurus carpaticus*; Hp – *Hymenaphorura pseudosibirica*; Bf – *Bryaxis frivaldszkyi slovenicus*; Bm – *Bryaxis monstretibialis*, Pr – *Porrhomma rosenhaueri*





V spoločenstvách fauny bezstavovcov oboch Túfnych jaskýň kvantitatívne (počet jedincov), ale i kvalitatívne (taxonomická diverzita) prevládajú zástupcovia chvostoskokov (Collembola) a dvojkrídlovcov (Diptera). Druhovo najpestrejšiu skupinu tvoria chvostoskoky (10 druhov), pričom z jaskyne Dolná Túfna bolo identifikovaných 7 druhov a z Hornej Túfnej 9 druhov. Terestrické kavernikolné rovnakonôžky (Isopoda) skupiny Oniscida a v jaskyniach zastupoval druh *Mesoniscus graniger* (obr. 8). Táto slepá rovnakonôžka má nesúvislý areál rozšírenia obmedzený na Karpaty a západnú oblasť Dinárskych pohorí. U nás je známy z lokalít stredného a východného Slovenska, pričom obýva rôzne subteránne habitaty (Mlejnek a Ducháč, 2001, 2003). Spomedzi viacnôžok (Myriapoda) sme zistili v jaskyniach mnohonôžku *Allorhiscosoma sphinx* (obr. 9), zástupcu čeľade Attemsiidae. Obýva ekotón podzemie/povrch, t. j. hlbšie časti jaskýň, kamenné sutiny a iné podpovrchové subteránne habitaty (Kováč et al., 2014). V koncových častiach Túfnych jaskýň sme zachytili prítomnosť 5 druhov chrobákov (Coleoptera). Bližší vzťah k jaskynnému prostrediu majú dva druhy z čeľade Pselaphidae, prvým je *Bryaxis monstrosetibialis* z Dolnej Túfnej, ktorý je považovaný za endemita Západných Karpát s výskytom prevažne v chladnejších vyšších polohách. Druhým je *Bryaxis frivaldszkyi slovenicus* z Hornej Túfnej, ktorého výskyt je doložený aj z niektorých jaskýň Čiernej hory (Mock et al., 2009), Galmusu (Melega et al., 2022), Revúckej vrchoviny a niektorých častí stredného Slovenska (Franz a Mlejnek, 2000) či zo Zbrašovských aragonitových jaskýň v Česku (Mlejnek et al., 2015). Ďalším druhom z jaskyne Horná Túfna bol *Catops nigrita*, pričom viaceré druhy rodu *Catops* majú časté zastúpenie v jaskyniach s väzbou na trus netopierov a iných cicavcov (Kováč et al., 2014). Z minulosti je z tejto jaskyne známy kavernikolný druh *Duvalius microphthalmus taticus*, ktorého zbieral Mlejnek v roku 2000 (nepubl. údaj). Nám sa jeho prítomnosť v jaskyni nepodarilo zistiť. *D. microphthalmus taticus* žije primárne terestricky a endogeicky. Zo všetkých druhov rodu má najväčší areál, ktorý zahŕňa pohoria Pohronský Inovec, Tribeč, Vtáčnik, Javorie, Kremnické vrchy, Poľana, Malá Fatra, Veľká Fatra, Nízke Tatry, Muránska planina, Revúcka vrchovina, Stolické vrchy a Volovské vrchy (Kováč et al., 2014). Spomedzi chvostoskokov v Túfnych jaskyniach k najvýznamnejším patria troglobionty *Pseudosinella pactli* a *Megalothorax hipmani*. Druh *P. pactli* (obr. 10) je považovaný za treťohorný relikť a západokarpatského endemita, t. j. s rozšírením v jaskyniach centrálnych krasových regiónov Západných Karpát (Pactl, 1972; Kováč et al., 1999, 2016; Kováč, 2000). Nálezy jedincov *M. hipmani* pochádzajú z hladiny jazierok v zadnom úseku jaskyne Dolná Túfna (stac. B). Druh je dosiaľ známy z jaskýň centrálnych krasových regiónov Západných Karpát (Papáč a Kováč, 2013). Jaskyňa Dolná Túfna je len druhou známou lokalitou jeho výskytu vo Veľkej Fatre. Eutroglofilný chvostoskok *Pygmarrhopalites pygmaeus* je charakteristickým druhom Túfnych jaskýň, vyskytujúcim sa na všetkých skúmaných sta-



Obr. 8. Rovnakonôžka *Mesoniscus graniger* (Isopoda). Foto: J. Stankovič  
Fig. 8. *Mesoniscus graniger* (Isopoda). Photo: J. Stankovič



Obr. 9. Mnohonôžka *Allorhiscosoma sphinx* (Diplopoda). Foto: L. Kováč  
Fig. 9. *Allorhiscosoma sphinx* (Diplopoda). Photo: L. Kováč



Obr. 10. Chvostoskok *Pseudosinella pactli* (Collembola). Foto: L. Kováč a P. Luptáčik  
Fig. 10. *Pseudosinella pactli* (Collembola). Photo: L. Kováč and P. Luptáčik



Obr. 11. Štúrovka *Eukoenenia spelaea* (Palpiigradi). Foto: L. Kováč a P. Luptáčik  
Fig. 11. *Eukoenenia spelaea* (Palpiigradi). Photo: L. Kováč and P. Luptáčik

novištách. Podobný charakter výskytu badáme aj u populácií eutroglofila *Ceratophysella granulata* a subtroglofila *Deuteraphorura silvaria*. Frekventovaný je takisto výskyt eutroglofila *Protaphorura armata*. Eutroglofilné a psychofilné druhy *Hymenaphorura pseudosibirica* a *Plutomurus carpaticus* sú karpatskými endemiti (Marcin, Raschmanová a Kováč, nepubl. údaj; Barjadze et al., 2022). Nálezy ostatných druhov chvostoskokov (*Mesaphorura tenuisensillata*, *Oncopodura crassicornis*) sú sporadické. Výskyt všetkých týchto druhov je známy z mnohých jaskýň Západných Karpát (Kováč, 2000; Kováč et al., 2014; Barjadze et al., 2022 a in.). V jaskyni Horná Túfna realizoval v roku 1999 krátky prieskum Kováč (nepubl. údaj), ktorý determinoval 4 druhy chvostoskokov. Zo Zadnej siene okrem troglobionta *Pseudosinella pactli* uvádza nálezy druhu *Entomobrya muscorum*, ktorého sme počas nášho výskumu nezistili. V Prednom dome zaznamenal druhy *Ceratophysella granulata* a *Deuteraphorura silvaria*, ktoré sme potvrdili aj my. Spomedzi pavúkovcov (Arachnida) je v Túfnych jaskyniach najvýznamnejším zisteným druhom väzčná štúrovka *Eukoenenia spelaea* (obr. 11). Výskyt štúroviek je podľa našich zistení limitovaný iba na priestory jaskyne Dolná Túfna, pričom všetky nálezy pochádzajú z povrchu hladiny jazierok v strednej a zadnej časti jaskyne. Štúrovky (Palpiigradi) predstavujú starobylú skupinu drobných (dĺžka tela max. 2,5 mm) bielech slepých pavúkovcov. Ich výskyt je viazaný najmä na vlhké pôdy tropických a subtropických oblastí (Hammen van der, 1982; Kováč et al., 2004). V miernom klimatickom pásme sa vyskytujú výlučne v jaskyniach, pričom jaskyne severnej časti Západných Karpát predstavujú lokality na severnom okraji ich areálu rozšírenia (Kováč et al., 2002). Štúriky (Pseudoscorpiones) reprezentoval jedinec z rodu *Neobisium*. Našiel sa v Prednom dome jaskyne Horná Túfna. Ide pravdepodobne o druh z komplexu *Neobisium carcinoides* (Hermann, 1804), ale na zistenie jeho presnej identity sú nutné molekulárne analýzy. Roztoče (Acari) boli prekvapivo nachádzané iba v jaskyni Dolná Túfna. Pancierniky (Oribatida) sme tu zaznamenali na stenách vstupného portálu aj v hlbších častiach, kde sme na hladine vodných plôch odchytili jedince čeľadi Chamobatidae (stac. B) a Damaeidae (stac. A). Klieštikovce (Mesostigmata) sme našli na povrchu sedimentu vo vstupnom portáli a v koncovej časti jaskyne (stac. 1). Najzaujímavejšia spomedzi roztočov je skupina Prostigmata, ktorú zastupoval glaciálny relikť *Poecilophysys spelaea* (čeľ. Rhagidiidae), jeden z najčastejšie sa vyskytujúcich chladnomilných druhov tejto čeľade v jaskyniach Európy (Kováč et al., 2014). Druhým bol bežný dravý druh našich lúk, pasienkov a lesov z čeľade Bdellidae, *Bdellodes (Hoploscirus) meridionalis*. Do jaskyne sa zrejme dostal pasívne, splavením počas dažďov alebo na obuvi či odevu návštevníkov. Z pavúkov (Araneae) sme vo vnútorných priestoroch jaskýň zaznamenali iba druh *Porrhomma rosenhaueri*, a to v Zadnej sieni jaskyne Horná Túfna (stac. 1). Vyznačuje sa zmenšenými očami a bledým sfarbením tela. Javí sa ako hlavný kavernikolný druh chladných horských jaskýň, pričom areál rozšírenia



tohto druhu sa rozprestiera na veľkej časti Európy (Růžička, 2018). Populácia mety temnostnej (*Meta menardi*) je vo vchodových častiach Túfných jaskýň prítomná celoročne. Tento troglifilný druh z čeľade Tetragnathidae sa hojne vyskytuje na stenách vo vstupných priestoroch mnohých jaskýň naprieč európskym kontinentom (Lunghi et al., 2014). Spomínaný pavúk spolu s koscami (Opiliones), dvojkrídlivcami (Diptera), motýľmi (Lepidoptera) a ulitníkmi (Gastropoda) tvorili významnú zložku parietálnej (stenovej) fauny. Bežné v jaskynných vchodoch sú mora pivničná (*Scoliopteryx libatrix*) a najmä piadivka jaskynná (*Triphosa dubitata*), pričom druhý menovaný druh sme relatívne početne pozorovali pozdĺž celej dĺžky oboch jaskýň. V letnom období sme v jaskyni Horná Túfna pozorovali prítomnosť babôčky pávookej (*Inachis io*). Dvojkrídlivce sa pomerne hojne vyskytovali pozdĺž celej jaskyne Dolná Túfna, pričom v zemných pasciach sa zistila dominancia zástupcov čeľade Trichoceridae a podradu Brachycera. Komáre z čeľade Trichoceridae boli zaznamenané aj pozdĺž celej dĺžky jaskyne Horná Túfna.

Fauna Túfných jaskýň z pohľadu druhej/taxonomickej diverzity sa javí nateraz podobná jaskynnej faune neďalekej Harmaneckej jaskyne (Veľká Fatra), a to viacerými jaskynnými druhmi, pričom je o čosi chudobnejšia. V Túfných jaskyniach aj v Harmaneckej jaskyni sa vyskytujú eutroglofilná mnohonôžka *Allorhiscosoma sphinx*, troglobiontné chvostokoky *Pseudosinella paciti* a *Megalothorax hipmani* či kavernikolný chrobák *Duvalius microphthalmus taticus* (napr. Rusek, 1961; Bella, 2000; Kováč et al., 2003). Ale niektoré iné terestrické jaskynné formy ako napr. *Deuteraphorura kratochvili* (Nosek, 1963) alebo typická stygobiontná fauna (napr. kôrovec *Bathynella natans* Vejdovský, 1882) v Túfných jaskyniach absentujú. Naproti tomu v Túfných jaskyniach nachádzame druhy, ktoré sa dosiaľ v Harmaneckej jaskyni nezistili, ako napríklad štúrovku *Eukoenaia spelaea*, prostigmátneho roztoča *Poecilophysis spelaea* či eutroglofilnú rovnakonôžku *Mesoniscus graniger*.

Priestory vstupných chodieb skúmaných jaskýň sa vyznačujú teplotnou premenlivosťou (termodynamická zóna). Odtiaľto sa smerom do zadných, hlbších častí jaskyne miera intenzity ovplyvnenia teploty vzduchu povrchovou teplotou výrazne znižuje. Mikroklimaticky najstabilnejšími priestormi oboch jaskýň sa javia ich koncové časti, v Dolnej Túfnej sú to priestory pri meračskom bode 7 a v Hornej Túfnej Zadná sieň. Z týchto relatívne stabilných jaskynných priestorov spomína Droppa (1974) z minulosti o približne 1 °C nižšie teploty.

#### FAUNA STAVOVCOV (VERTEBRATA)

Počas návštev v období rokov 2018 – 2019 sme v jaskyni Dolná Túfna zaznamenali prítomnosť jedného druhu netopiera a jedného druhu obojživelníka (tab. 4). V prednej časti jaskyne sme v zim-



Obr. 12. Podkovár malý (*Rhinolophus hipposideros*).

Foto: M. Melega

Fig. 12. Lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*).

Photo: M. Melega

nom období pozorovali jedinca salamandry škvrnatej (*Salamandra salamandra*). Spomedzi obojživelníkov (Lissamphibia) má tento druh najvyššiu afinitu k subteránnemu typu prostredia, predovšetkým s cieľom prezimovania (Kováč et al., 2014; Balogová et al., 2015). V strednej časti jaskyne (Kaplňka, pri m. b. 4) hibernovali dva jedince podkovára malého (*Rhinolophus hipposideros*; obr. 12). Je to jeden z najčastejších a najpočetnejších hibernujúcich druhov netopierov (Chiroptera) v jaskyniach Slovenska, s výskytom v nižších až stredných horských polohách (Kováč et al., 2014). Zimovanie tohto druhu v jaskyni bolo viackrát zdokumentované aj v predchádzajúcich obdobiach, pričom celkovo lokalitu využíva najmenej 8 ďalších druhov, z nich najčastejšie *Myotis myotis*, ale aj *M. mystacinus/brandtii*, *M. daubentonii*, *M. dasycneme*, *Rhinolophus ferrumequinum*, *Eptesicus nilssonii*, *E. serotinus* či *Pipistrellus pipistrellus* (Gaisler a Hanák, 1973; Bobáková a Hapl, 2002; Apfelová a Obuch, 2012).

V marci 2019 sme v jaskyni Horná Túfna napočítali 15 hibernujúcich jedincov z troch druhov netopierov (*Myotis myotis*, *Rhinolophus hipposideros*, *R. ferrumequinum*). Ide o druhy, ktoré sú na lokalite najviac frekventované a spravidla aj najpočetnejšie zastúpené (Apfelová a Obuch, 2012). Okrem týchto druhov je na lokalite známa hibernácia

uchane čiernej (*Barbastella barbastellus*), ucháča svetlého (*Plecotus auritus*), netopiera pobrežného (*Myotis dasycneme*), netopiera fúzatého/Brandtovho (*M. mystacinus/brandtii*), netopiera brvitého (*M. emarginatus*) a večernice severskej (*Eptesicus nilssonii*) (Apfelová a Obuch, 2012).

#### ZÁVER

Počas biospeleologického prieskumu realizovaného v rokoch 2018 – 2019 sme v Túfných jaskyniach zaznamenali celkovo 44 taxónov (27 dosiaľ identifikovaných do druhej úrovne) z 19 radov bezstavovcov. K predstaviteľom subteránnnej fauny možno zaradiť 3 troglobiontné a 12 eutroglofilných druhov bezstavovcov.

Invertebrátne spoločenstvo v jaskyni Dolná Túfna (34 taxónov) je z hľadiska počtu a prezenencie jednotlivých taxónov bohatšie v porovnaní s jaskynou Horná Túfna (23 taxónov). Z pravej jaskynnej fauny (troglobionty) sa v oboch jaskyniach potvrdil výskyt chvostokoka *Pseudosinella paciti*. V skúmaných jaskyniach sme nachádzali aj významné eutroglofilné druhy – mnohonôžku *Allorhiscosoma sphinx*, rovnakonôžku *Mesoniscus graniger*, chvostokoky *Ceratophysella granulata*, *Protaphorura armata*, *Pygmarrhopalites pygmaea* a *Plutomurus carpaticus*. Súčasný prieskum bioty v jaskyni Dolná Túfna potvrdil výskyt vzácnych druhov, ako sú štúrovka *Eukoenaia spelaea*, roztoč *Poecilophysis spelaea*, chvostokok *Megalothorax hipmani* či chladnomilný chrobák *Bryaxis monstrosotibialis*. V jaskyni Horná Túfna faunu s blížším vzťahom k podzemiu dopĺňajú chladnomilný chvostokok *Hymenaphorura pseudosibirica*, ktorý je karpatským endemitom, chladnomilný chrobák *Bryaxis frivaldszkyi slovenicus* a pavúk *Porhomma rosenhaueri*. Fauna sa v jaskyniach koncentrovala na miestach s prítomným organickým materiálom a v blízkosti jazierok. Z kvantitatívneho hľadiska sme v Dolnej Túfnej zaznamenali o polovicu menej jedincov bezstavovcov (209 ex.) ako v Hornej Túfnej (424 ex.). Vyšší počet jedincov v jaskyni Horná Túfna bol spôsobený najmä krátkodobou vyšším zastúpením zástupcov parietálnej fauny, najmä dvojkrídlivcov, ako aj niektorých eutroglofilných druhov (najmä *Ceratophysella granulata*), ktoré vytvárali bohaté populácie s agregatným typom rozmiestnenia v danom habitate. Najvyššia taxonomická diverzita invertebrátnej fauny v Dolnej Túfnej (18 taxónov) bola zaznamenaná v koncových časti jaskyne (stac. 1), kde je väčší počet sintrových jazierok a intenzívnejší priesak vôd z epikrasu. Výraznejšie tu počtom jedincov nad ostatnými taxónmi bezstavovcov dominoval chvostokok *Deuteraphorura silvaria*. V jaskyni Horná Túfna bola najvyššia diverzita invertebrátnej fauny (16 taxónov) zaznamenaná v Prednom dome (stac. 2 a 3), teda na miestach relatívne bohatých na orga-

Tab. 4. Výskyt stavovcov v Túfných jaskyniach v rokoch 2018 – 2019.

Tab. 4. Occurrence of vertebrates in the Túfne caves in 2018 – 2019.

Dátum / Date	25. 10. 2018	27. 3. 2019	7. 8. 2019	26. 9. 2019
Druh / Species				
<b>DOLNÁ TÚFNA</b>				
<b>Mammalia</b>				
<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Borkhausen, 1797)	2	2	-	-
<b>Lissamphibia</b>				
<i>Salamandra salamandra</i> (Linnaeus, 1758)	1	1	-	-
<b>HORNÁ TÚFNA</b>				
<b>Mammalia</b>				
<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Borkhausen, 1797)		7	-	-
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Schreber, 1774)		2	-	-
<i>Myotis myotis</i> (Borkhausen, 1797)		6	-	-

nický materiál (staré kusy dreva). Výraznejšie tu nad ostatnými taxónmi dominovali chvostoskoky *Ceratophysella granulata* a *Deuteraphorura silvaria*. Parietálna fauna sa najviac koncentrovala vo východových častiach Túfnych jaskýň, kde bola tvorená najmä dvojkrídlovcami (Diptera), motýľmi (*Triphosa dubitata*, *Scoliopteryx libatrix*, *Inachis io*), troglofilnými pavúkmi (*Meta menardi*), koscami (Opiliones) či roztočmi panciernikmi (Oribatida). Komáre z čeľade Trichoceridae a piadivka jaskynná (*Triphosa dubitata*) boli bežne nachádzané pozdĺž celej dĺžky oboch jaskýň. V prítomných vodných biotopoch (jazierka, mláčky) absentovala obligátna akvatická fauna, avšak zaznamenali sme tu zástupcov primárne terestrickej fauny, ktoré sa na vodnej hladine vyskytujú buď aktívne, predovšetkým s cieľom získavania potravy (Acarina, Collembola, Palpigradi), alebo tu boli náhodne splavené z okolitých terestrických mikrohabitatov (adultné Coleoptera a Diptera).

Fauna bezstavovcov skúmaných jaskýň (druhová/taxonomická diverzita) sa nateraz javí podobná jaskynnej faune neďalekej Harmaneckej jaskyne (NP Veľká Fatra), no celkovo je o niečo chudobnejšia a dosiaľ absentujú

nálezy stygobiontnej fauny. Prítomnosť zástupcov obligátnej jaskynnej fauny a karpatských/západokarpatských endemitov v skúmaných jaskyniach poukazuje na relatívne zachovaný stav terestrických cenóz bezstavovcov. Najmä jaskyňa Dolná Túfna je vzhľadom na výskyt vzácných subteránnych druhov ako *Poecilophysis spelaea*, *Eukoenaia spelaea* či *Megalothorax hipmani* významným podzemným biotopom na území Veľkej Fatry, ktorý si zaslúži našu pozornosť a adekvátnu ochranu. O to viac, že Túfne jaskyne poskytujú pravidelný či občasný úkryt aj niekoľkým chráneným druhom stavovcov (spolu minimálne 12 druhom netopierov a 1 druhu obojživelníka). Počas nášho výskumu sme v jaskyni Dolná Túfna v zimnom období zaznamenali prítomnosť jedného druhu netopiera (*Rhinolophus hipposideros*) a jedného druhu obojživelníka (*Salamandra salamandra*). V jaskyni Horná Túfna sme pozorovali celkovo tri druhy netopierov (*R. hipposideros*, *R. ferrumequinum*, *Myotis myotis*).

**Podakovanie:** Na taxonomickej identifikácii vybraných zástupcov bezstavovcov sa podieľali títo špecialisti: Ľubomír Kováč

z Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach (Palpigradi), Jozef Oboňa z Prešovskej univerzity v Prešove (Diptera), Ján Lakota zo Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši (Coleoptera), Jan Růžička z Českej poľnohospodárskej univerzity v Prahe (Coleoptera), Vlastimil Růžička z Biologického centra Akadémie vied Českej republiky v Českých Budějoviach (Araneae), Andrej Mock z Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach (Diplopoda, Iso-poda), Juraj Litavský z Univerzity Komenského v Bratislave (Opiliones), Katarína Krajčovičová z Univerzity Komenského v Bratislave (Pseudoscorpiones), Tomáš Čejka zo Slovenskej akadémie vied v Bratislave (Gastropoda), Peter Ľuptáček z Univerzity Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach (Oribatida), Stanislav Kalúz zo Slovenskej akadémie vied v Bratislave (Prostigmata: Bdellidae), Libor Dvořák z Mestskeho múzea v Mariánskych Lázních (Hymenoptera) a Vladimír Papáč zo Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky, Správy slovenských jaskýň (Collembola: Neelidae). Za poskytnutú odbornú pomoc všetkým menovaným ďakujeme.

## Literatúra

- APPELOVÁ (BOĎOVÁ), M. – OBUCH, J. 2012. Zimovanie netopierov v jaskyniach Veľkej Fatry. Výsledky sčítaní v rokoch 2001 až 2010. *Jaskyniar, Martin*, 4, 66–74.
- BALOGOVÁ, M. – APPELOVÁ, M. – FLAJŠ, T. – JABLONSKI, D. – KAUTMAN, J. – KRÍŠŤAN, P. – KRÍŠŤAN, A. – PAPAČ, V. – PUCHALA, P. – URBAN, P. – UHRIN, M. 2015. Distribution of the fire salamander (*Salamandra salamandra*) in Slovakia. *Folia faunistica Slovaca*, 20, 67–93.
- BÁRTA, J. 1963. Desiat rokov speleoarcheologickej činnosti Archeologického ústavu SAV. *Slovenský kras*, 4, 87–97.
- BÁRTA, J. 1984. Tretie desaťročie speleoarcheologickej činnosti Archeologického ústavu SAV v Nitre (1972 – 1982). *Slovenský kras*, 22, 245–265.
- BÁRTA, J. 1986. Prehľad histórie archeológie a paleontológie v jaskyniach na Slovensku do roku 1945. *Spravodaj SSS*, 17, 1–2, 56–62.
- BELLA, P. 2000. Slovensko. Sprístupnené jaskyne. DTP štúdio Grafon, Liptovský Mikuláš, 64 s.
- BELLA, P. – HLAVÁČOVÁ, I. – HOLUBEK, P. 2007. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 31. 12. 2017). Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, 528 s.
- BARJADZE, S. – PARIMUCHOVÁ, A. – RASCHMANOVÁ, N. – MAGHRADZE, E. – KOVÁČ, Ľ. 2022. Two new species of *Plutomurus* *Yosii* (Collembola: Tomoceridae) from Caucasus and central Europe. *Zootaxa*, 5169, 3, 252–266.
- BOBÁKOVÁ, L. – HAPL, E. 2002. Zimoviská netopierov Veľkej Fatry. *Vespertilio*, 6, 303–309.
- ČEKLOVSKÝ, T. 2018. Fosílné nálezy leva jaskynného (*Panthera spelaea* Goldfuss, 1810) a medveďa jaskynného (*Ursus ex. gr. spelaeus* Rosenmüller, 1794) z Harmaneckej jaskyne (Veľká Fatra). *Slovenský kras*, 56, 1, 29–46.
- DROPPA, A. 1974. Krasové javy v okolí Harmanca vo Veľkej Fatre. *Slovenský kras*, 12, 59–94.
- FRANZ, V. – MLEJNEK, R. 2000. Zaujímavé nálezy chrobákov z čeľade Pselaphidae (Coleoptera) v podzemných biotopoch Slovenska. In Mock, A. – Kováč, Ľ. – Fulín, M. (Eds.): *Fauna jaskýň – Cave fauna*. Zborník referátov zo seminára. Východoslovenské múzeum, Košice, 31–34.
- GAÁL, L. – ŠABOL, M. – VLČEK, L. – KOVÁČOVÁ, M. 2013. Fosílie slovenských jaskýň. *Aragonit*, 18, 1, 3–17.
- GAISLER, J. – HANÁK, V. 1973. Aperçu de chauves-souris des grottes Slovaques. *Slovenský kras*, 11, 73–84.
- HAMMEN VAN DER, L. 1982. Comparative studies in Chelicerata II. Epimerata (Palpigradi and Actinotrichida). *Zoologische Verhandlungen*, 196, 1–70.
- KOVÁČ, Ľ. 2000. Troglobiontné chvostoskoky (Hexapoda Collembola) v sprístupnených jaskyniach Slovenska. *Aragonit*, 5, 21–23.
- KOVÁČ, Ľ. – ELHOTTOVÁ, D. – MOCK, A. – NOVÁKOVÁ, A. – KRÍŠŤAN, V. – CHROŇÁKOVÁ, A. – LUKŠOVÁ, A. – MULEC, J. – KOŠEL, V. – PAPAČ, V. – ĽUPTÁČEK, P. 2014. Jaskynná biota Slovenska. *Speleologia Slovaca* 5, 5, 1–191.
- KOVÁČ, Ľ. – KOŠEL, V. – MIKLISOVÁ, D. 1999. Collembola (Hexapoda) of the Slovak Paradise National Park associated with forest sites and caves. In Tajovský, K. – Pižl, V. (Eds.): *5th Central European Workshop on Soil Zoology in Central Europe*. České Budějovice, 161–167.
- KOVÁČ, Ľ. – MOCK, A. – ĽUPTÁČEK, P. 2004. Vzácný pavúkovec *Eukoenaia spelaea* (Peyerimhoff, 1902) – obyvateľ slovenských jaskýň. *Aragonit*, 9, 33–34.
- KOVÁČ, Ľ. – MOCK, A. – ĽUPTÁČEK, P. – HUDEC, I. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – SVATOŇ, J. – KOŠEL, V. 2003. Bezstavovce Harmaneckej jaskyne (Veľká Fatra). *Aragonit*, 8, 31–34.
- KOVÁČ, Ľ. – MOCK, A. – ĽUPTÁČEK, P. – PALACIOS-VARGAS, J. G. 2002. Distribution of *Eukoenaia spelaea* (Peyerimhoff, 1902) (Arachnida, Palpigradida) in the Western Carpathians with remarks on its biology and behaviour. In Tajovský, K. – Balík, V. – Pižl, V. (Eds.): *Studies on Soil Fauna in Central Europe*. AS CR, České Budějovice, 93–99.
- KOVÁČ, Ľ. – PARIMUCHOVÁ, A. – MIKLISOVÁ, D. 2016. Distributional patterns of cave Collembola (Hexapoda) in association with habitat conditions, geography and subterranean refugia in the Western Carpathians. *Biological Journal of the Linnean Society*, 119, 3, 571–592.
- LALKOVIČ, M. 2013. Písané pamiatky v jaskyniach na Slovensku. *Slovenský kras*, 51, 2, 121–147.
- LAUČÍK, P. 2017. Nové trendy v jaskynnej epigrafii a ikonografii v prvých deceniách 21. storočia. *Sinter*, 25, 14–25.
- LIEBUS, A. 1933. Verzeichnis der geologisch-paläontologischen Literatur der Sudetenländer aus dem Jahre 1933 mit Nachträgen. Separatdruck, 51–60.
- LUNGI, E. – MANENTI, R. – FICETOLA, G. F. 2014. Do cave features affect underground habitat exploitation by nontroglobite species? *Acta Oecologica*, 55, 29–35.
- MELEGA, M. – RENDŐS, M. – PARIMUCHOVÁ, A. – KOVÁČ, Ľ. – VIŠŇOVSKÁ, Z. – LAKOTA, J. – MOCK, A. 2021. Jaskyne Dolná Túfna a Horná Túfna vo Veľkej Fatre ako významné lokality subteránnej fauny. *Aragonit*, 26, 1, 42–43.
- MELEGA, M. – PARIMUCHOVÁ, A. – ĽUPTÁČEK, P. – JÁSZAY, T. – KOŠEL, V. – ČECH, V. – ŠESTÁKOVÁ, A. – MOCK, A. 2022. Fauna bezstavovcov jaskýň planiny Galmus (Volovské vrchy). *Invertebrate fauna of caves of the Galmus Plateau (Volovské vrchy Mts.)*. *Slovenský kras*, 60, 1, 63–92.
- MLEJNEK, R. – HAMET, A. – RŮŽIČKA, J. 2015. Brouci (Coleoptera) v jaskyniach a propastech České Republiky. *Beetles (Coleoptera) in caves and chasms of Czech Republic*. *Acta Speleologica*, 6, 1–112.
- MOCK, A. – JÁSZAY, T. – SVATOŇ, J. – CHRISTOPHOROVÁ, J. – STAŠIOV, S. 2009. Suchozemské článkonožce (Arthropoda) jaskýň Čiernej hory (Západné Karpaty). *Slovenský kras*, 47, 259–274.
- PACLT, J. 1972. Verzeichnis der Höhlen-Springschwänze Mährens und der Slowakei. *Senckenbergiana biologica*, 33, 411–425.
- PAPAČ, V. – KOVÁČ, Ľ. 2013. Four new troglobiotic species of the genus *Megalothorax* Willem, 1900 (Collembola: Neelipleona) from the Carpathian Mountains (Slovakia, Romania). *Zootaxa*, 3737, 5, 545.
- RUSEK, J. 1961. Eine neue Collembolenart aus den slowakischen Höhlen. *Beiträge zur Entomologie*, 11, 21–23.
- RŮŽIČKA, V. 2018. A review of the spider genus *Porrhomma* (Araneae, Linyphiidae). *Zootaxa*, 4481, 1, 1–75.
- ŠIMKOVÁ, Z. – LAUČÍK, P. 2017. Dokumentácia vzťahov medzi jaskynným osídlením a mimo jaskynnými sídliskovými aglomeráciami. *Sinter*, 25, 17–21.



# JASKYNE V NEOGÉNNYCH KARBONATICKÝCH ZLEPENCOCH A PIESKOVCOCH NA SLOVENSKU

Ivona Danielčáková

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

## I. Danielčáková: Caves in the Neogene carbonate conglomerate and sandstone of Slovakia

**Abstract:** The article presents a list of the caves formed in Neogene carbonate conglomerate and sandstone in Slovakia. As of 1st October 2023, 28 caves have been registered. The lithology of the Neogene sediments varies according to their distribution and is not uniform in all areas. The construction of the lithosphere within the Western Carpathians has been a long and complex process resulting from repeated collisional and extensional events. The Neogene was particularly associated with lithospheric extension and the formation of Neogene basins. More than a third of the caves are located in the Podbranč conglomerate and almost a third is in the Dobrá voda conglomerate. In these conglomerates, the proportion of carbonate clasts can be more than 80 %, while in the remaining areas, the proportion of carbonate clasts can reach a maximum of 45 %. Caves formed in rocks with a high concentration of carbonate particles, such as conglomerates with carbonate clasts, but also sandstones with carbonate cement, can be formed by karst processes. On the other hand, caves with an alternation of cohesive and less cohesive layers, or with sandy cement, have been formed by mechanical weathering or gravitational slope movements.

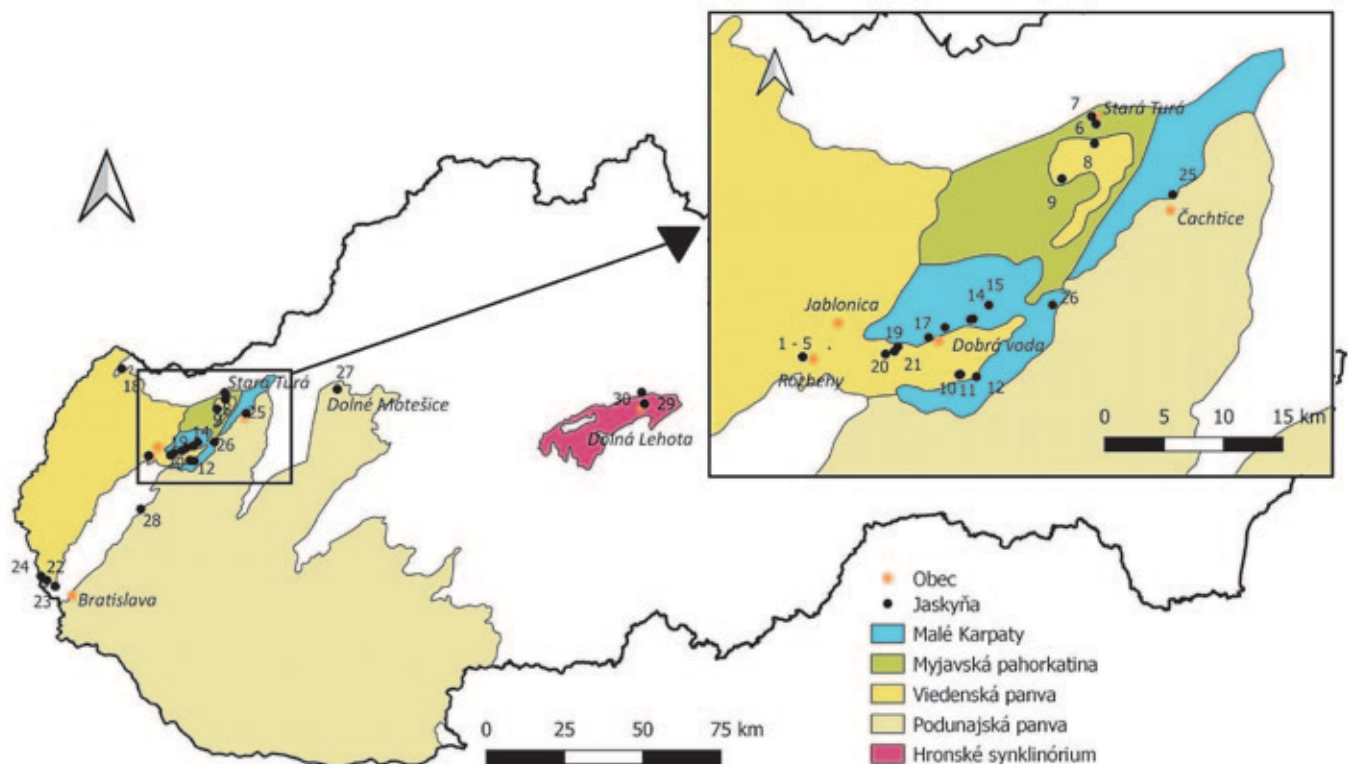
**Keywords:** Neogene, Western Carpathians, carbonate conglomerate, carbonate sandstone, cave

## ÚVOD

V oblasti Západných Karpát sú známe viaceré jaskyne, ktoré vznikli v karbonatic-

kých zlepencoch a pieskovcoch. Tieto horniny sa zvyčajne nepovažujú za typické krasové horniny, pretože nemajú vysoký obsah vápnika potrebný na vznik typických kraso-

vých útvarov. Avšak v určitých podmienkach podliehajú rozpúšťaniu a mechanickému rozrušovaniu, pričom môžu vzniknúť aj jaskyne. Jaskyne, ktoré vznikajú v zlepencoch



Obr. 1. Lokalizácia jaskýň na mape regionálneho geologického členenia Západných Karpát (podľa Vassa et al., 1988): 1 – Jaskyňa pod hradom 1, 2 – Jaskyňa pod hradom 2, 3 – Jaskyňa pod hradom 3, 4 – Jaskyňa pod hradom 4, 5 – Jaskyňa pod hradom 5, 6 – Jaskyňa vo Vaďovskej borine, 7 – Jaskyňa v Štúrovej skale 1, 8 – Jaskyňa v Štúrovej skale 2, 9 – Jaskyňa na Babulincovom vrchu, 10 – Jaskyňa na Šindľovej 1, 11 – Jaskyňa na Šindľovej 2, 12 – Jaskyňa pod Skalou, 13 – Jaskyňa pod Výškou, 14 – Jaskyňa v Hrubých skalkách / Jaskyňa Mier, 15 – Jaskyňa v Trianovej / Jaskyňa v kameňolome, 16 – Sľubová jaskyňa, 17 – Zoluška / M1, 18 – Jaskyňa v pískovni, 19 – Jaskyňa Sárka, 20 – Jaskyňa stretnutia, 21 – Zlepenková jaskyňa, 22 – Jaskyňa Bielej skaly, 23 – Medzivrstvá jaskyňa / Zlepenková jaskyňa, 24 – Pieskovcová jaskyňa, 25 – Stará vyvierka v úvoze, 26 – Veľká pec, 27 – Jaskyňa pod hôrkou, 28 – Jaskyňa svätého Leonarda, 29 – Pekelná diera, 30 – Dolnolehotská jaskyňa / Lehôtska jaskyňa, 31 – Ružová jaskyňa.

Fig. 1. Localization of the caves on the map of regional geological subdivision of the Western Carpathians (according to Vass et al., 1988): 1 – Jaskyňa pod hradom 1, 2 – Jaskyňa pod hradom 2, 3 – Jaskyňa pod hradom 3, 4 – Jaskyňa pod hradom 4, 5 – Jaskyňa pod hradom 5, 6 – Jaskyňa vo Vaďovskej borine, 7 – Jaskyňa v Štúrovej skale 1, 8 – Jaskyňa v Štúrovej skale 2, 9 – Jaskyňa na Babulincovom vrchu, 10 – Jaskyňa na Šindľovej 1, 11 – Jaskyňa na Šindľovej 2, 12 – Jaskyňa pod Skalou, 13 – Jaskyňa pod Výškou, 14 – Jaskyňa v Hrubých skalkách / Jaskyňa Mier, 15 – Jaskyňa v Trianovej / Jaskyňa v kameňolome, 16 – Sľubová jaskyňa, 17 – Zoluška / M1, 18 – Jaskyňa v pískovni, 19 – Jaskyňa Sárka, 20 – Jaskyňa stretnutia, 21 – Zlepenková jaskyňa, 22 – Jaskyňa Bielej skaly, 23 – Medzivrstvá jaskyňa / Zlepenková jaskyňa, 24 – Pieskovcová jaskyňa, 25 – Stará vyvierka v úvoze, 26 – Veľká pec, 27 – Jaskyňa pod hôrkou, 28 – Jaskyňa svätého Leonarda, 29 – Pekelná diera, 30 – Dolnolehotská jaskyňa / Lehôtska jaskyňa, 31 – Ružová jaskyňa.

a pieskovochoch, resp. v klastických horninách rozpúšťaním karbonátového tmelu a vyplavovaním uvoľnených nerozpustných častíc hornín tečúcou vodou, sa považujú za klastokrasové jaskyne (Panoš, 2001 a ďalší). Prehľad o jaskyniach v paleogénnych karbonatických zlepencoch na Slovensku podáva Danielčáková et al. (2022). V neogénnych karbonatických zlepencoch a pieskovochoch na Slovensku je doteraz známych 28 jaskýň (stav k 1. 10. 2023).

Zložité geologické procesy spolu s tektonickými udalosťami v neogéne, zvetrávaním a eróziou prispeli k formovaniu sedimentačných bazénov a ich litologickej výplne vrátane karbonatických zlepenčov a pieskovochoch. Podľa regionálneho geologického členenia Západných Karpát (Vass et al., 1988) sa jaskyne vyskytujú v neogénnych karbonatických zlepencoch a pieskovochoch Viedenskej panvy (16 jaskýň), Podunajskej panvy (4 jaskyne), Malých Karpát (6 jaskýň) a Myjavskej pahorkatiny (2 jaskyne; obr. 1). Podľa Kováča et al. (1991a, 1992b) predmetné jaskyne v Malých Karpatoch a Myjavskej pahorkatine prislúchajú dobrovodskej depresii Viedenskej panvy. Okrem neogénnych paniev sú jaskyne známe aj zo zlepenčov oligomiocénneho (?) veku z oblasti Lopejskej kotliny (2 jaskyne, vajskovské zlepence).

#### VIEDENSKÁ PANVA

Viedenská panva sa rozprestiera medzi horskou sústavou Álp a Západných Karpát. Geograficky tvorí na Slovensku Záhorsú nížinu, na východe ohraničenú Bielymi a Malými Karpátmi. Vznikla v neogéne mechanizmom „pull apart“ (Plašienka et al., 1997). V podloží Viedenskej panvy sú jednotky vonkajších a vnútorných Západných Karpát, ako aj austroalpske jednotky (Fusán et al., 1997). Panva má zložitú zlomovú stavbu, ktorú charakterizujú smerne posuvné a poklesové zlomy. Subsidenčné poklesávanie bolo nerovnomerné, na tej istej poruche mohlo dôjsť v rôznych dobách i k opačným pohybom (Kováč et al., 2003). Neogénna výplň panvy nie je rovnomerne vyvinutá (Hók et al., 2016). Tvoria ju morské až terestrické sedimenty miocénneho až pliocénneho veku. Sedimenty dosahujú hrúbku až 5000 m.

#### Jaskyne v podbrančských zlepencoch

Najstaršou horninou je podbrančský zlepenec, signalizujúci úvodné prehĺbenie panvy (egenburg), v ktorom sa na tomto území vyskytuje 5 jaskýň (tab. 1); všetky jaskyne sú v okolí, resp. pod hradom Korlátka. Podbrančský zlepenec sedimentoval v litorálnom prostredí systémom náplavových vejárov, ktorých materiál bol derivovaný z okrajov panvy

stinovými prúdmi, z prostredia piesčito-kamenistých pláží. Zlepence dosahujú hrúbku 50 m, sú prevažne masívne, ojedinele tvoria lavice. Podstatnú časť obliakov v zlepencoch tvoria vápence (78 %), v menšej miere dolomity (22 %). Veľkosť obliakov sa pohybuje väčšinou od niekoľko milimetrov do 5 cm, miestami, najmä v spodných častiach vrstiev, sú obliaky do 8 – 15 cm, vzácné sú aj obliaky zlepenčov (ojedinele až do 25 cm). V obliakoch prevládajú diskovité tvary nad sférickými. Vo väčšine prípadov prevládajú obliaky nad matrixom v pomere 60 : 40 až 80 : 20 %. Tmel je karbonatický, resp. karbonaticko-piesčitý (Fordinál et al., 2012).

Jaskyne pod hradom 1 – 5, vytvorené v podbrančskom zlepeni, vznikli kombináciou krasovej činnosti vody, ale aj mechanickým rozrušovaním. Jaskyne majú predispozíciu pozdĺž vrstevnatosti zlepenčov, kde vrstvičky drobnozrných zlepenčov až pieskovochoch boli rýchlejšie rozrušované. Jaskyňa pod hradom 1 vznikla na kontakte podložných vápencov a zlepenčov. V jaskyni pod hradom 1 (obr. 2) môžeme pozorovať zaujímavú výzdobu, keď stena jaskyne (s rozmermi 0,8 × 1,5 m) je pokrytá sintrovými nátekmi vytvárajúcimi bubon, v jaskyni sa nachádzajú aj pizolity do veľkosti 1,3 cm. Na strope pozorujeme stropné kupolovité vy-

hlbeniny a komínovité otvory, pozdĺž puklín sú vytvorené klinovité vyhlbeniny. Jaskyňa je zadymená.

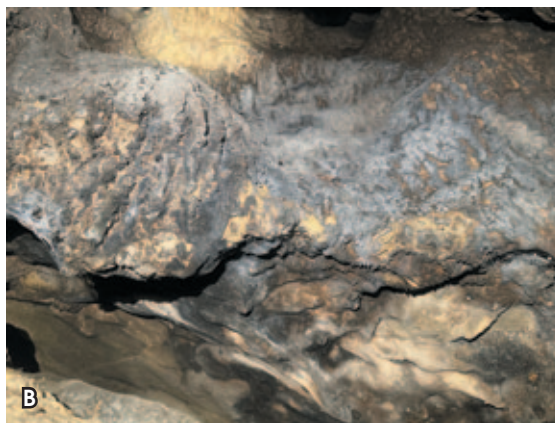
V oblasti Myjavskej pahorkatiny medzi Starou Turou, Vaďovcami a Krajným sa vyskytuje iný typ podbrančského zlepenca (egenburg – otnang) nazývaný Filom (2015) ako „Vaďovský neogén“. Sú to drobnozrné, prevažne karbonátové zlepence a hrubozrné pieskovce nachádzajúce sa v nadloží hruboa stredozrných zlepenčov alebo priamo na flyši myjavskej a brezovskej skupiny. Zlepence sú lavicovité až hrubolavicovité (0,2 – 3 m), nerovnoploché, drobnoa jemnozrné (ojedinele až stredozrné), s podporou matrixu, s obliakmi veľkými do 70 mm (rôzne typy vápencov, dolomitov, rohovce, jemnozrné, viac alebo menej sľudnaté pieskovce), poloaoblenými až dobre zaoblenými. Podiel pieskovochoch v klastickom materiáli lokálne dosahuje až 20 %. Zlepenca sa striedajú s doskovitými, mierne nerovnoplochými hrubozrnými karbonátovými pieskovochoch. Zlepenca aj pieskovce sú miestami mierne skrasovatené, čo vidieť z týchto jaskýň (tab. 2) len v Jaskyni vo Vaďovskej borine.

Jaskyne na Štúrovej skale 1 a 2 sú malé jaskyne nachádzajúce sa v rovnomennom brale neďaleko vodnej nádrže Dubník. Sú to jaskyne vytvorené gravitačnou dezintegráciou

Tab. 1. Jaskyne v podbrančskom zlepeni Viedenskej panvy.

Tab. 1. The caves in the Podbranc conglomerate of the Vienna Basin.

Názov jaskyne	Dĺžka jaskyne [m]	Geomorfologický celok	Geomorfologický podcelok	Kataster
Jaskyňa pod hradom 1	12	Malé Karpaty	Brezovské Karpaty	Rozbeh
Jaskyňa pod hradom 2	15			
Jaskyňa pod hradom 3	3			
Jaskyňa pod hradom 4	6			
Jaskyňa pod hradom 5	12			



Obr. 2. Jaskyňa pod hradom 1 (A), sintrové náteky (B). Foto: I. Danielčáková  
Fig. 2. Jaskyňa pod hradom 1 Cave (A), flowstone (B). Photo: I. Danielčáková

Tab. 2. Jaskyne v podbrančskom zlepeni v okolí Vaďoviec vo Viedenskej panve.

Tab. 2. The caves in the Podbranc conglomerate of the Vienna Basin.

Názov jaskyne	Dĺžka jaskyne [m]	Geomorfologický celok	Kataster
Jaskyňa v Štúrovej skale 1	5	Myjavská pahorkatina	Stará Turá
Jaskyňa v Štúrovej skale 2	5,5		Stará Turá
Jaskyňa vo Vaďovskej borine	50		Vaďovce
Jaskyňa na Babulincovom vrchu	20		Krajné





Obr. 3. Jaskyňa v Štúrovej skale 1 (A), vchod jaskyne je označený šípkou, popadané bloky (B), vyvetraný tmel v zlepci (C). Foto: I. Danielčáková

Fig. 3. Jaskyňa v Štúrovej skale 1 Cave (A), the entrance is marked with an arrow, the fallen blocks (B), weathered cement in the conglomerate (C). Photo: I. Danielčáková

skalných blokov. Jaskyňa na Štúrovej skale 1 (obr. 3) je rozsadlinovo-rútivá jaskyňa, vznikla rozšírením hlavnej vertikálnej pukliny v kombinácii s eróziou po vrstevnatosti podbrančských zlepcov. Jaskyňa na Štúrovej skale 2 (obr. 4) je vytvorená nahromadením zrútených a zosunutých skalných blokov. Na dne oboch jaskýň sú povypadávané obliaky zo zlepcov, v ktorých sú tieto jaskyne vytvorené. Obliaky sú prevažne zastúpené karbonátmi, ale aj pieskovecami. Zo stien jaskýň vytrčajú obliaky, keďže piesčito-vápnitý tmel je mechanicky vyvetraný. Čiastočne teda do genézy mohla prispieť aj erózia, keď povrchová voda

mohla vyplaviť alebo rozpustiť karbonatický tmel. V jaskyniach nepozorujeme žiadnu krasovú výzdobu.

Jaskyňa na Babulincovom vrchu je čiastočne zasypaná antropogénnym odpadom. Piesky z Babulincovho vrchu sa v minulosti ťažili a využívali na umývanie riadu. Preto je otáznne, do akej miery je jaskyňa vytvorená prírodnými procesmi alebo umelo človekom. Patrí medzi konzekventné jaskyne.

Jaskyňa vo Vačovskej borine je vytvorená v zlepciach, ktorých jednotlivé obliaky sú chaoticky rozmiestnené v základnej hmote. Jaskyňa sa skladá z dvoch vetiev, ktoré sú prepojené úzkou neprieleznou chodbou. Má 2 otvory. Východná vetva so spodným vchodom je dlhá 30 m. Jej hlavná chodba je vy-

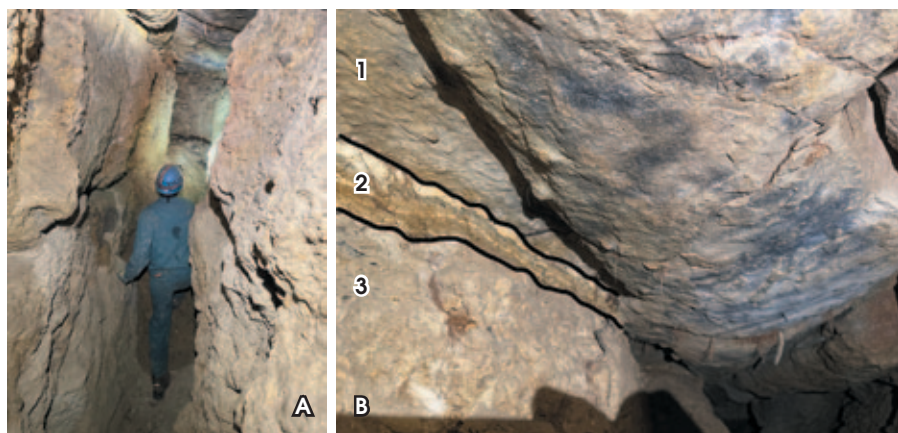


Obr. 4. Jaskyňa v Štúrovej skale 2.

Foto: I. Danielčáková

Fig. 4. Jaskyňa v Štúrovej skale 2 Cave.

Photo: I. Danielčáková



Obr. 5. Západná vetva Jaskyne vo Vačovskej borine. Úzka chodba vytvorená na pukline v zlepci (A). Detailný záber na stenu a strop jaskyne (B): 1 – pieskovcový strop jaskyne, 2 – ílovitá vrstvička s maximálnou hrúbkou 8 cm, 3 – podbrančský zlepenec. Foto: I. Danielčáková

Fig. 5. The west part of the Jaskyňa vo Vačovskej borine Cave. Narrow passage controlled by fracture (A). Detail of the wall and ceiling of the cave (B): 1 – sandstone ceiling of the cave, 2 – clay layer with a max. thickness of 8 cm, 3 – Podbranč conglomerate. Photo: I. Danielčáková

tvorená pozdĺž pukliny, ktorú križuje puklina predučujúca priečnu chodbu. V tejto časti jaskyne pozorujeme sintrové náteky, zaoblenú stenu a korózne tvary v strope. Západná vetva s vrchným vchodom vznikla na styku zlepcov a pieskovecov. Steny jaskyne sú vytvorené v zlepci a jej strop je z pieskovca, medzi týmito vrstvami sa nachádza ílovitá vrstvička (obr. 5). Jaskyňa je zadymená, s nečitateľnými nápismi. Na dne jaskyne bola guánová kôpka. Na základe morfológických prvkov vo východnej vetve jaskyne môžeme predpokladať genézu jaskyne koróznou činnosťou vody, avšak západná vetva jaskyne skôr poukazuje na mechanický vznik gravitačným sklzom s predispozíciou po zlome a vrstevnatosti.

### Jaskyne v dobrovodských zlepciach

Dobrovodské zlepence mali v minulosti sporné stratigrafické zaradenie a tektonickú pozíciu. Pôvodne boli datované do spodného miocénu (Buday et al., 1962, 1963), neskôr boli zaradené (Began et al., 1984; Salaj et al., 1987; Michalík et al., 1992) do vrchnej kriedy. Nakoniec Kováč et al. (1991a, 1992b) sedimenty zaradil do spodného miocénu (egenburg – karpat). Okrem toho výsledky geologického mapovania ukazujú, že sedimenty spodného miocénu buď prekrywajú rôzne tektonické diskontinuity, alebo sú tektonicky oddelené od mezozoických sedimentov poklesovými zlomami (Hók et al., 2018). Oblasť dnešnej dobrovodskej depresie predstavovala v egenburgu okraj sedimentačného priestoru. V otnangu, podobne ako vo Viedenskej panve, prebiehala neprerušená sedimentácia (Kováč et al., 1991).

Dobrovodský zlepenec je zložený z karbonátových klastov rôznych veľkostí a rôzneho stupňa opracovania (Buday et al., 1962). Dobrovodské zlepence a pieskovce nepredstavujú rovnorodý litotyp. V mohutnom súvrství sa vyskytujú litologické typy karbonátových pieskovecov a karbonátových zlepcov, ktoré vytvárajú množstvo variet pieskovecov a zlepcov, ktoré sú v súvrství rozložené nerovnomerne. Zlepenec sú prevažne masívne, na báze hruboklastické až balvanovité sedimenty. Smerom do nadložia nadobúdajú



Tab. 3. Jaskyne v dobrovodských zlepenkoch Viedenskej panvy.  
Tab. 3. The caves in the Dobrá Voda conglomerates of the Vienna Basin.

Názov jaskyne	Dĺžka jaskyne [m]	Geomorfologický celok	Geomorfologický podcelok	Kataster
Jaskyňa na Šindľovej 1	5	Malé Karpaty	Brezovské Karpaty	Dechtice
Jaskyňa na Šindľovej 2	3			Dechtice
Jaskyňa pod Skalou / Jaskyňa pod Chtelnickým bradlom	4			Chtelnica
Jaskyňa pod Výškou	18			Dobrá Voda
Jaskyňa v Trianovej / Jaskyňa v kameňolome	5,5			Dolný Lopašov
Jaskyňa v Hrubých skalkách / Jaskyňa Mier	5			Dobrá Voda
Sľubová jaskyňa	8			Dobrá Voda
Zoluška / M-1	5			Dobrá Voda

charakter drobnozrnných zlepenčov až karbonátových pieskocov. Opracovanie klasov je na báze nedokonalé (brekcie), smerom do nadložia stupeň opracovania zrn vzrastá. Klasy tvoria hlavne dolomity a vápence pochádzajúce z mezozoických hornín podložia. Vystupujú na povrch v údolí potoka Mariáš v katastrí obce Dobrá Voda a pokračujú v úzkom pruhu JZ – SV smeru Dobrovodskou kotlinou až do katastra obce Chtelnica, Brezovské Karpaty. Vyskytuje sa v nich druhý najväčší počet jaskýň (tab. 3) v neogénnych

karbonátových zlepenkoch a pieskococh na Slovensku.

Jaskyne na Šindľovej 1 a 2 sa nachádzajú na plochom chrbte Šidlová, v staršej literatúre označovaného ako Šindľová. Jaskyňa na Šindľovej 1 (obr. 6) vznikla na úpätí skalnej steny selektívnym zvetrávaním dobrovodských zlepenčov na rozhraní medzi zlepencami a podložnými dolomitmi. Strop jaskyne, resp. nadložie tvoria dobre spevnené zlepence s vrstvami brekcií, v nich sú slabšie spevnené sivé až svetlohnedé zlepence s piesčitým tme-

lom. Piesčitý tmel zvetráva rýchlejšie, preto v týchto miestach vznikla jaskyňa a severne od nej dva malé previsy. Strop je mierne sklonený na vrstvom rozhraní. Dno je rovné, do jaskyne zasahuje malý sutinový kužeľ, vpredu je vypreparovaný malý pilier. Jaskyňa na Šindľovej 2 (obr. 7) sa nachádza SV smerom od Jaskyne na Šindľovej 1. Je vytvorená pozdĺž puklín s vchodom rozšíreným mrazovým zvetrávaním. V jaskyni nevidieť žiadne prejavy krasovatenia a môžeme ju priradiť k rozsadlinovým jaskyniam.

Malá previsová Jaskyňa pod Skalou je vytvorená koróziou (Mitter, 1983a, b) a zvetrávaním vrstvy karbonátických pieskocov v dobrovodských zlepenkoch.

Jaskyňa pod Výškou sa nachádza neďaleko opusteného pieskového lomu SV od Dobrej Vody. Za úzkym vchodom medzi veľkými blokmi zlepenčov sa podzemný priestor zvažuje dolu do malej siene, ktorá je najväčším priestorom jaskyne. Jaskyňa vznikla na pukline, na ktorej je predisponovaná sieň vyznievajúca niekoľkými tesnými rúrovitými výbežkami (Mitter, 1983a, b). Všetky výbežky sa končia slepo. V jaskyni sú náteky sintrov v tvare baldachýnov a plošné nástenné náteky, ktoré sú zvetrané alebo odlomené. Na dne jaskyne je hĺna, úlomky zlepenca a vápenca. Miestami je hornina silne skrasovatená, niektoré vrstvy sú málo spevnené, vyskytuje sa aj nespevnený piesok. Jaskyňa vznikla na rozhraní triasových vápenčov a neogénnych zlepenčov s vrstvami pieskovca. Tvary vstupnej časti jaskyne poukazujú na skrasovatenie v zóne infiltrácie povrchových vôd.

Jaskyňa v Trianovej (obr. 8) sa nachádza v bývalom kameňolome pri Lopašove. Jej predispozíciu na vznik je priečna puklina na vrstevnatosti karbonátických zlepenčov (Droppa, 1952). Jaskyňa pozostáva z rúrovitej rovnej chodby, na konci ktorej nájdeme na stenách a strope sinter. Na konci jaskyne sú korózne tvary a sintrové náteky.

Sľubová jaskyňa sa nachádza na JZ brehu kopca Hrubé skalky a asi 80 m VSV od kóty Tatrov vršok. Je to rozsadlinová jaskyňa a vznikla gravitačným sklzom bloku vytvoreného puklinou. Jaskyňa je vytvorená v jemnozrnných zlepenkoch s piesčito-karbonátickým tmelom. Priesaková voda rozšírila priestor jaskyne vyplavovaním, resp. rozpúšťaním karbonátického tmelu. Jaskyňa je bez krasovej výzdoby.

Jaskyňa v Hrubých skalkách (obr. 9) sa nachádza VJV smerom od kóty Hrubé skalky. Je vytvorená na kontakte jemnozrnných zlepenčov a brekcií dobrovodských zlepenčov.

Jaskyňa sa rozširuje do brekcií, ktoré sú výlučne karbonátové s karbonátickým tmelom, odrážajúce svoje podložie. Jaskyňa je zanesená sedimentom, ale predpokladá sa jej pokračovanie smerom do podložia. Jaskyňa má korózne strop a sú tu aj pizolity.



Obr. 6. Jaskyňa na Šindľovej 1.

Foto: I. Danielčáková

Fig. 6. Jaskyňa na Šindľovej 1 Cave.

Photo: I. Danielčáková



Obr. 7. Jaskyňa na Šindľovej 2.

Foto: I. Danielčáková

Fig. 7. Jaskyňa na Šindľovej 2 Cave.

Photo: I. Danielčáková



Obr. 8. Jaskyňa v Trianovej, otvor (A) a vnútorný priestor (B). Foto: I. Danielčáková

Fig. 8. Jaskyňa v Trianovej Cave, entrance (A) and the inner space (B). Photo: I. Danielčáková





Obr. 9. Jaskyňa v Hrubých skalkách. Foto: I. Danielčáková  
Fig. 9. Jaskyňa v Hrubých skalkách Cave. Photo: I. Danielčáková



Obr. 10. Jaskyňa Zoluška. Foto: I. Danielčáková  
Fig. 10. Zoluška Cave. Photo: I. Danielčáková

Jaskyňa Zoluška (obr. 10) sa vyskytuje na okraji svahu kopca Školníkova v tesnej blízkosti rekreačných chát. Vznikla mechanickou eróziou pieskocov až veľmi jemnozrnných jablonických zlepcov v proximálnej časti aluviálneho kužela vodného toku Horná Blava v kombinácii s koróziou priesakových vôd po vrstevnom slede. Vo vrstevnom slede sa striedajú jemno- až strednozrnné zlepenice s karbonatickými pieskocami.

#### Jaskyne vo winterberských zlepencoch

Nad podbrančským zlepencom sa nachádza pelitické lužické súvrstvie, do ktorého laterálne od okrajov panvy vstupujú winterberské zlepenice, v ktorých je známa jedna jaskyňa. Winterberské zlepenice vznikli transportom sutinovým prúdom hlbšie do panvy a následnou sedimentáciou. Tvoria ich zlepenice a pieskovce, prevládajú však vápnité pieskovce, v ktorých sú šošovkovité polohy drobnozrnných zlepcov s vápnitým tmelom (Baňacký et al., 1996). Obliakový materiál i bloky sú dobre opracované, tvorené prevažne flyšovými pieskocami, ojedinele ílovcami. Obsahujú 43 % podiel karbonátových obliakov.

Jaskyňa v pískovni je rozšírená puklina v bývalom lome s dĺžkou 2,5 m v katastri Skallice. Jaskyňu radíme ku konzekventným jaskyniam. Vznikla počas ťažby alebo krátko po jej zastavení. Obnažením horniny došlo k zmene napätia a gravitačným poklesom najmä v pravej časti lomu orientovaným v smere sklonu svahu. Tým sa vytvorila puklina, ktorá je vymývaná presakujúcou meteorickou vodou (Ševčík, 2020). Piesky winterberských pieskocov, ktoré tvoria stenu lomu a ktoré boli v tomto lome ťažené, sú spájané vápnitým tmelom. Vďaka tomu sa v stenách lomu nachádzajú početné pseudokrasové útvary (abri), vytvorené gravitačným spádom a mechanickými procesmi rozrušovania horniny.

#### Jaskyne v jablonických zlepencoch

Horniny karpátu severnej časti Viedenskej panvy sa vyskytujú v dvoch súvrstviach. V jablonických zlepencoch, ktoré sú členom závodského súvrstvia, sa nachádzajú 3 jaskyne (tab. 4). Jablonické zlepenice predstavujú

regresívnu fáciu a reprezentujú sedimenty deltovo-aluviálnych vejárrov. V oblasti výskytu jaskýň sa ich hrúbka pohybuje od 5 m až do niekoľko desiatok metrov, maximálne po zhruba 180 m. Sedimenty tvoria polymiktné, väčšinou netriedené a dobre opracované obliaky, najčastejšie vo veľkosti 2 – 10 cm, ojedinele 30 – 50 cm. Celkový obsah karbonátov dosahuje 65 – 80 %, ďalej sú to pieskovce, kryštalické horniny a kremence. Smerom do nadložia zlepenice prechádzajú do polymiktných, drobnozrnných rozpadavých až strednozrnných pevnejších pieskocov, zodpovedajúcich jemnejším odrodám zlepcov (Maglay et al., 2011).

Vstupom do jaskyne Sárka (obr. 11) je osamelý 1,5 m hlboký lievikovitý závrť, ktorý nesúvisí so žiadnou závrťovou líniou v okolí (Holúbek, 2020). Priestory jaskyne sú rozší-

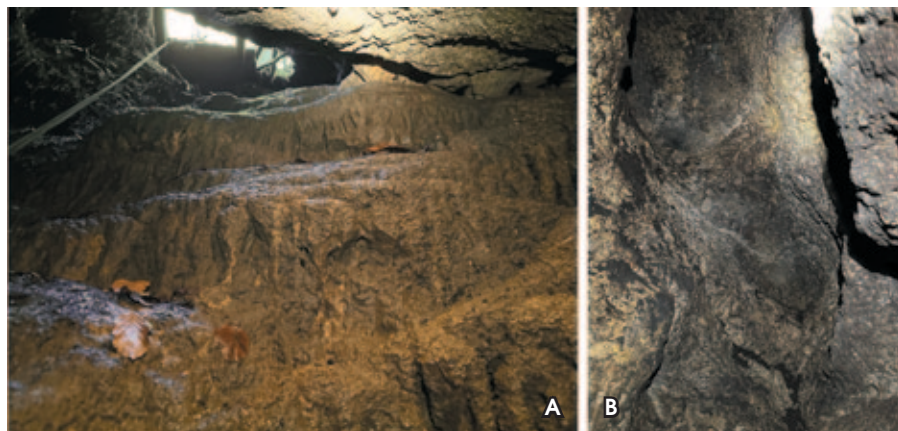
rené po vrstevnatosti jablonických zlepcov. Jaskyňa vznikla koróziou karbonatických zlepcov priesakovými vodami. Strop rozšíreného priestoru pokrývajú súvislé povlaky drobných kalcitových kryštálov. Krasová výzdoba je v jaskyni pozoruhodná, nachádzajú sa tu kvapľové vodopády, ktoré sa na previsnutých častiach menia na záclonovité závesy a drapérie. Jaskyňa je zadymená a sú v nej stopy po bývalých odstreloch.

Jaskyňa stretnutia (obr. 12) sa nachádza na južnom svahu kopca Dlhý vrch. Vznikla po uklonených vrstvách jablonických zlepcov. Hlavnou predispozíciou je nesúdržná vrstva riečnych zlepcov s maximálnou hrúbkou 11 cm. Zlepenice majú podpornú štruktúru matrixu s karbonaticko-piesčitým tmelom. Materiál obliakov sú kremence, pieskovce s veľkosťou maximálne 2 cm. Rovnobežne

Tab. 4. Jaskyne v jablonických zlepencoch Viedenskej panvy.

Tab. 4. The caves in the Jablonica conglomerates of the Vienna Basin.

Názov jaskyne	Dĺžka jaskyne [m]	Geomorfologický celok	Geomorfologický podcelok	Kataster
Jaskyňa Sárka / Jaskyňa pod Kýčerou	15	Malé Karpaty	Brezovské Karpaty	Hradište pod Vrátnom
Jaskyňa stretnutia	44			Hradište pod Vrátnom
Zlepenková jaskyňa	30			Naháč



Obr. 11. Jaskyňa Sárka – sintrové náteky (A) a stropná korózná dutina vyhlbená do vrstvy jablonických zlepcov (B). Foto: I. Danielčáková  
Fig. 11. Sárka Cave – flowstone (A) and ceiling corrosion cavity deepened into a layer of the Jablonice conglomerate (B). Photo: I. Danielčáková



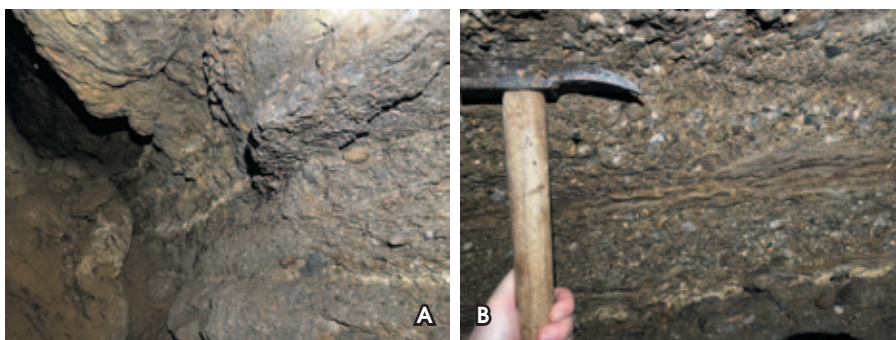
s vrstevnatosťou je puklina, na ktorej sa rozširuje jaskyňa a pozdĺž ktorej oblaky zo zlepenčov sú povypadávané. Jaskyňa vznikla eróznymi procesmi, vypadávaním klastov a čiastočne vymývaním tmelu zlepenčov.

Zlepencová jaskyňa sa nachádza južne od kopca Kýčera v nadmorskej výške 406 m n. m. (pozri jaskyňa Sárka). Vstupom do jaskyne je osamotený lievikovitý závrť na severnom svahu kopca, s vertikálnym rúrovitým vstupným otvorom. Po prekonaní úzkeho otvoru jaskyňa naberie horizontálny charakter s veľkou sieňou. Sieň má 2 časti, ktoré sú vytvorené tektonickou poruchou, pričom väčšia do strany vyznieva. Menšia časť siene je ohraničená rovnou stenou s komínovými výbežkami (obr. 13). Strop jaskyne je hladký a oblúkovitý. Dno veľkej siene je rovné, na ňom sú popadané bloky zlepenčov rozrušené po vrstevnatosti zlepenčov a oblakový materiál. Veľká sieň pokračuje vertikálne nadol do ďalšej siene, kde je predpoklad pokračovania jaskyne. Jaskyňa je pokrytá sintrovými nátekmi a nachádzajú sa v nej aj pizolity.

### Jaskyne v studienčanskom súvrství

Vrchnobádenské sedimenty reprezentuje studienčanské súvrstvie uložené v morskom prostredí; nachádzajú sa v ňom 3 jaskyne (tab. 5). Zastupujú ho okrajové plytkovodné sedimenty sandberských vrstiev a panvové pelitické sedimenty (Fordinál et al., 2012). Na báze sandberských vrstiev sa nachádzajú hrubozrnné až drobnozrnné brekcie, zlepence a piesčité zlepence, ktoré majú s predterciérnym podložím transgresívny styk. Petrografické zloženie klastov kopíruje bezprostredné podložie, resp. okolie, takže môžu prevažovať dolomity, vápence, kremence alebo horniny kryštalinika. Úlomky klastov dosahujú veľkosť väčšinou do prvej desiatky cm. Piesky s lavicami pieskocov a medzivrstvami štrkov ležia v nadloží bazálnych zlepenčov. V oblakoch štrkov v porovnaní s podložnými zlepenkami je zvýšené zastúpenie nekarbonátových hornín na úkor karbonátov. V šošovkovitej a doskovitej vrstevovitosti je pozorovateľné dobré vytriedenie, šikmé zvrstvenie a pozitívna gradácia. Na lokalite Sandberg ležia litotamniové vápence, ktoré sú súčasťou sandberských vrstiev, v nadloží pieskov a pieskocov. Reprezentujú ich piesčité organodetrítické a biohermné vápence s častou ílovitou prímesou. Dokumentujú prehĺbenie sedimentačného prostredia, spôsobené buď osciláciou morskej hladiny, alebo poklesmi južnej časti bloku Malých Karpát. Tieto vápence nesledujú iba jeden výškový horizont, ale sedimentovali v rôznych výškových úrovniach podľa prírodných podmienok počas zaplavovania v celom období vrchného bádenu. Vápence sú biele až krémovo sfarbené a lokálne pórovité, plné dutín po vylúhovaných schránkach ulitníkov a lastúrníkov. Majú dominantné zastúpenie fragmentov červených rias.

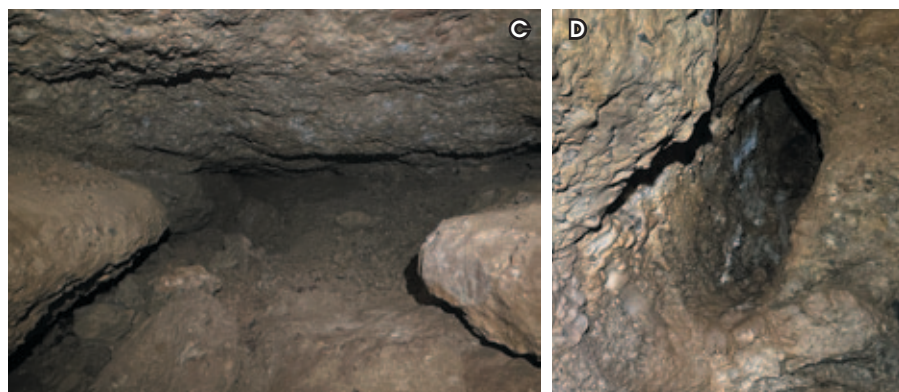
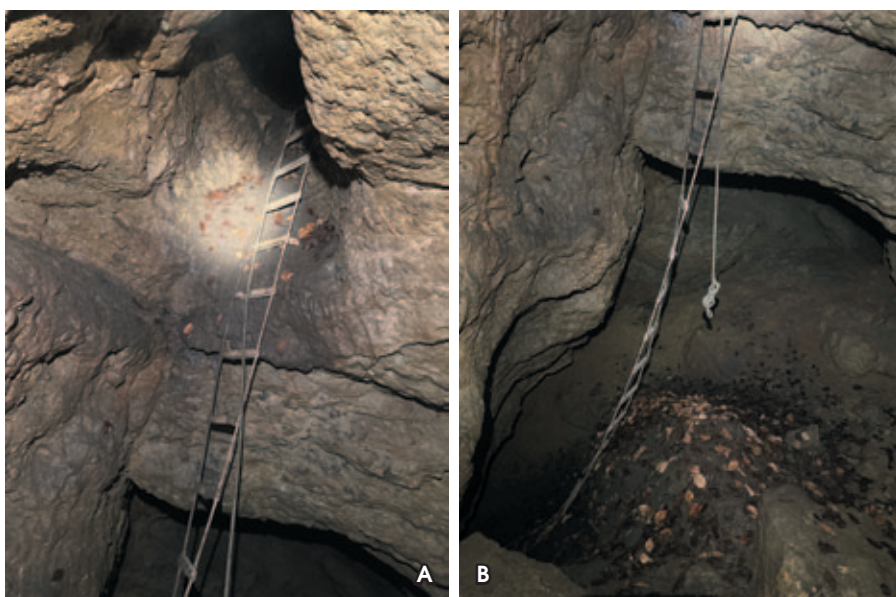
Jaskyňa Bielej skaly sa nachádza v rovnomennom opustenom kameňolome, ktorý bol otvorený vo vápniťých pieskococh a piesčitých zlepencoch bádenu. Vznikla počas ťažby alebo krátko po nej, keď vyťažením horniny došlo k zmene napätia a gravitačnému poklesu obrovského bloku v ľavej časti kame-



Obr. 12. Jaskyňa stretnutia – nesúdržná vrstva v jablonických zlepencoch (A), detailný záber (B).

Foto: I. Danielčáková

Fig. 12. Jaskyňa stretnutia Cave – unconsolidated layer in the Jablonica conglomerate (A), detail (B). Photo: I. Danielčáková



Obr. 13. Zlepencová jaskyňa – komínovitý vstupný otvor (A), oblúkovitý strop porušený mladším poklesovým zlomom (B), koncové zúženie veľkej siene (C), kupolovitá vyhlbenina (D). Foto: I. Danielčáková

Fig. 13. Zlepencová jaskyňa Cave – the chimney-shaped entrance (A), the arched ceiling disrupted by recent subsidence fault (B), the end narrowing of the great hall (C), cupola-shaped cavity (D). Photo: I. Danielčáková

Tab. 5. Jaskyne v studienčanskom súvrství Viedenskej panvy.  
Tab. 5. The caves in the Studienka Formation of the Vienna Basin.

Názov jaskyne	Dĺžka jaskyne [m]	Geomorfologický celok	Geomorfologický podcelok	Geomorfologická časť	Kataster
Jaskyňa Bielej skaly	5	Malé Karpaty	Devínske Karpaty	Devínska Kobyla	Devínska Nová Ves
Medzivrstvová jaskyňa / Zlepencová	165	Malé Karpaty	Devínske Karpaty	Bratislavské predhorie	Dúbravka
Pieskovcová jaskyňa	11	Malé Karpaty	Devínske Karpaty	Devínska Kobyla	Dúbravka



ňolomu (Lehotský, 1994). Jaskyňa má úzky vertikálny vchod, vzniknutý po odvalení s neprielezným pokračovaním. Bella (2016) túto jaskyňu radí medzi konzekventné rozsadlinové jaskyne, ktoré vznikajú technogénnou aktíviáciou prírodných procesov.

Medzivrstvová jaskyňa (obr. 14) je vytvorená vo vrchnobádenských pieskovočoch s vápnitým tmelom a kremitých zlepencoch sandberských vrstiev. Jaskyňa má charakter labyrintu so vzájomne poprepájanými rozvetvenými chodbami, ktoré vytvárajú niekoľko uzavretých okruhov a tri väčšie siene. Ide o horizontálnu jaskyňu s priemernou výškou priestorov nepresahujúcou 1,5 m. Steny sú z pieskovecov tmelených vápnitým tmelom, štrkov až zlepenčov. Puklinami v strope jaskyne, ktoré sú paralelné so smerom údolia, sa dostáva zrážková voda do pieskovecov a zlepenčov a v nich rozpúšťaný vápnitý tmel odplavuje do väčších hĺbok. Dôkazom o prebiehaní tohto procesu sú tenké vrstvičky sintrov na spodnej strane obliakov (Lehotský, 1994). Koncové časti sú vytvorené umelo po ťažbe piesku na umývanie riadu. Pod Medzivrstvovou jaskyňou sa nachádza ešte jeden podzemný priestor – „Brezno pod Hrubým brehom“, ktorý dosahuje dĺžku cca 25 m a hĺbku cca 8 m (Lačný et al., 2022).

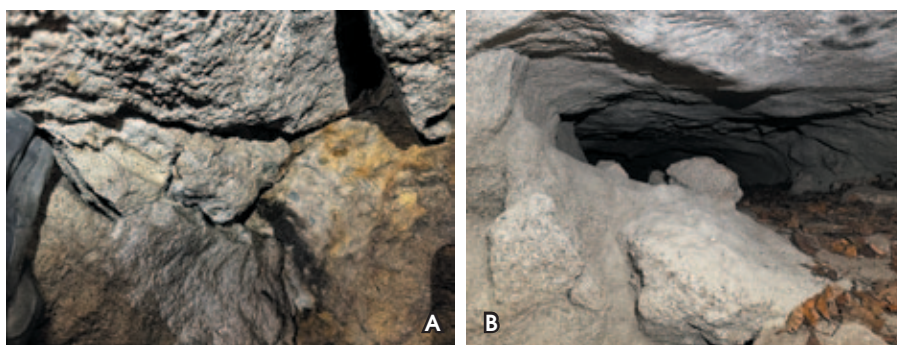
V litotamniových piesčitých vápencoch v Pieskovcovom vrchu, dnes známejšieho ako Sandberg, sa nachádza Pieskovcová jaskyňa. Pieskovcová jaskyňa je jednoduchá horizontálna jaskyňa s dĺžkou 11 m, malou sienkou neprevyšujúcou 1,2 m a s kanálovým oválnym tesným vchodom. Jaskyňa vznikla koróznym rozšírením pukliny, ktorá sa vyskytuje v menej spevnených pieskovočoch (Mitter, 1983a, b).

## PODUNAJSKÁ PANVA

Podunajská neogénna panva tvorí severný výbežok západopanónskej panvy. Jej sedimentárnu výplň tvoria morské, brakické až sladkovodné sedimenty, hlavne piesky, íly, štrky a vulkanoklastiká, miocénneho až pliocénneho veku, ktoré prekrývajú pomerne hrubé nánosy kvartérnych sedimentov. Celková hrúbka panvy dosahuje pravdepodobne až 4500 m. Panva, ktorá je súčasťou panónskeho panvového systému, vznikla aktívnou zaoblúkovou extenziou a následnou značnou termálnou subsidenciou v postriftovom štádiu vývoja (napr. Šujan et al., 2021). V pliocéne a kvartéri je v štádiu inverzie panvy, pri ktorej dochádza k poklesu v jej centrálnej časti a zároveň k miernemu výzdvihu okrajov, napríklad v oblastiach Malých Karpát, Nitrianskej a Hronskej pahorkatiny. Jaskyne vytvorené v neogénnych karbonatických zlepencoch Podunajskej panvy sú uvedené v tab. 6.

### Jaskyne v podbrančských zlepencoch

Zlepence sú prevažne karbonátové, zložené z obliakov triasových a jurských vápencov, v menšej miere z iných, hlavne vrchnokriedových vápencov. Opracovanosť obliakov



Obr. 14. Medzivrstvová jaskyňa – vrchnobádenské pieskovočce s vápnitým tmelom, stopa po umelom rozšírení chodby (A), pieskové úsypy na okraji chodby pod menej spevnenou vrstvou pieskovca (B).

Foto: I. Danielčáková

Fig. 14. Medzivrstvová jaskyňa Cave – upper baden sandstones with calcareous cement, the trace of artificial widening of the passage (A), sand deposits at the edge of the passage under a less consolidated layer of sandstone (B). Photo: I. Danielčáková

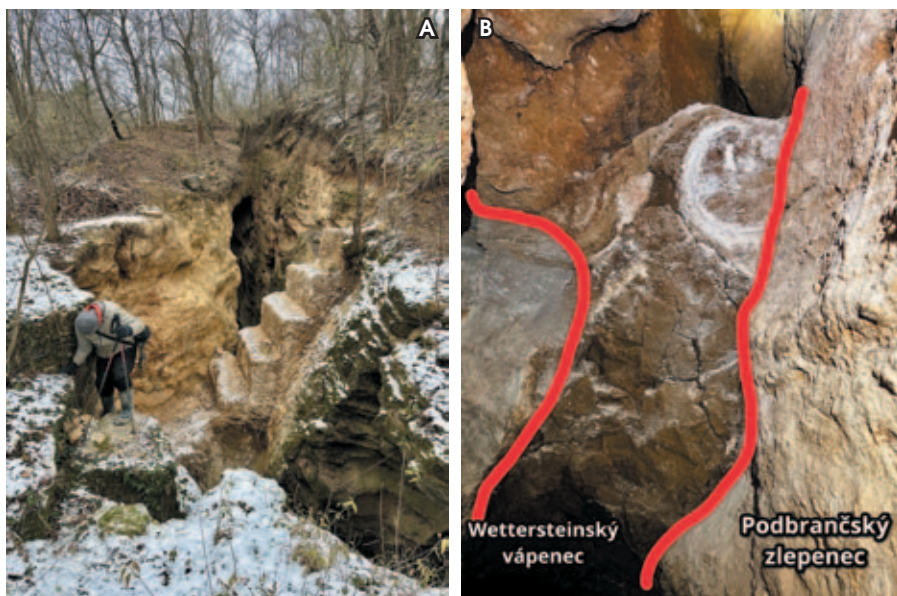
Tab. 6. Jaskyne v neogénnych karbonatických zlepencoch Podunajskej panvy.  
Tab. 6. The caves in the Neogene carbonate conglomerates in the Danube Basin.

Názov jaskyne	Dĺžka jaskyne [m]	Geomorfologický celok	Geomorfologický podcelok	Geomorfologická časť	Kataster
Stará vyvieracia v úvoze / Fosílna vyvieracia / Paleovýver	200	Malé Karpaty	Čachtické Karpaty	Nedze	Čachtice
Veľká pec	15	Malé Karpaty	Brezovské Karpaty	–	Prašník
Jaskyňa pod hůrkou	8	Strážovské vrchy	Trenčianska vrchovina	Teplická vrchovina	Dolné Motešice
Jaskyňa svätého Leonarda / Leonardova jaskyňa	16	Malé Karpaty	Pezinské Karpaty	Smolenická vrchovina	Doľany

je dokonalá až dobrá, pričom zrnitosť je veľmi premenlivá. Bazálne časti majú väčšinou väčšie klasty v porovnaní s Viedenskou panvou (obliaky až do 30 – 40 cm), smerom do nadľožia sú stredozrnité až jemnozrnité (0,5 – 3 cm). Tmel je výlučne karbonátový, na rozdiel od podbrančského zlepenca vo Viedenskej panve, kde je karbonaticko-piesčité. Spevnenie zlepenčov je rôzne, zvyčajne sú silne

rozpadavé. Majú väčšinou svetlé farby, sú masívne, vrstevnatosť je viditeľná len pri jemnejších odrodách. Zlepenca a štrky sa miestami vertikálne striedajú, ale lokálne prechádzajú do pieskovecov. Pieskovce tvoria vrstvy v zlepencoch a prevažujú v nich karbonátové zrná s karbonátovým tmelom (Salaj et al., 1987).

Stará vyvieracia v úvoze sa nachádza v hornej časti erózneho zárezu nad Čachtica-



Obr. 15. Jaskyňa Stará vyvieracia v úvoze (A), tektonický kontakt wettersteinského vápenca a podbrančského zlepenca s tektonickým ílom (B). Foto: I. Danielčáková

Fig. 15. Stará vyvieracia v úvoze Cave (A), tectonic contact of Wetterstein limestone and Podbranč conglomerate with tectonic clay (B). Photo: I. Danielčáková



mi, asi 65 m nad súčasnou hladinou vody vo vyvieracke Teplica. Je vytvorená na kontakte podbrančského zlepenca a wettersteinských vápencov (obr. 15). Je pravdepodobné, že táto vyvieracka pôvodne odvodňovala takmer celú Čachtickú planinu (Hochmuth, 2008). Stará vyvieracka je fluviokrasová jaskyňa, do ktorej sa I. Demovič s kolektívom dostali postupne vyberaním sedimentu do dĺžky 200 m. Horný vchod je vertikálny, spodný vchod je horizontálny výkop. V celej jaskyni sú rôzne korózne tvary (obr. 16) a ojedinelé sintrové náteky.

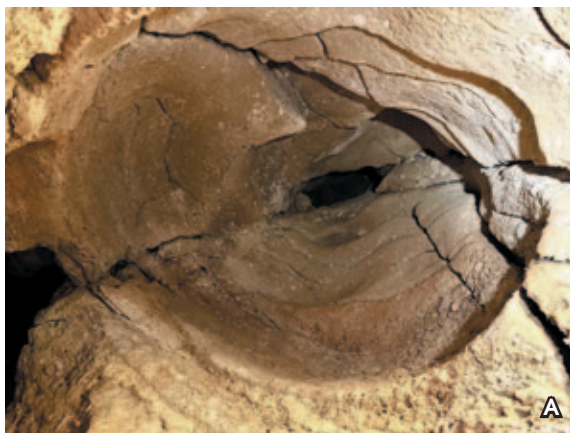
Jaskyňa Veľká Pec sa nachádza takmer na vrchole rovnomennej kóty, známej ako paleontologicko-archeologická lokalita. Má charakter mohutného skalného previsu (vchod gotického tvaru), vytvorila sa v málo súdržných morských sedimentoch procesmi zvetrávania a eolickou činnosťou. Eolická činnosť je badateľná na ohladených stenách jaskyne, na vrstvách s jemnejšou frakciou bola rušivá činnosť vetra intenzívnejšia. V minulosti bola táto činnosť intenzívnejšia, keďže vegetácie v danom území bolo podstatne menej (Liška, 1974).

### Jaskyne v kľačnianskych zlepencoch

Kľačnianske zlepence vznikali v štrkových osypoch na okrajoch skalného pobrežia, predstavujú litorálne sedimenty čausianskeho súvrstvia (Pristaš et al., 2000). Pozorovateľné je v nich šikmé zvrstvenie a ležia diskordantne a transgresívne na značne členitom mezozoickom podklade. Väčšina výskytov predstavujú len denudačné zvyšky pomerne malej plošnej rozlohy a hrúbky. Hrúbka sedimentov v okolí Jaskyne pod hôrkou dosahuje cca 40 m. Klasickejšie zlepenec tvoria takmer výhradne mezozoické karbonatické horniny, v menšom množstve žilný kremeň. Veľkosť obliakov sa pohybuje v rozmedzí 1 – 6 cm, väčšie obliaky sa vyskytujú zriedkavo a sú viazané na bázu vrstiev. Okrem hrubozrnných zlepenecov sa vyskytujú aj jemnozrnné, prechádzajúce do hrubozrnných pieskovcov. Spevnenie zlepenecov závisí od karbonátového tmelu, resp. obsahu dolomitového piesku. Jaskyňa pod hôrkou dosahuje dĺžku 8 m. Vyteká z nej stály autochtónny tok, ktorý slúži ako vodný zdroj. Predpokladaná genéza jaskyne je fluviokrasovou činnosťou vody.

### Jaskyne v dolánskych zlepencoch

Dolánsky polymiktný zlepenec so šošovkami pieskovcov vyčlenil Kováč (in Plašienka et al., 1991) a stratigraficky ho zaradil do vrchného bádenu. Leží diskordantne a transgresívne na predneogénnom podloží a je zakrytý peltickými vrstvami báhonskeho súvrstvia. Má hrúbku niekoľko desiatok metrov. V blízkosti Jaskyne svätého Leonarda sa skladá z dvoch častí zlepenecov s podpornou štruktúrou matrixu. Spodnejšiu vrstvu, v ktorej sa nachádza jaskyňa, predstavujú jemno- až strednozrnné brekciovitité sedimenty prevažne s piesčitým matrixom. Matrix pozostáva z monokryštalického kremeňa a plagioklasov. Petrografické zloženie klastov je takmer monomiktné. Tvoria ich ostrohranné a slabo opracované úlomky mezozoických, svetlosivých a tmavosivých vápencov s veľkosťou až 25 cm. Až 94 % klastov tvoria karbonatické horniny, zvyšnú časť metamorfované horniny, kremenné arenity a metapiess-



Obr. 16. Jaskyňa Stará vyvieracka v úvoze – stropná kupolovitá vyhlbenina (A), oválna korózna chodba (B).

Foto: I. Danielčáková

Fig. 16. Stará vyvieracka v úvoze Cave – ceiling cupola-shaped cavity (A), oval corrosion passage (B).

Photo: I. Danielčáková

kovce. Karbonáty sú zastúpené hlavne jurskými hlbokovodnými vápencami (Csibri, 2020).

Jaskyňa svätého Leonarda sa nachádza pod kaplnkou sv. Lenharda v obci Dolány nad cintorínom. Je to fluviokrasová jaskyňa. Vznik pripisujeme rozpušťaťiu karbonátov v kombinácii s mechanickým vypadávaním väčších klastov zo základnej vápnitej zložky. Predispozíciu je niekoľko puklín, po ktorých tieto procesy prebiehajú. Jaskyňa má zaujímavú výzdobu (Lačný, 2006).

### DISKUSIA

Hoci predmetom príspevku bolo zosumarizovať jaskyne vytvorené v neogénnych karbonátových pieskovcoch a zlepencoch, treba poukázať aj na jaskyne, ktoré sa vyskytujú v horninách so sporným vekovým zaradením. Karbonatickým zlepencom v Lopejskej kotline niektorí autori prisudzujú neogénny vek, podľa iných sú staršie. V týchto zlepencoch sú vytvorené dve jaskyne – Dolnolehotská jaskyňa a Ružová jaskyňa.

### Jaskyne vo vajkovských zlepencoch

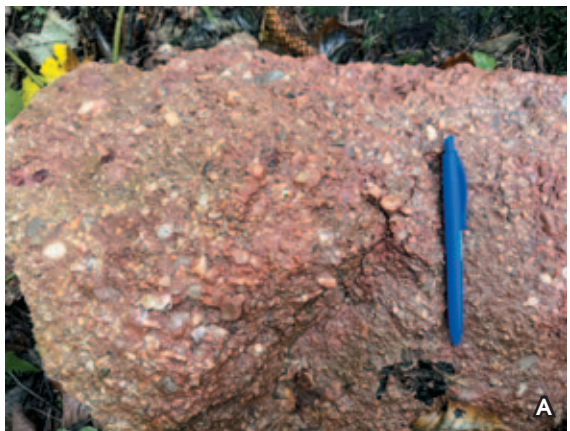
Vajkovský potok pri vyústení z kryštalinika Nízkyh Tatier vytvára po oboch stranách terasový systém s dobre rozlíšiteľnou eróznou terasou a akumulátnou pokrývkou Lopejskej kot-



Obr. 17. Jaskyňa svätého Leonarda predisponovaná puklinou. Foto: I. Danielčáková

Fig. 17. Jaskyňa svätého Leonarda Cave controlled by fracture. Photo: I. Danielčáková

liny. Červené zlepence a brekcie vajkovských zlepenecov sú zachované na ploche maximálne 10 m<sup>2</sup> severne od Podbrezovej a Lopeja, na oboch brehoch Vajkovského potoka, miestami prekryté pliocénymi štrkami (Jakál, 1990).



Obr. 18. Vajkovské zlepence s výraznou červenou piesčitou základnou hmotou a s rôzne veľkými úlomkami karbonátov s priemerom 0,5 cm (A), detailný záber (B). Foto: I. Danielčáková

Fig. 18. Vajkovské conglomerates with a distinct red sandy cement matrix and with carbonate fragments of different sizes, 0.5 cm in diameter (A), detail (B). Photo: I. Danielčáková



Tab. 7. Jaskyne v ?neogénnych vajskovských zlepencoch.  
Tab. 7. The of caves in the ?Neogene Vajsková conglomerates.

Názov jaskyne	Dĺžka jaskyne [m]	Geomorfologický celok	Geomorfologický podcelok	Kataster
Dolnolehotská jaskyňa / Lehôtska jaskyňa	50	Horehronské podolie	Lopejská kotlina	Dolná Lehota
Ružová jaskyňa	8			

Vajskovské zlepence ležia diskordantne na triasových horninách. Sú to karbonátové zlepence až brekcie vyznačujúce sa červenou tmeliacou ílovito-piesčitou hmotou (obr. 18).

Tvorí lavice hrubé 10 – 100 cm. Medzi lavicami sú nesúvislé tenké vrstvy pieskovca, zriedkavo ílovca. Oblíky a úlomky sú rôznej veľkosti (0,5 – 30 cm), zložené z triasových karbonátov, menej z permských andezitov a melafýrov, resp. bazaltov, ako aj permských a spodnotriasových zlepenecov. Priepustnosť zlepenecov je dobrá až veľmi dobrá, prevažne puklinová (Biely a Samuel, 1982). Vajskovské zlepence majú však neisté vekové zaradenie – niektorí autori ich radia k pretransgresívnym paleogénnym zlepencom (napr. Filo et al.,

2013; Filo et al., 2014; Gross, 2008), iní zlepencom prisudzujú až neogénny vek (napr. Biely a Samuel, 1982; Biely et al., 1997).

Uvedené vlastnosti, ako i rozpustnosť karbonátovej zložky zlepenecov podmieňujú vznik krasových a fluviokrasových javov (tab. 7), zvlášť keď povrch zlepenecov bol zrezaný na krasovú plošinu a má len mierne členitý reliéf. V tabuľke nie je zaradená nepreskúmaná aktívna Dolnolehotská vyvieracia (obr. 19), vyvierajúca z vajskovských zlepenecov, ktorá má viditeľné pokračovanie do otvorených priestorov zaplnených vodou.

Dolnolehotská jaskyňa v Lopejskej kotline leží na dolnom konci prielomového úseku Vajskovského potoka. Pretekajú ňou aj vody Vajskovského potoka, ktoré infiltrujú do pod-

zemného vápencového masívu v priestore dvoch umelých vzdušných vodného toku pod dreveného mostíka a spolu s ďalšími podzemnými vodami pretekajú cez jaskyňu a vracajú sa do potoka v mieste veľkej skalnej steny. Jaskyňa je predisponovaná na diskontinuitách, dosahuje dĺžku 50 m. Výška jej chodieb kolíše od 0,5 do 3 m. Zo stien a na dne vyčnievajú menej rozpustné, prevažne dolomitické klasty (obr. 20). Strop a steny v zadnej časti jaskyne sú pokryté sintrovými nátekmi a ojedinelou kvapľovou výzdobou – brká, stalaktity a záclonky.

Ružová jaskyňa s dĺžkou 8 m je vertikálna jaskyňa bez jaskynnej výzdoby. Vznikla na zlomovej ploche na kontakte vápencov a vajskovských zlepenecov.

## ZÁVER

Počet jaskýň v neogénnych karbonátových zlepencoch a pieskovcoch nie je veľký – 28 jaskýň, avšak tieto jaskyne majú svoju neoceniteľnú hodnotu, keďže ponúkajú možnosti na štúdium geologickej stavby územia. Napríklad jaskyne v sandberských vrstvách studienčanského súvrstvia, ktoré sú zastúpené okrajovými plytkovodnými sedimentmi, sa nachádzajú v štyroch z piatich častí celého vrstevného sledu, počnúc Jaskyňou Bielej skaly, ďalej Medzivrstvovou jaskyňou a Pieskovcovou jaskyňou.

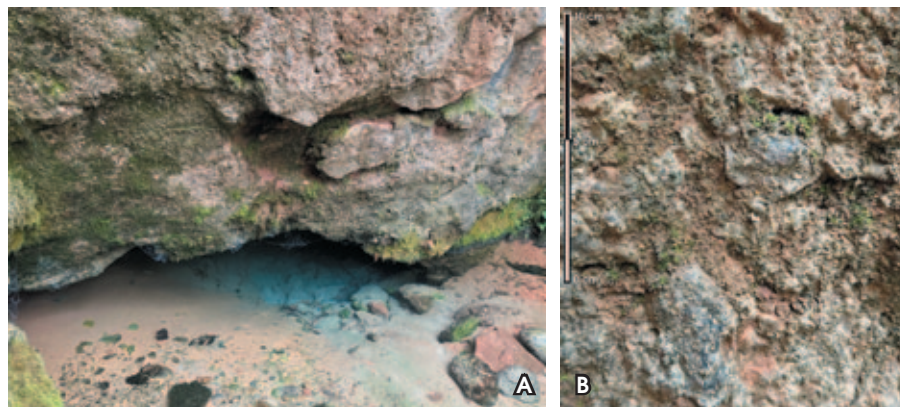
Jaskyne vytvorené v neogénnych karbonátových zlepencoch a pieskovcoch sa nachádzajú vo Viedenskej a Podunajskej panve. Charakter sedimentárnej výplne je v závislosti od lokality neogénnych paniev rôznorodý. Vo Viedenskej panve sa nachádza približne 85 % z celkového počtu jaskýň. Rozdeľiac výskyt jaskýň podľa litológie, najviac jaskýň je vytvorených v podbrančskom zlepeneci (tab. 8).

Tab. 8. Litológia jaskýň vytvorených v neogénnych karbonatických zlepencoch a pieskovcoch.  
Tab. 8. The lithology of caves formed in the Neogene carbonate conglomerates and sandstones.

Litológia	Počet jaskýň
podbrančský zlepenec	11
dobrovodský zlepenec	8
jablonický zlepenec	3
studienčanské súvrstvie	3
winterberský zlepenec	1
kľačniansky zlepenec	1
doľanský zlepenec	1

Tab. 9. Genéza jaskýň vytvorených v neogénnych karbonatických zlepencoch a pieskovcoch.  
Tab. 9. The genesis of caves formed in the Neogene carbonate conglomerates and sandstones.

Genéza jaskyne / procesy	Počet jaskýň
rozpúšťanie	15
mechanická erózia	4
gravitačná dezintegrácia hornín	5
antropogénne iniciovaná gravitačná dezintegrácia hornín	4



Obr. 19. Dolnolehotská vyvieracia (A), menej rozpustné oblíky a úlomky vo vajskovskom zlepeneci v tesnej blízkosti vyvieracky (B). Foto: I. Danielčáková  
Fig. 19. Dolnolehotská Spring (A), less soluble clasts and fragments in close proximity of the spring (B). Photo: I. Danielčáková



Obr. 20. Dolnolehotská jaskyňa – menej rozpustné oblíky a úlomky vo vajskovskom zlepeneci v riečisku (A), jaskynná výzdoba (B). Foto: I. Danielčáková  
Fig. 20. Dolnolehotská jaskyňa Cave – less soluble clasts and fragments in the stream bed (A) in the Vajsková conglomerate, cave decoration (B). Photo: I. Danielčáková

Podbrančský zlepenec je najstaršou neogénou horninou a signalizuje úvodné prehĺbenie panvy. Jeho obliakový charakter je výlučne karbonátový, má karbonátový tmel a odráža priamo svoje podložie (dolomity, vápence). Polovica jaskýň vytvorených rozpúšťaním je práve v podbrančskom zlepení (tab. 9). V dobrovodských zlepencoch sa nachádza druhý najväčší počet jaskýň vytvorených roz-

púšťaním. Tieto zlepenec majú vysoký podiel vápnitej zložky, ktorý podmieňuje krasovatenie. Skoro 15 % z uvedeného prehľadu jaskýň sú jaskyne vytvorené počas ťažby pieskovcov alebo krátko po jej skončení (konzekventné jaskyne). V rovnakom počte sú známe aj jaskyne vzniknuté mechanickou eróziou.

Do článku sú začlenené aj jaskyne, ktoré sa vyskytujú v horninách so sporným vekovým

zaradením. Sú to dve jaskyne v Lopejskej kotlině (Dolnolehotská jaskyňa a Ružová jaskyňa).

Jaskyne v neogénnych karbonátových zlepencoch a pieskovcoch môžu byť zdanlivo nepríťažlivé, no speleológovia, ako I. a V. Demovič, T. Ďurka, R. Lehotský, M. Liška, P. Mitter, M. Ševčík a ďalší, svojou prácou rozširovali a rozširujú naše poznatky a chránia tieto jaskyne pre budúce generácie.

## Literatúra

- BAŇACKÝ, V. (Ed.) – ELEČKO, D. – VASS, D. M. – POTFAJ, M. – SLAVKAY, M. – IGLÁROVÁ, L. – ČECHOVÁ, A. 1996. Vysvetlivky ku geologickej mape Chvojnickej pahorkatiny a severnej časti Borskej nížiny 1 : 50 000. GSSR, Bratislava, 144 s.
- BEGAN, A. – HANAČEK, J. – MELLO, J. – SALAJ, J. 1984. Geologická mapa Myjavskej pahorkatiny, Brezovských Karpát a Čachtických Karpát 1 : 50 000. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- BELLA, P. 2016. Jaskyne na Slovensku – genetické typy a morfológia. *Speleologia Slovaca* 6, Verbum, Ružomberok, 88 s.
- BELLA, P. – HLAVÁČOVÁ, I. – HOLUBEK, P. 2018. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 31. 12. 2017). SMOPaJ, SSJ, SSS, Liptovský Mikuláš, 528 s.
- BIELY, A. – BEZÁK, V. (Eds.) – BUJNOVSKÝ, A. – VOZÁROVÁ, A. – KLÍNEC, A. – MIKO, O. – HALOUZKA, R. – VOZÁR, J. – BEŇUŠKA, P. – 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. Geologická služba Slovenskej republiky, Bratislava, 232 s.
- BIELY, A. – SAMUEL, O. 1982. K otázke veku červených vajsokovských zlepenecov v Lopejskej kotlině. *Geologické práce*, 77, 103–110.
- BUDAY, T. – CAMEL, B. – MAHEL, M. 1962. Vysvetlivky k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000 M-33-XXXV M-33-XXXVI Viedeň-Bratislava, Geofond, 248 s. BUDAY, T. – CAMEL, B. – KAMENICKÝ, J. – MAHEL, M. 1963. Geologická mapa ČSSR, mapa predštvrtohorných útvarov 1 : 200 000; M – 33 – XXXV list Bratislava; M – 33 – XXXVI list Wien. Ustredný úrad geologický, Praha.
- CSIBRI, T. 2020. Hruboklastické usadeniny v oblasti alpsko-karpatského styku: indikátor výzdvihu orogénu, jeho kolapsu a následného vzniku paniev počas kenozoika. Dizertačná práca, Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského v Bratislave, 177 s.
- DANIELČÁKOVÁ, I. – BELLA, P. – LITVIA, J. 2022. Jaskyne v paleogénnych zlepencoch na Slovensku. *Aragonit*, 27, 2, 68–77.
- DROPPA, A. 1952. Kras na juhovýchodnej strane Malých Karpát. In A. Virsik a kol.: Kras a jaskyne Malých Karpát. Sprievodca Slovakotourou, Tatran, Bratislava, 63–138.
- FILO, I. – SIRÁŇOVÁ, Z. – ŽECOVÁ, K. – VANĚKOVÁ, H. 2013. Paleogén breznianskej kotliny. Príloha č. 1 správy Kováčik et al.: Tektonické vzťahy, vnútorná náplň a korelačné aspekty metamorfovaných horninových komplexov v oblasti severného a južného veporika. In Hraško, L. (Ed.): Aktualizácia geologickej stavby problémových území Slovenska v mierke 1 : 50 000. ŠGÚDŠ a MŽP SR, Bratislava, 74 s.
- FILO, I. – SIRÁŇOVÁ, Z. – ŽECOVÁ, K. – VANĚKOVÁ, H. 2014. Paleogén breznianskej kotliny. In Hraško, L. et al.: Výsledky geologickej úlohy „Aktualizácia geologickej stavby problémových území SR“. Geologické práce, Správy 124, 31.
- FILO, I. 2015. Vaďovský neogén. In Teták, F. – Potfaj, M.: Vysvetlivky ku geologickej mape Bielych Karpát (južná časť) a Myjavskej pahorkatiny 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 144–156.
- FORDINÁL, K. – MAGLAY, J. – NAGY, A. – ELEČKO, M. – VLAČIKY, M. – MORAVCOVÁ, M. – ZLIŇSKÁ, A. – BARÁTH, I. – BOOROVÁ, D. – ŽECOVÁ, K. – ŠIMON, L. 2013. Nové poznatky o stratigrafii a litologickom zložení neogénnych a kvartérnych sedimentov regiónu Záhorská nížina. *Geologické práce, Správy* 121, 47–87.
- FORDINÁL, K. (Ed.) – MAGLAY, J. – ELEČKO, M. – NAGY, A. – MORAVCOVÁ, M. – VLAČIKY, M. – KOHÚT, M. – NÉMETH, Z. – BEZÁK, V. – POLÁK, M. – PLAŠIENKA, D. – OLSAVSKÝ, M. – BUČEK, S. – HAVRILA, M. – HÓK, J. – PEŠKOVÁ, I. – KUCHARIČ, L. – KUBEŠ, P. – MALÍK, M. – BALÁŽ, P. – LIŠČÁK, P. – MADARÁS, J. – ŠEFČÍK, P. – BARÁTH, I. – BOOROVÁ, D. – UHER, P. – ZLIŇSKÁ, A. – ŽECOVÁ, K. 2012. Vysvetlivky ku geologickej mape Záhorskej nížiny 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 232 s.
- FUSÁŇ, O. – BIELY, A. – IBRMAJER, J. – PLANČÁR, J. – ROZLOŽNÍK, L. 1987. Podložie terciéru vnútorných Západných Karpát. *Geol. úst. Dionýza Štúra, Bratislava*, 7–103.
- GROSS, P. 2008. Litostratigrafia Západných Karpát: Paleogén – podtatranská skupina. ŠGÚDŠ, Bratislava, 78 s.
- HÓK, J. – KOVÁČ, M. – PELECH, O. – PEŠKOVÁ, I. – VOJTÍK, R. – KRÁLIKOVÁ, S. 2016. The Alpine tectonic evolution of the Danube Basin and its northern periphery (southwestern Slovakia). *Geologica Carpathica*, 67, 5, 495–505. <https://doi.org/10.1515/geoca-2016-0031>
- HÓK, J. – LITVIA, J. – ŠUJAN, M. – ŠAMAJOVÁ, L. – ŠUJAN, M. – ŠÍPKA, F. 2018. Geological structure of the Dobrá Voda seismoactive area (western Slovakia). *Acta Geologica Slovaca*, 10, 2, 143–150.
- HOLUBEK, P. 2020. Správa o činnosti Slovenskej speleologickej spoločnosti za rok 2019. *Spravodaj SSS*, 51, 2, 44–45.
- HOLUBEK, P. 2021. Správa o činnosti Slovenskej speleologickej spoločnosti za rok 2020. *Spravodaj SSS*, 52, 2, 85–86.
- JAKÁL, J. 1990. Hornolehotský kras Horehronského podolia. *Slovenský kras*, 28, 59–69.
- KOVÁČ, M. – BARÁTH, I. – HOLIČKÝ, I. – MARKO, F. – LINTNEROVÁ, O. – ŠUCHA, V. – ŠUTOVSKÁ, K. – UHER, P. 1991a: Geologicko-geochemické vyhodnotenie vrtovej v oblasti Dobrej Vody a štruktúrno-tektonická charakteristika Dobrovodskej depresie. In Machmerová, E. (Ed.): Dobrá Voda-Dechtice-hgp. Manuscript, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 16–49. Geofond, archívne číslo: 75883
- KOVÁČ, M. – BARÁTH, I. – ŠUTOVSKÁ, K. – UHER, P. 1991b. Zmeny v sedimentárnom zázname spodného miocénu v dobrovodskej depresii. *Mineralia Slovaca*, 23, 3, 201–213.
- KORTMAN, B. 2010. Súhrnná správa o činnosti Slovenskej speleologickej spoločnosti od roku 2006 a správa za rok 2009. *Spravodaj SSS*, 41, 1, 4–41.
- KOVÁČ, M. – PLAŠIENKA, D. 2003. Geologická stavba oblasti na styku Alpsko-karpatsko-panónskej sústavy a priláhlych svahov Českého masívu. *Univerzita Komenského, Bratislava*, 88 s.
- LAČNÝ, A. – DUŠEKOVÁ, L. – GALOVÁ, M. 2022. Krasové územia Malých Karpát. *Georg. Žilina*, 56 s.
- LEHOTSKÝ, R. 1994. Krasové a pseudokrasové jaskyne Devínskych Karpát. *Slovenský kras*, 32, 23–40.
- LIŠKA, M. 1974. Jaskyňa Veľká pec. *Krásy Slovenska*, 51, 11, 509.
- MAGLAY, J. (Ed.) – PRISTAŠ, J. – NAGY, A. – FORDINÁL, K. – ELEČKO, M. – HAVRILA, M. – BUČEK, S. – KOVÁČIK, M. (BA) – HÓK, J. – BARÁTH, I. – KUBEŠ, P. – KUCHARIČ, L. – MALÍK, P. – KLUKANOVÁ, A. – LIŠČÁK, P. – ONDRAŠÍK, M. – ZUBEREC, J. – BALÁŽ, P. – ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P. 2011. Vysvetlivky ku geologickej mape Podunajskej nížiny – Tmavskej pahorkatiny 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 322 s.
- MICHALÍK, J. – BROSKA, I. – FRANČU, J. – JENDREJÁKOVÁ, O. – KOCHANOVÁ, M. – LINTNEROVÁ, O. – MASARYK, P. – PAŠPOVÁ, J. – PLANDEROVÁ, E. – ŠUCHA, V. – ZATKALÍKOVÁ, V. 1992. Štruktúrny vrt Dobrá Voda DV-1 (1 140,8 m) (Dobrá Voda – Konča Skaliek) v Brezovských Karpatoch. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- MITTER, P. 1983a. Dobrovodsko-prašnícky zlepenecový kras. *Slovenský kras*, 21, 199–207.
- MITTER, P. 1983b. Geomorfologická rajonizácia krasu Malých Karpát. *Slovenský kras*, 21, 3–34.
- PANOŠ, V. 2001. Karsologická a speleologická terminológia. *Knižné centrum, Žilina*, 352 s.
- PLAŠIENKA, D. – MICHALÍK, J. – KOVÁČ, M. – GROSS, P. – PUTIŠ, M. 1991. Paleotectonic evolution of the Malé Karpaty Mts. – an overview. *Geologica Carpathica*, 42, 4, 195–208.
- PLAŠIENKA, D. – GRECULA, P. – PUTIŠ, M. – KOVÁČ, M. – HOVORKA, D. 1997. Evolution and structure of the Western Carpathians: an overview. *Mineralia Slovaca – Monograph*, Košice, 1–24.
- PRISTAŠ, J. (Ed.) – ELEČKO, M. – MAGLAY, J. – FORDINÁL, K. – ŠIMON, L. – GROSS, P. – POLÁK, M. – HAVRILA, M. – IVANIČKA, J. – HATÁR, J. – VOZÁR, J. – TRÁČOVÁ, H. – TRÁČ, J. – LIŠČÁK, P. – JÁNOVÁ, V. – ŠVASTA, J. – REMŠÍK, A. – ŽÁKOVÁ, E. – TÖRÖKOVÁ, I. 2000. Vysvetlivky ku geologickej mape Podunajskej nížiny a Nitrianskej pahorkatiny 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 250 s.
- SALAJ, J. (Ed.) – BEGAN, A. – HANAČEK, J. – MELLO, J. – KULLMAN, E. – ČECHOVÁ, A. – ŠUCHA, P. 1987. Vysvetlivky ku geologickej mape Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát 1 : 50 000. ŠGÚDŠ, Bratislava, 181 s.
- ŠEVČÍK, M. 2020. Prieskum pseudokrasových útvarov západnej časti Záhoria. *Spravodaj SSS*, 51, 4, 7–9.
- ŠUJAN, M. – RYBÁR, S. – KOVÁČ, M. – BIELIK, M. – MAJČIN, D. – MINÁR, J. – PLAŠIENKA, D. – NOVÁKOVÁ, P. – KOTULOVÁ, J. 2021. The polyphase rifting and inversion of the Danube Basin revised. *Global and Planetary Change*, 196, 103375. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103375>
- VASS, D. – BEGAN, A. – GROSS, P. – KAHAN, Š. – KÖHLER, E. – KRYSŤEK, I. – LEXA, J. – NEMČOK, J. 1988. Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov panónskej panvy na území ČSSR. Slovenský geologický úrad, ŠGÚDŠ – Geofond, Bratislava.



## JASKYNE V PALEOGÉNNÝCH ZLEPENCOCH NA SLOVENSKU – DODATOK

V časopise Aragonit 27/2 z roku 2022 je uverejnený prehľad jaskýň na Slovensku, ktoré sú vytvorené v paleogénnych karbonatických zlepencoch. Do prehľadu treba doplniť Pekelnú dieru (Pokollyuk) v severovýchodnej časti Rimavskej kotliny, ktorá je podcelkom Juhoslovenskej panvy. Rimavská kotlina je nízko položenou kotlinou, rozčleňuje sa na štyri časti. Jednou z nich je Licinská pahorkatina, v ktorej je najrozsiahlejšia krasová oblasť Rimavskej kotliny s množstvom jaskýň.

Pekelná diera sa nachádza severne od Skerešova, na okraji Dapšovho lesa. Vytvorená je v paleogénnych budikovianskych vrstvách patriacich do budínskej oblasti (obr. 1). Ich vrchnooligocénny vek bol určený na základe veľkých foraminifér z mikrozlepenčov v okolí jaskyne (Zlínka, 2009). Budikovianske vrstvy predstavujú bazálnu a okrajovú litostratigrafickú jednotku egeru (Vass et al., 1989). Ležia transgresívne na kišceli, resp. transgresívne a diskordantne na predterciérnych jednotkách. Laterálne smerom do panvy vyznievajú a sú nahradené prachovcami lučenského súvrstvia. Hlavnú masu zlepenčov tvoria organodetrické, resp. úlomkové piesčité vápence maximálnej veľkosti 5 cm, zlepenca a brekcie tvorené úlomkami stredotriasových dolomitov. Pekelná diera leží na okraji krasového územia so značným

vplyvom nevápnitých hornín (andezity, deľuviálne uloženiny).

Pekelná diera dosahuje hĺbku 11 m. Má strmé až kolmé rozvetvené priestory bez sintrovej výzdoby. V jej spodnej časti sa spájajú dva priepastovité otvory. Hlavný vchod s rozmermi 3,2 × 1,1 m je tvorený tektonickou poruchou širokou 0,5 – 1 m a aktívne odvádza občasnú povrchovú vodu (Gaál, 1987).

Ivona Danielčáková, Ľudovít Gaál

### Literatúra

GAÁL, Ľ. 1987. Kras Rimavskej kotliny. Slovenský kras, 25, 5–27.

VASS, D. – ELEČKO, M. – BODNÁR, J. – GAÁL, Ľ. – HANÁČEK, J. – HANZEL, V. – LEXA, J. – MELLO, J. – PRISTAŠ, J. – VOZÁROVÁ, A. 1986. Vysvetlivky ku geologickej mape Rimavskej kotliny a priľahlej časti Slovenského rudohoria 1 : 50 000. CÚDŠ, Bratislava, 59–60.

ZLÍNKA, A. 2009. Foraminiférové asociácie z lučenského súvrstvia vrhu FGRk-1 Rimavská kotlina. Mineralia Slovaca, 41, 3, 291–312.

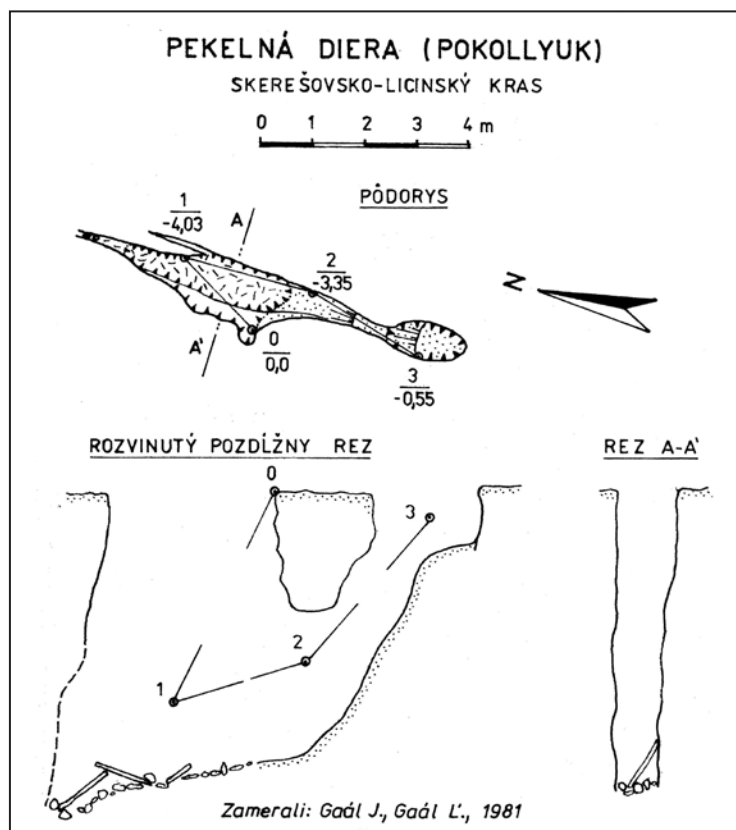


Obr. 1. Výskyty paleogénnych hornín v Centrálnych a Vnútroňných Západných Karpatoch, oblasti výskytu jaskýň v paleogénnych zlepencoch, lokalizácia Pekelnej diery.

Fig. 1. Distribution of the Paleogene rocks in the Central and Internal Western Carpathians, areas of the occurrence of caves in the Paleogene conglomerates, location of the Pekelná diera Abyss.



Obr. 2. Pekelná diera. Foto: I. Balciar  
Fig. 2. Pekelná diera Abyss. Photo: I. Balciar



## PLANES OF REPOSE V SPELEOLOGICKEJ TERMINOLÓGII

Do speleologickej literatúry/terminológie pojem *planes of repose* zaviedol Arthur Lange v roku 1963. Vo vápencových jaskyniach ním označil korózne šikmé hladké skalné plochy sklonené dovnútra pod uhlom okolo 45°, ktoré sa vyskytujú v spodných častiach oválnych chodieb (priečný profil v tvare nadol zúženého kruhového výseku). Uvádza, že vznikajú rozpúšťaním vápencov počas pomalej cirkulácie vody (nie pozdĺž vrstevných plôch alebo iných štruktúrno-tektonických diskontinuit), keď v zaplavenej časti jaskynných priestorov usadzovanie nerozpustných zvyškov prekáža koróznemu rozširovaniu podlahy a šikmých častí stien. Usadzovanie jemných sedimentov usmerňuje koróziu vápencu nad horný okraj ich pokryvu. Strmé časti skalných stien nad usadenými sedimentmi sa postupne rozširujú do epifreatického bočného zárezu alebo zväčšenej freatickej klenby. Keď novovytvorený šikmý skalný povrch nadobudne sklon, na ktorom sa začnú usadzovať sedimenty, ich pokrýv zastavuje rozpúšťanie vápencu (Lange, 1963, 1968; Goodman, 1964).

Pojem *planes of repose* (sypná plocha, plocha odpočinku) bol aplikovaný a zavedený do speleológie (speleogeomorfológie) v súvislosti s pojmami *angle of repose* (sypný uhol), resp. *angle of rest* (uhol odpočinku) a *angle of sliding friction* (uhol klzného trenia). Pritom sa zvažoval uhol sklonu naklonenej roviny, pri ktorom predmet na nej umiestnený je na pokraji zosunutia (skĺznutia) vplyvom svojej hmotnosti. Intenzita trenia závisí od charakteru povrchu šikmej plochy i predmetu, ktorý je na nej umiestnený, ako aj od veľkosti a hustoty predmetu. Uhol klzného trenia, ako aj sypný uhol (pod ktorým sypký materiál bude stáť, keď sa kopovito nahromadí) sa menia nepriamo s veľkosťou a hustotou úlomkov a priamo s drsnosťou ich povrchu. Oba uhly sú určené rovnováhou medzi trením a gravitačnou silou. Zvyšovanie veľkosti alebo hustoty úlomkov zvyšuje relatívnu hodnotu ťahu gravitácie na každý fragment v porovnaní s vplyvom trenia, čím sa uhol znižuje. Pri zvýšenej drsnosti povrchu je väčšie trenie, čím sa uhol zvyšuje. Uhol klzného trenia sa pre rôzne materiály značne líši. Pre ten istý materiál je uhol klzného trenia nižší ako sypný uhol (Barkalow, 1945).

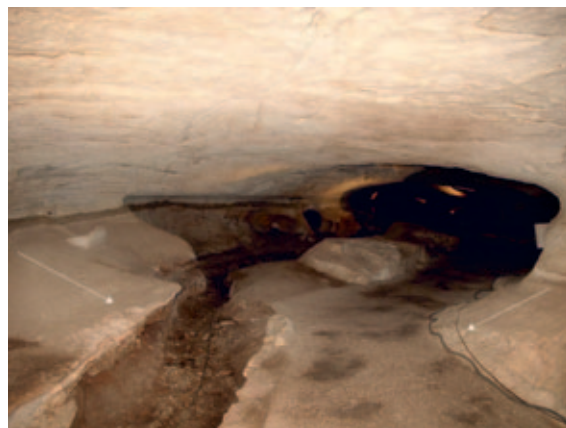
Morfologicky *planes of repose* zodpovedajú *Lösungsfazetten*, ktoré v nemeckých sadrovcových jaskyniach opísal Gripp (1913). Ich vznik vysvetlil rozdielnou intenzitou rozpúšťania sadrovca, ktorá v závislosti od miery nasýtenia vody zvýšenou hmotnosťou klesá od hladiny podzemnej vody do nižšej časti dutiny vyplnenej vodou. Po oboch stranách vertikálnej poruchy, pozdĺž ktorej voda preniká do jaskyne, sa na hladine podzemnej vody vytvára zarovnaný strop a pod ním dovnútra sklonené šikmé ploché facety (nadol zúžený trojuholníkový priečný profil chodby). Zväčšovaním zarovnaného stropu do strán sa sklon faciet postupne znižuje. Voda s vyššou koncentráciou rozpustených látok poklesáva pozdĺž faciet a spôsobuje konvekčné prúdenie. Vytváranie viacerých faciet nad sebou (na jednej stene) dáva autor do súvislosti s etapovitým znižovaním vodnej hladiny.

Podľa Langeho (1963, 1968) a Goodmana (1964) sa korózne šikmé skalné plochy na stenách jaskýň môžu takto vytvárať len v takmer stagnujúcej vode a v extrémne rozpustných horninách. Lange (1963) ďalej podotýka, že šikmé skalné plochy sa vyskytujú nielen v sadrovcových, ale aj v niektorých vápencových jaskyniach. Dokonca v jednej chodbe sa môžu vytvárať súbežne aj niekoľkokrát nad sebou napriek tomu, že tieto jaskyne vznikajú aktívnejšou cirkuláciou/prúdením vody. Preto Goodman (1969) usúdil, že namiesto *Laugfacetten* by bolo aj v nemeckej literatúre vhodnejšie uvádzať *Ruheflächen* (= *planes of repose*). Lukin (1967) dáva v sadrovcových jaskyniach vytváranie chodieb so šikmými, dovnútra zbiehajúcimi sa stenami do súvisu nielen s hydrochemickou stratifikáciou vody, ale aj s pokrývaním skalných stien jemnými sedimentmi usmerňujúcimi rozpúšťanie hornín na nepokrytých povrchoch (rovnako aj Andrejchuk, 1992).

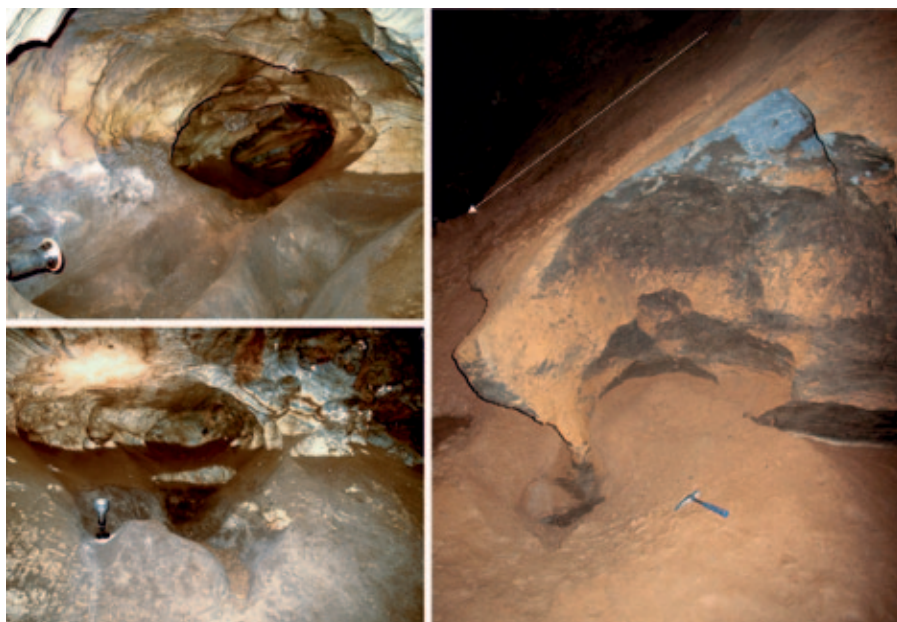
V nemeckých sadrovcových jaskyniach sa *Lösungsfazetten*, resp. *Facetten* naďalej skúmali a pokračovala diskusia o ich vytváraní vrátane poukázania na príliš zjednodušený výklad vzniku *planes of repose* (pozri Reinboth, 1968, 1971, 1974; Kempe, 1970, 1972; Kempe a Seeger, 1972). Podľa Reinbotha (1971, 1992) sa *Facetten* zväčšujú odspodu nahor pod uhlom 45°, súčasne s nahor navyšujúcim a rozširujúcim sa zarovnaným stropom v dôsledku intenzívnejšieho rozpúšťania sadrovca vo vrchnej časti freatickej zóny (pod úrovňou hladiny podzemnej vody). Vytváranie zarovnaného stropu nedáva do súvislosti s vodnou hladinou,

rozpúšťanie sadrovca na šikmých facetách nepredpokladá. Kempe (1972, 1976) predpokladá, že horizontálne zárezy typu *Laugdecken* a k nim prislúchajúce *Facetten* sa môžu vytvoriť na stene aj opakovane nad sebou – 1 až 2 m pod spodným a horným okrajom zóny priemerných ročných výkyvov (oscilácie) hladiny podzemnej vody.

Podľa Kempeho et al. (1975), resp. Kempeho a Hartmanna (1977) *Facetten* vznikajú uniformným rozpúšťaním sadrovca v dôsledku konvekčného prúdenia vody od zarovnaného stropu nadol pozdĺž šikmých skalných stien so sklonom okolo 45° (*Laugdecken* sa paralelne zvyšuje odspodu nahor, *Facetten* súčasne paralelne ustupujú do strán). Na rozdiel od predchádzajúcich modelov uvádzajú, že voda vystupuje do jaskyne pomaly pozdĺž vertikálnej poruchy z podložných, litologicky obmedzených zvodnených súvrství alebo preniká zo strán z aluviálnych sedimentov priľahlej doliny. V soľných



*Planes of repose* v riečne modelovanej chodbe, jaskyňa Longhorn Caverns, Texas, USA. Foto: P. Bella  
*Planes of repose* in a fluviially modelled passage, Longhorn Caverns, Texas, USA. Photo: P. Bella



*Planes of repose* v jaskyni vytvorenej v kryštalických vápencoch a ankerite (s povlakom okrov), Ochtinská aragonitová jaskyňa. Foto: P. Bella  
*Planes of repose* in a cave formed in crystalline limestone and ankerite (with ochre coating), Ochtiná Aragonite Cave, Slovakia. Photo: P. Bella



jaskyniach vytvorených v ľahko rozpustnom halite sa účinkom vzostupného prúdu podzemnej vody (v dôsledku gradientu spôsobeného nerovnomerným nasýtením vody) dutiny trojuholníkového alebo kónického tvaru zväčšujú narastaním stropu nahor a laterálnym zväčšovaním horných koncov faciet (Gechter et al., 2008).

Rozdielne názory na vytváranie korózných šikmých skalných stien, najmä v jaskyniach vytvorených v karbonátoch, buď koróziou obme-

zenou a usmernou usadzovaním jemných sedimentov na sypných plochách (*planes of repose*), alebo nerovnomerným rozpúšťaním hornín v dôsledku geochemickej stratifikácie vody a jej pridruženým konvekčným prúdením (*Facetten*), prípadne kombinovým vplyvom týchto faktorov a procesov, sa prejavujú aj v nejednotnej terminológii (pozri Ginés a Ginés, 1977; Reinboth, 1992; Bella, 2013). Pojem *planes of repose* je menej frekvencovaný až

ojedinelý, obsahovo striktno nadväzujúci na uhol klzného trenia. Viac frekvencovaný pojem *Facetten* sa spája s geochemickou stratifikáciou a pridruženým konvekčným prúdením vody.

V neskoršej anglo-americkú literatúre sa korózne šikmé skalné steny alebo ich časti uvádzajú ako *solution facets*, resp. *facets* (Ford, 1988; Ford a Williams, 1989; Lauritzen a Lundberg, 2000).

Pavel Bella

## Literatúra

- ANDREJCHUK, V. 1992. O proischozhenii polygonal'nykh sečenij peščernykh chodov. Izučenie ural'skikh peščer. Doklady 2. i 3. konferencii speleologov Urala. Perm, 103–105.
- BELLA, P. 2013. Korózne šikmé facety v jaskyniach a ich morfogenetické znaky – príklady z vybraných jaskýň na Slovensku. *Aragonit*, 18, 2, 78–84.
- BURKALOW, A. VAN 1945. Angle of repose and angle of sliding friction: an experimental study. *Geological Society of America Bulletin*, 56, 6, 669–707. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1945\)56\[669:AORAAO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1945)56[669:AORAAO]2.0.CO;2)
- FORD, D. C. 1988. Characteristics of Dissolutional Cave Systems in Carbonate Rocks. In James, N. P. – Choquette, P. W. (Eds.): *Paleokarst*. Springer, New York – Berlin – Heidelberg – London – Paris – Tokyo, 25–57.
- Ford, D. C. – Williams, P. W. 2007. *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. Wiley, Chichester, 562 s. <https://doi.org/10.1002/9781118684986>
- Gechter, D. – Huggenberger, P. – Ackerer, Ph. – Waber, H. N. 2008. Genesis and shape of natural solution cavities within salt deposits. *Water Resources Research*, 44, 11, W11409. <https://doi.org/10.1029/2007WR006753>
- GINÉS, A. – GINÉS, J. 1977. Discusion bibliografica entre las entalladuras de corrosion y otras morfologias de aspecto semejante. *Endins*, 4, 13–20.
- GOODMAN, L. R. 1964. Planes of repose in Höllern, Germany. *Cave Notes*, 6, 3, 17–19.
- GOODMAN, L. R. 1969. Ein Beitrag zur Laugung bei gleichzeitiger Anwesenheit von Sediment. *Abhandlungen*, 5. Internationaler Kongress für Speläologie (Stuttgart, 1969), 2, München, 30/1–30/6.
- GRIPP, K. 1913. Über den Gipsberg in Segeberg und die in ihm vorhandene Höhle. *Hamburg wissenschaftliche Anstalten*, 30 (1912), 6, 35–51.
- KEMPE, S. 1970. Beiträge zum Problem der Speläogenese im Gips unter besonderer Berücksichtigung der Unterwasserphase. *Die Höhle*, 21, 3, 126–134.
- KEMPE, S. 1972. Cave genesis in gypsum with particular reference to underwater conditions. *Cave Science*, 49, 1–6.
- KEMPE, S. 1976. Höhlenbildung und Wasserkörper in Stillwasserbereich. In Panoš, V. (Ed.): *Proceeding of the 6<sup>th</sup> International Congress of Speleology – Olomouc (1973)*, 4, 125–132.
- KEMPE, S. – BRANDT, A. – SEEGER, M. – VLADI, F. 1975. “Facetten” and “Laugdecken”, the typical morphological elements of caves developed in standing water. *Annales des Spéléologie*, 30, 4, 705–708.
- KEMPE, S. – HARTMANN, R. 1977. Solution velocities on facets: Vessel experiments. In Ford, T. D. (Ed.): *Proceeding of the 7<sup>th</sup> International Congress of Speleology*, Sheffield, 256–258.
- KEMPE, S. – SEEGER, M. 1972. Zum Problem der Höhlengeneese im Stillwassermilieu. *Mitteilungen des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher e. V.*, 18, 3, 53–58.
- LANGE, A. 1963. Planes of repose in caves. *Cave Notes*, 5, 6, 41–48.
- LANGE, A. L. 1968. The changing geometry of cave structures. Part III: Summary of solution processes. *Caves and Karst*, 10, 3, 29–32.
- LAURITZEN, S. E. – LUNDBERG, J. 2000. Solutional and erosional morphology. In Klimchouk, A. B. – Ford, D. C. – Palmer, A. N. – Dreybrodt, W. (Eds.): *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. National Speleological Society, Huntsville, Alabama, U. S. A., 408–426.
- LUKIN, V. S. 1967. O proischozhenii naklonnykh ploščadok i cokolej vnutri karstovykh polostej. *Zemlevedeniye*, 7, 212–214.
- REINBOTH, F. 1968. Beiträge zur Theorie der Gipshöhlenbildung. *Die Höhle*, 19, 3, 75–83.
- REINBOTH, F. 1971. Zum Problem der Facetten- und Laugdeckenbildung in Gipshöhlen. *Die Höhle*, 22, 3, 88–92.
- REINBOTH, F. 1974. Untersuchungen zum Problem der Höhlenbildung im Gips. *Mitteilungen des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher e. V.*, 20, 2, 25–34.
- REINBOTH, F. 1992. Laborversuche zur Entstehung von Stillwasserfacetten und Laugdecken – mit einem kritischen Überblick zum Stand der Diskussion. *Die Höhle*, 43, 1, 1–18.

# TRIDSIATA KARSOLOGICKÁ ŠKOLA V POSTOJNEJ

**Laura Dušeková – Miloš Melega**

Inštitút pre výskum krasu ZRC SAZU v Postojnej už od roku 1993 každoročne organizuje medzinárodné karsologické školy (ďalej IKS), ktoré patria už od svojho začiatku k významným podujatiam združujúcim odborníkov a nadšencov krasu z celého sveta. V poradí 30. IKS s názvom CLASSICAL KARST svoje okružle výročie venovala témam koncepcných modelov a prístupov vo výskume klasického krasu. Správu slovenských jaskýň na podujatí reprezentovali Laura Dušeková a Miloš Melega.

Registrácia a oficiálna otváracia ceremónia sa konali v miestnom kultúrnom centre v pondelok 19. júna 2023 v skorších dopoludňajších hodinách. Počas registrácie účastníci dostali podrobného sprievodcu celým programom vrátane abstraktov a exkurzií, ako aj krásnu publikáciu k 75. výročiu založenia tamojšieho Inštitútu pre výskum krasu. Po príhovore nasledoval blok prednášok týkajúcich sa speleológie, speleogenézy a modelov, ktorý uvádzal F. Gabrovšek. Začal sa jeho súbornou prednáškou o modeloch speleogenézy.

Ďalšie referáty sa zamerali na možnosti aplikácie koncepcných modelov procesov v „kritickej zóne“ Zeme (od bázy zvetraných hornín po vrchný okraj koruny stromov, kde interakcie medzi geologickými, biologickými, klimatologickými, chemickými a hydrologickými procesmi tvoria zemský povrch a poskytujú celý rad ekosystémových služieb) pri výskume krasu (M. D. Covington), pokroky v karsológii od začiatku fungovania krasovej školy v Postojnej (A. N. Palmer a M. V. Palmer, kľúčová prednáška) či na interdisciplinárny prístup k hypogénnej speleogenéze a pôvodu kolapsových závrtoch v travertínoch centrálnych Ánd (A. Tyc a kol.). Nasledovali prednášky o komplexnom geologickom a geomorfologickom výskume jaskýň v Krkonošiach (P. Bosák a kol.) a o dynamike a kontaktnej speleogenéze ľadovca a sekvestrácií CO<sub>2</sub> (S.-E. Lauritzen).

Poobedňajší blok prednášok, ktorý moderovala N. Ravbar, bol venovaný hydroológii a jaskynnej klíme. Začal sa prednáškou o rozdielnych prístupoch modelovania procesov prúdenia vody v krasových systémoch (J.

Dourman). Nasledujúce prednášky priniesli príklady z Nového Zélandu (P. W. Williams), Iránu (N. Kalantari a kol.), ako aj z historických prác Albera Fortisa v rokoch 1741 – 1803 (R. Lončarič). Blok ukončila prednáška o prístupoch a problematike mikroklimatického monitoringu jaskýň (N. Buzjak a kol.). Program dňa zakončil večerný blok viac ako štyridsiatich posterov, ktoré boli vystavené v Inštitúte pre výskum krasu a jednotliví autori ich v krátkosti komentovali. Nasledne program plynule prešiel do neformálnej diskusie spojenej s jednoduchým občerstvením, ktorá prebiehala do neskorého večera. My sme na posterii predostrelí koncept metodiky hodnotenia jaskýň na Slovensku, ktorý zaujal viacerých zvedavých odborníkov. Tí nám priblížili skúsenosti a prístupy uplatňované v ich krajinách.

V utorku sa program začal prednáškovým blokom o geomorfológii a morfológii jaskýň, ktorý uvádzala N. Zupan Hajna. Kľúčová prednáška sa venovala vývoju a evolúcii modelov v geomorfológii (A. Persoiu). Nasledovali prednášky o stopách zaľadnenia v krase





Účastníci exkurzie vo vstupe do jaskyne Spodmol v Selški Lozi. Foto: L. Dušeková

Benátskych Álp (U. Sauro), identifikácii krasových depresí prostredníctvom lidarových dát v Slovenskom krase (A. Gessert) a o netypických jaskynných sedimentoch z planiny Kras a ich spojení s erupciou stratovulkánu Smrekovec (N. Zupan Hajna a kol.). Prednáškový blok o krasovej geológii, ktorý moderovala S. Šebela, sa začal kľúčovou prednáškou o úlohe geologickej histórie a základných faktoroch v krasových modeloch (I. Sasowsky). Nasledovali prednášky o sedimentoch hypogénnej podvodnej jaskyne (D. Sziefert a kol.) a základných najstarších alogénnych sedimentoch bezstropnej jaskyne (unroofed cave) Loza v Slovinsku (B. Rožič a kol.).

V popoludňajších hodinách sa začala poldenná terénna exkurzia zameraná na časť



Stalagmit bezstropnej jaskyne v severnej časti doliny Lipove. Foto: M. Melega

kontaktného krasu Slavinski ravnik, najjužnejšej kontaktnej krasovej oblasti Postojnskej kotliny. Ako prví sme si prezreli slepú dolinu Sajevško polje s aktívnymi a reliktnými ponormi potoka Rakuliščica, ako aj rôzne typy povrchovej sedimentácie a aluviálny kužel. V závere tejto slepej doliny sme si prezreli vstupné časti ponorovej jaskyne Markov spodmol, ktorá je 868 m dlhá a 61 m hlboká (v súčasnosti ako ponor funguje len výnimočne pri vysokom vodnom stave). Ďalšou zastávkou boli odkryvy starých jaskynných sedimentov na povrchu, po ktorých sme smerovali k dvom najstarším pozostatkom prastareho jaskynného systému Loza – bezstropnej jaskyni Loza a jaskyni Spodmol v Selški Lozi.

V stredu dopoludnia sa prednášky upriali na biospeleológiu a biochémiu; uvádzal ich J. Mulec. Tento blok sa začal kľúčovou prednáškou o tom, ako živočíšna DNA môže pomôcť pochopiť formovanie a genézu krasových území (S. Polak). Zaujímavá bola aj vyžiadaná prednáška o metagenomike vo výskume podzemia (M. Hernandez Garcia), ako aj prednáška o výskume podmorských sulfurových prameňov (K. Šušmelj a kol.).

Prednášková časť tohtoročnej IKS bola zakončená špeciálnou sekciou o presahoch poznatkov z karsológie. Moderoval ju M. Prelovšek. Prvá kľúčová prednáška vysvetľovala širší koncept krasu v súvislosti s vládou, priemyslom a verejnosťou (P. Griffins). Nasledovala prednáška o identifikácii a hodnotení

krasových procesov s cieľom ochrany jaskýň a dedičstva. Záujem vyvolala aj druhá kľúčová prednáška o planetárnych jaskyniach a uplatňovaní vedomostí o krase a speleogenéze na Zemi na jaskyne v slnečnej sústave (F. Sauro). Na záver bol predstavený multidisciplinárny metadátový portál Inštitútu pre výskum krasu ZRC SAZU (M. Năpăruș-Aljančić).

Popoludnie patrilo terénnej exkurzii zameranej na geológiu a hydrogeológiu doliny Hornej Pivky. Začala sa v dedine Palčje, odkiaľ sme sa presunuli k občasnému jazeru Palško. Občasné jazerá doliny Hornej Pivky sa objavujú súčasne so stúpaním regionálnej hladiny podzemnej vody. Dva najväčšie z nich sú Palško a Petelinjsko jazeró. Pokračovali sme popri východnej strane jazera Palško k jaskyni Matijeva jama, ktorá je dôležitou súčasťou prítoku a odtoku jazera až k jaskyni Jama v Ždinjku, ktorá je považovaná za „kandidáta“ na záložnú zásobáreň pitnej vody.

Vo štvrtok bola na programe celodenná exkurzia, ktorú sme začali pri rieke Reka s jej kontaktným krasom. Tu sme pozorovali ponory v koryte rieky. Následne sme sa presunuli k sulfidickému prameňu Smrdljivec, ktorý je prítokom Reky (objavený 0,5 km proti prúdu, kde sa Reka ponára do systému Škocjanske jame). Pokračovali sme prehliadkou jaskynného systému Škocjanske jame (dĺžka viac než 6 km) s kolapsovými závrťmi. Od roku 1986 boli zaradené medzi lokality svetového prírodného dedičstva UNESCO vďaka ich mi-



Vchod do jaskyne Planinska jama. Foto: M. Melega



Veľký prameň počas suchej časti roka – súčasť skupiny prameňov vytvárajúcich rieku Veľká Ljubljana. Foto: M. Melega



moriadnemu podzemnému kaňonu, ktorý je jedným z najväčších na svete. Následne sme sa po menšom obednom občerstvení presunuli k Lipove doline – bezstropnej jaskyni. Poslednou zastávkou exkurzie bola paleokraková jaskyňa s pozostatkami dinosaurov. Tým sa však program tohto dňa neskončil. Večer prebiehal v neformálnom, no slávnostnom duchu s recepciou, oficiálnym ukončením 30. ročníka krájaním torty a hudobným vystúpením Geobandy zloženej z geológov, z ktorých väčšinu sme stretávali v rámci podujatia ako organizátorov.

V piatok sa končil program 30. IKS v Poštojnej poslednou celodennou terénnou

exkurziou so zameraním na podzemnú hydrografiю v oblasti napájania Ljubljany. Prvou zastávkou boli odtokové zóny Cerknisko polje, ktoré je najväčším krasovým poljom v Slovinsku (nazývaným aj jazero Cerknisko). Keď je plné, pokrýva až 26 km<sup>2</sup> z 38 km<sup>2</sup> celkovej plochy polja. Pred dosiahnutím Planinského polja sa voda klesajúca v hlavných ponoroch Cerkniského polja vynára v asi 1,5 km dlhej a 200 m širokej krasovej doline Rakov Škocjan. Hydrologia doliny Rakov Škocjan bola druhým bodom nášho programu. Ďalšou zastávkou bola jaskyňa Planinska jama, nachádzajúca sa na južnom okraji Planinského polja. Jaskyňa je 6,6 km dlhá a známa sútokom

dvoch významných regionálnych riek – Pivky a Rak, pričom z jaskyne vyteká pod spoločným názvom rieky Unica s prietokom až do 90 m<sup>3</sup>/s. Poslednou zastávkou boli kolapsové závrtky a pramene rieky Ljubljana blízko mesta Vrhnika.

Na 30. ročníku IKS boli prítomní účastníci z 31 krajín sveta. Už tradične vysoká úroveň podujatia odzrkadľovala zanietenosť a vysoké pracovné nasadenie všetkých, ktorí sa podieľali na jeho príprave a celom priebehu. Okrem pocitu z vydareného podujatia si účastníci odnášali aj množstvo nových zážitkov, poznatkov, kontaktov a určite aj inšpirácie na svoje ďalšie pracovné aktivity.

## 2. ODBORNÁ KONFERENCIA „KRAS, JESKYNĚ A LIDÉ“ V ČESKEJ REPUBLIKE

*Zuzana Višňovská – Lucia Pristašová*

Medzinárodná speleologická únia (UIS) vyhlásila rok 2021 (neskôr aj rok 2022) za medzinárodný rok jaskýň a krasu. Hlavnou myšlienkou bolo v globálnom meradle upozorniť na špecifický charakter krasových území a ich extrémnu zraniteľnosť voči antropogénnym vplyvom. Pri tejto príležitosti usporiadala v septembri 2022 Česká geologická služba v spolupráci s Českou speleologickou spoločnosťou, Správou jaskýň ČR a Agentúrou ochrany prírody a krajiny – CHKO Moravský kras 1. ročník odbornej konferencie k problematike udržateľného rozvoja v krasových oblastiach pod názvom „Kras, jeskyňe a lidé“. Akcia prebehla pod záštitou UIS a za podpory Ministerstva životného prostredia ČR a konala sa v Blansku-Českovicach (Česká republika). Podujatie bolo zamerané na zlepšenie povedomia verejnosti o problematike jaskýň a krasu a ich vzťahu k podzemným vodám. Medzi hlavné témy patrili: (1) Využívanie jaskýň a krasu človekom, (2) Ochrana jaskýň a krasu, (3) Význam krasových území z hľadiska hydrologie a hydrogeológie, (4) Ochrana podzemnej vody a vodných zdrojov, (5) Speleologická činnosť ako primárne získavanie poznatkov o jaskyniach a krase.

V poradí 2. ročník konferencie „Kras, jeskyňe a lidé“ sa konal v dňoch 21. – 24. 9. 2023 v mestečku Sloup v Moravskom krase (Česká republika). Organizovaný bol Českou speleologickou spoločnosťou s partnermi identickými z 1. ročníka konferencie ako súčasť 5. medzinárodného stretnutia speleológov v Moravskom krase (pri príležitosti 45. výročia založenia Českej speleologickej spoločnosti) a znovu pod záštitou UIS. Tentoraz sa ústrednými témami podujatia stali: (1) Osídľovanie krasových oblastí, (2) Prví krasovní bádatelia, (3) Vedec pohľad na jaskyne a jeho vývoj v čase, (4) Počiatky a súčasnosť modernej speleológie, (5) Súčasná využitie a ochrana krasových oblastí.

Slávnostné privítanie účastníkov obidvoch podujatí a odborná časť programu samotnej konferencie prebiehali v Kultúrnom dome mestečka Sloup. Na úvod sa prihovrili čelní predstavitelia Českej speleologickej spoločnosti a Medzinárodnej speleologickej únie (Zdeněk Motyčka, Jan Lenart, Johannes Mattes, Nadja

Zupan Hajna). Prítomní boli aj prezident odborného výboru konferencie a čestný zástupca UIS Pavel Bosák a zástupcovia ostatných spoluzorganizátorov. Odborný program konferencie tvorili štyri bloky prednášok a posterová sekcia.

Prvý a druhý blok prednášok boli zamerané na významné historické osobnosti a dôležité udalosti v spoznávaní jaskýň v rôznych častiach Európy. J. Mattes priblížil osobnosť Johannesa Antona Nagela, matematika vtedajšieho habsburského dvora vo Viedni a jeho dobové zápisky a poznatky z expedícií po jaskyniach Moravského krasu z rokov 1747 – 1748. V. Kaňa predstavil hneď niekoľko učencov a bádateľov, ktorí sa od 17. storočia významnou mierou zaslúžili o poznávanie jaskýň Moravského krasu. V dvoch prednáškach za sebou sa B. Chiril zaoberal stručným prierezom histórie karsológie a bližšie predstavil prácu a dielo Jeana Corbela, významného francúzskeho geografa a jaskyniara 20. storočia.

Na speleologické počiny bratov Tadeusza a Stefana Zwolińských, objaviteľov desiatok jaskýň v poľských Tatrách z 1. polovice 20. storočia, upriamil pozornosť Ł. Lewkowicz. „Historický blok“ doplnili referáty o diele Mauritiusa Vogta „Bohemia et Moravia Subterranea“ z roku 1729 obsahujúcom súhrn dovtedy známych jaskýň Čiech a Moravy (L. Rychnová, M. Vokurka), ďalej o histórii speleologického mapovania v Moravskom krase (F. Kuda, J. Weigel, R. Kratochvíl, V. Ouhřabka, P. Zajíček,

V. Baldík, J. Sirotek), o vývoji amatérskej speleológie v severnej časti Moravského krasu po 2. svetovej vojne (J. Sirotek) a o archívnych materiáloch v zbierke Múzea Blanenska v Blansku vzťahujúcich sa k speleologickej činnosti.

V úvode tretieho bloku sa P. Bosák venoval problematike speleogenézy a jaskynných výplní jaskýň Krkonošského národného parku (P. Bosák, R. Tásler, M. Šťastný, H. Hercman, P. Mykisek, P. Pruner, Š. Kdýr, Š. Matoušková, J. Rohovec). S. Magni, A. Šoster a A. Smuc predostreli otázku, do akej miery môžu pri formovaní krasu a jaskýň zohrávať úlohu stylolity – tektonické štruktúry vznikajúce tlakovo-rozpúšťacím procesom v materskej hornine. M. Hejna upriamil pozornosť na jaskyne Českého krasu, ktorých väčšina bola objavená, resp. odkrytá ťažbou v lomoch a v priebehu času boli viaceré z nich čiastočne alebo úplne odťažené či zasypané. Na území Českého krasu sa



Oficiálne logo konferencie a dobová rekonštrukcia zostupu mnícha L. Schoppera na dno priepasti Macocha z roku 1723. Foto: J. Šanda



Účastníci konferencie na dne priepasti Macocha. Foto: J. Šanda

nachádza aj jaskyňa Martina, kde po nájdení keramických úlomkov a fragmentov ľudských kostí sa uskutočnil záchranný archeologický výskum (P. Kubálek, A. Bergerová, L. Baloun, M. Kukla, V. Doležalková).

Posledný blok patril referátom zameraným na praktickú ochranu krasu a jaskýň a na špeciálne, účelové aktivity v jaskyniach. Za dôležitú formu praktickej ochrany považuje A. Tůma uzatváranie jaskýň, avšak vhodnými typmi uzáverov, ktoré neovplyvnia pôvodné prírodné pomery v tej-ktorej jaskyni. Vo svojom príspevku uvádza prehľad prác realizovaných pod vedením AOPK ČR v jaskyniach Moravského krasu za posledných 20 rokov. M. Kotyzová opisuje, ako zatrávňovanie vybraných úsekov poľnohospodársky využívaných plôch krajiny nad jaskynnými priestormi a v okolí závrtov prispieva k lepšej ochrane podzemných vôd a jaskýň pred znečisťovaním pesticídmi. Zaujímavé a zároveň veľmi záslužné aktivity predstavili členovia VEROCS sekcie Maďarskej speleologickej spoločnosti R. Deák, T. Faragó, B. Barthel a G. Köblös. V maďarskej jaskyni Pál-völgyi praktizujú zážitkovo-terapeutické prehliadky pre zdravotne znevýhodnené a hendikepované deti a mládež na podporu ich schopnosti prekonávať prekážky, strach a predsudky, a v konečnom dôsledku tak získať väčšie sebadovedie a hrdosť na samých seba po úspešnom absolvovaní „jaskynných túr“. Ako posledný odznel referát o aktivitách Francúz-

skej federácie speleológie (FFS), ktorá zastupuje všetky osoby, ktoré praktizujú alebo študujú jaskyniarstvo a kaňoning, a podporuje štúdium a ochranu jaskýň (P. Fleury, M. C. Lankester).

V rámci posterovej sekcie boli prezentované predbežné výsledky geochemického, hydrogeologického a pedologického výskumu v Javoříčskom a Mladečskom krase na Morave (R. Novotný, J. Novotná, E. Kryštofová, R. Hadacz, V. Baldík, D. Buriánek, J. Rez, J. Sedláček, J. Janderková, P. Müller, K. Drahoš), vyhodnotenie klimatického monitoringu a vplyvu návštevnosti vo Važeckej jaskyni (L. Pristašová), vybrané aspekty výskytu a ochrany subteránnej fauny v Belianskej a Važeckej jaskyni v kontexte využívania týchto jaskýň pre verejnosť (Z. Višňovská) a informácie o výskume lokálneho typu krasovej depresie vyplnenej sedimentom v pohorí Al-Hajar (Omán) v rámci environmentálno-archeologického projektu Masarykovej univerzity v Brne (M. Wilding, I. Matejicucová, J. Otava, S. Nehyba, M. Bubík, A. Přichystal). Vystavená bola aj séria geologických máp Moravského krasu (J. Otava, V. Baldík, J. Rez).

Vo večerných hodinách sa pre záujemcov v kinosále kultúrneho domu premietali historické aj novodobé videonahrávky a filmové dokumenty približujúce odhaľovanie tajomstiev podzemia Moravského krasu, rôzne zaujímavosti z činnosti speleológov či ťažkej a nebezpečnej práce speleopotápačov.

V tretí a štvrtý deň podujatia sa uskutočnili odborné povrchové a podzemné exkurzie (geológia Moravského krasu, geologická expozícia pri Dome prírody Moravského krasu, pieskovňa Rudice-Seč, Rudické propadání, Punkevní jaskyně) a individuálna prehliadka niektorých sprístupnených jaskýň v okolí Sloupu (jaskyne Sloupsko-šošůvské, Kůlna, Balcar-ka).

Povrchovú geologickú exkurziu po Moravskom krase viedol Jiří Otava so spolupracovníkmi z Českej geologickej služby, Brno. Bola zameraná na procesy, ktoré utvárali predmetné územie. Predstavená bola tektonická stavba celej oblasti, ktorá určuje súčasný tvar telesa krasového terénu a zároveň vznik a vývoj jaskynných systémov, spomenuté boli aj paleokrasové procesy a mladšie modelácie územia Moravského krasu. V exteriéri Domu prírody Moravského krasu sme si prezreli geologické exponáty (rôzne typy hornín a minerálov, ukážky súvrství). Následne sme sa presunuli do priestoru bývalého kaolínového lomu Rudice-Seč v rámci náučného chodníka Rudické doly, v blízkosti obce Rudice. V lome sa do roku 1993 ťažili sklárske, zlievarenské a keramické piesky. Okrem svojich rozmerov (šírka zhruba 300 m a hĺbka 30 m) lom upúta na prvý pohľad najmä pestrosťou farieb prítomných pieskov a ílov, o čo sa postarali kaolín a rôzny obsah železa v prítomných horninách. Ide o jediný zachovaný profil, resp. väčší odkryv sedimentov jurského až spodnokriedového veku na území Moravského krasu, označovaných ako rudické vrstvy. Ďalším navštíveným miestom pri obci Rudice bolo tzv. Propadání Jedovnického potoka. Je to ponor potoka do jaskyne Rudické propadání, ktorá nadväzuje na jaskyňu Býčí skála a spolu tvoria druhý najdlhší jaskynný systém v ČR s dĺžkou viac ako 13 km. Spomínaný potok sa celý vnára do otvoru v skalnej stene na konci slepého krasového údolia a prepadá sústavou vodopádov do hĺbky cca 86 m. Znovu na povrch vyviera približne o šesť kilometrov ďalej, pod Býčou skalou v Josefovskom údolí.

Punkevní jaskyne sa nachádzajú v kaňone Pustého žlebu asi 1 km od Informačného centra Skalní mlýn. Sú súčasťou rozsiahleho systému Amatérskej jaskyne, najdlhšieho jaskynného systému v ČR s celkovou dĺžkou presahujúcou 50 km. Naša prehliadka viedla priestormi klasickej prehliadkovej trasy v Punkevných jaskyniach až na dno mohutnej priepasti Macocha



Výklad J. Otavu z Českej geologickej služby počas exkurzie v kaolínovom lome Rudice-Seč. Foto: Z. Višňovská



s pôdorysnými rozmermi 174 × 76 m a hĺbkou 138 m. Zážitkom bola aj následná plavba motorovým člnom po podzemnej rieke Punkva až po jej výver na povrch.

Špeciálnou súčasťou programu konferencie bolo pripomenutie si 300. výročia historicky prvého písomne zdokumentovaného zostupu človeka do priepasti Macocha. V roku 1723 zostúpil na dno priepasti Macocha, vtedajšej najhlbšej známej priepasti sveta, prvý človek – mních minoritského kláštora v Brne Lazarus Schopper. Do priepasti sa nechal spustiť v prútenom koši na lane a týmto, vo svojej dobe nevídaným počínom, odštartoval záujem o skúmanie jaskýň Moravského krasu. Pri tejto príležitosti sa v sobotu 23. 9. 2023, za prítomnosti účastníkov konferencie, širšej verejnosti a médií, uskutočnila dobová rekonštrukcia tohto historického zostupu. Udalosť sme sledovali z plošiny na dne priepasti.

Sloupsko-šošúvske jaskyne predstavujú rozsiahly komplex podzemných dômov, chodieb a priepastí. Úchvatné sú pohľady z mostíka preklenutého ponad Stupňovitú priepasť a z hornej plošiny smerom dolu do Nagelovej priepasti hlbkej 80 metrov (najväčšia podzemná priepasť tohto typu v Českej republike). Ide o významné nálezisko pozostatkov pleistocénnej fauny. Trojrozmerné modely niektorých zvierat v životnej veľkosti (hyena jaskynná, medveď jaskynný) sú vystavené priamo v jaskyni v rámci prehliadkovej trasy.

Súčasťou prehliadky bola jaskyňa Kůlna, známa archeologická a antropologická lokalita, ktorú preslávil najmä nález časti lebky neandertálskeho človeka starej zhruba 120 000 rokov. Nemenej významnou paleonto-



Paleontologicko-antropologické expozície vo vnútorných priestoroch jaskyne Balcarka (A, B, C) a Sloupsko-šošúvskych jaskýň (D). Foto: Z. Višňovská

logickou a archeologickou lokalitou je neďaleká jaskyňa Balcarka pri obci Ostrov u Macochy. Vo vnútorných priestoroch obidvoch jaskýň sa nachádzajú pútavé expozície, ktoré tvoria ukážky nálezov kostrových zvyškov a rôzne 3D plastiky pravekých zvierat a ľudí z obdobia stredného a mladšieho paleolitu spolu s artefaktmi (kamenné a kostrové nástroje), a to všetko je umocnené obrazovkovou videoprojekciou.

Obdobný program 2. ročníka konferencie „Kras, jaskyne a lidé“ tvorilo celkovo 17

prednášok a 5 posterov, prostredníctvom ktorých sa prezentovali odborníci z viacerých vedeckých inštitúcií a odborných organizácií z Českej republiky, Slovenska, Rakúska, Poľska, Maďarska, Francúzska, Talianska, Slovinska a Nórska. Všetky príspevky z konferencie sú uverejnené v samostatnom zborníku „Kras, jaskyne a lidé 2023“ (editor: M. Filippi). Zborník obsahuje články a abstrakty v českom, slovenskom alebo anglickom jazyku a je dostupný v tlačenej a elektronickej forme (vo formáte pdf).

## PRIPOMENULI SME SI STOROČNICU OBJAVOVANIA BYSTRIANSKEJ JASKYNE

**Miroslav Kudla – Peter Gažík**

Aj v roku 2023 sme si pripomenuli významné výročie slovenského jaskyniarstva. Dňa 29. júna totiž ubehlo sto rokov od prvých priekopníckych objavov v Starej Bystrianskej jaskyni. Tento moment je pre jaskyniarov významný, lebo našťastoval dlhú cestu objavovania milovníkom prírody a turistiky dobre známej Bystrianskej jaskyne, ako aj dlhý proces objavovania tajomstiev podzemia Bystriansko-valašianskeho krasu, ktorý sa ešte ani zďaleka nechýli ku koncu.

Oddávna známe jaskyne Chodorovho vrchu nad Bystrou lákali mnoho dobrodruhov nielen z radov miestnych obyvateľov. Jedna z nich slúžila ako skrýša zbojníkovi Kubovi Popálenému, v inej malo byť dokonca mechanické zlaté žriebä, ktoré zabije každého, kto by sa opovážil vstúpiť do podzemia... Práve

pred sto rokmi tieto jaskyne prilákali pozornosť mladého učiteľa Jozefa Kovalčíka a miestneho znalca Ernesta Lauberta. V júni 1923 spolu navštívili aj dnešný vchod do Starej Bystrianskej jaskyne, kde im v ceste stála 14 m hlboká priepasť. Tú vo štvorici, za účasti Imricha Mócika a Jozefa Brna, zdolali práve 29. júna a objavili pokračovanie jaskyne v dĺžke asi 80 m.

Takto sa začalo poznávanie neznámeho podzemia a systematická jaskyniarska činnosť sprevádzaná nároč-



Riaditeľ SSJ Ján Zuskin odovzdáva ocenenie Jarmile Jirmerovej, dlhoročnej správkyni Bystrianskej jaskyne. Foto: P. Staník

nou organizáciou v zložitých podmienkach, spojená s úpornou kopáčkou prácou a prieskumníckou vynaliezavosťou, ktorá postupne odkrývala tajomstvá podzemia a ktorá trvá doteraz. Bystrianska jaskyňa je aj svedkom prepletených jaskyniarskych osudov či pohuných vojnových udalostí.

Toto významné výročie slovenského jaskyniarstva sme si pripomenuli na slávnostnom podujatí, ktoré sa uskutočnilo 30. augusta 2023. Okrem zástupcov Správy slovenských jaskýň (SSJ) a Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky (ŠOP SR) sa ho zúčastnili zástupcovia Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva, ako aj Slovenskej speleologickej spoločnosti (SSS), ktorú reprezentovali najmä domáci jaskyniari zo skupiny Speleo Brezno. Nechýbali ani rodinní príslušníci a potomkovia objaviteľov, starostovia a zástupcovia obcí Bystrá a Valaská, zástupcovia Správy NAPANT-u, vyšších územných celkov či miestnych organizácií cestovného ruchu. Mimoriadne vzácnym hosťom bola viac než 90-ročná pani Jarmila Jirmerová, dlhoročná jaskyniarka a správkyňa Bystrianskej

jaskyne, ktorá tejto jaskyni a celému Bystriansko-valašianskemu krasu zasvätila prakticky celý svoj život.

Slávnostné podujatie otvorilo hudobné vystúpenie speváčky a niekdajšej sprievodkyne v Bystrianskej jaskyni Emy Klínko s hudobným sprievodom. Následne s príhovorom vystúpil riaditeľ SSJ Ján Zuskin, ktorý udelil pamätné listy pani Jirmerovej a dobrovoľným jaskyniarom. Ďalšie príhovory predniesli riaditeľ ŠOP SR Dušan Karaska, starostovia obcí Bystrá a Valaská – Martin Alberty a Peter Jenča, ako aj predseda SSS Peter Holúbek, ktorý pri tejto príležitosti v mene Slovenskej speleologickej spoločnosti udelil viaceré ocenenia a medaily. Sériu príhovorov ukončil dlhoročný správca jaskyne Ján Vrabec, ktorý sa spolu s manželkou Martou venovali Bystrianskej jaskyni prakticky celý svoj pracovný život. Správca jaskyne



Dlhoročný správca Bystrianskej jaskyne Ján Vrabec preberá ocenenie Slovenskej speleologickej spoločnosti od jej predsedu Petra Holúbeka. Foto: P. Staník

po hudobnom vystúpení pozval účastníkov na prehliadku jaskyne a následne na recepciu v priestore vstupného areálu.

Samotné podujatie bolo spojené so začiatkom každoročného Jaskyniarskeho týždňa SSS, ktorý sa vďaka jaskyniarom zo skupiny Speleo Brezno vrátil na Bystrú po 38 rokoch.

## NÁVŠTEVNOSŤ SPRÍSTUPNENÝCH JASKÝŇ NA SLOVENSKU V ROKU 2022

Jaskyne v prevádzke ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň	Mesiac												SPOLU
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Belianska jaskyňa	1 272	1 793	1 676	3 526	7 147	13 524	27 490	29 834	11 628	6 796	2 635	0	107 321
Brestovská jaskyňa	250	341	529	444	876	1 307	2 246	2 177	1 154	676	0	0	10 000
Bystrianska jaskyňa	434	247	1 041	1 511	2 673	3 685	6 190	3 209	0	610	0	0	19 600
Demänovská jaskyňa slobody	1 475	2 510	2 164	3 754	5 117	9 468	20 889	23 405	8 534	3 622	0	0	80 938
Demänovská ľadová jaskyňa	0	0	0	0	1 255	4 631	14 813	15 238	2 079	0	0	0	38 016
Dobšinská ľadová jaskyňa	0	0	0	0	3 124	8 448	18 202	20 617	3 596	0	0	0	53 987
Domica	0	111	259	656	1 207	1 976	4 414	4 716	1 154	745	386	156	15 780
Driny	0	0	0	1 854	3 189	11 292	8 409	8 554	2 344	2 055	0	0	37 697
Gombasecká jaskyňa	0	0	0	1 204	1 856	2 254	3 787	3 743	1 174	510	0	0	14 528
Harmanecká jaskyňa	0	0	0	0	1 123	2 914	5 556	5 719	1 410	1 321	0	0	18 043
Jasovská jaskyňa	0	0	0	853	1 393	3 286	4 620	4 732	475	802	0	0	16 161
Ochtinská aragonitová jaskyňa	0	0	0	1 089	2 047	3 467	7 236	7 566	2 242	1 372	0	0	25 019
Važecká jaskyňa	0	158	343	813	1 244	1 879	4 801	4 324	1 642	1 029	696	0	16 929
<b>SPOLU</b>	<b>3 431</b>	<b>5 160</b>	<b>6 012</b>	<b>15 704</b>	<b>32 251</b>	<b>68 131</b>	<b>128 653</b>	<b>133 834</b>	<b>37 432</b>	<b>19 538</b>	<b>3 717</b>	<b>156</b>	<b>454 019</b>

Jaskyne v nájme od ŠOP SR, Správy slovenských jaskýň	Mesiac												SPOLU
	Január	Február	Marec	Apríl	Máj	Jún	Júl	August	September	Október	November	December	
Bojnická hradná jaskyňa	1 314	1 719	4 256	8 180	11 836	27 319	27 414	35 166	10 552	8 744	3 627	3 296	143 423
Jaskyňa mŕtvych netopierov	0	0	0	62	98	201	482	618	216	175	50	11	1 913
Krásnohorská jaskyňa	0	0	0	0	273	192	591	698	265	0	0	0	2 019
Malá Stanišovská jaskyňa	236	210	353	571	737	1 345	2 203	2 803	808	784	0	289	10 339
Zlá diera	0	0	0	58	161	211	609	648	110	125	0	0	1 922
<b>SPOLU</b>	<b>1 550</b>	<b>1 929</b>	<b>4 609</b>	<b>8 871</b>	<b>13 105</b>	<b>29 268</b>	<b>31 299</b>	<b>39 933</b>	<b>11 951</b>	<b>9 828</b>	<b>3 677</b>	<b>3 596</b>	<b>159 616</b>

Zdroj: SNM Múzeum Bojnice, L. Kubanda, RNDr. J. Stankovič, Ing. P. Holúbek, R. Košč

Lubica Nudziková, Alena Laurincová









ISSN 1335-213X

