

SLOVENSKÝ kras

ROČNÍK 62, číslo 1 – 2 2024

SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ROČNÍK 62
ČÍSLO 1 – 2

MINISTERSTVO ŽIVOTNÉHO PROSTREDIA SLOVENSKEJ REPUBLIKY

smopaj SLOVENSKÉ MÚZEUM OCHRANY PRÍRODY A JASKYNIARSTVA

ŠTÁTNA OCHRANA PRÍRODY SLOVENSKEJ REPUBLIKY

2024

Liptovský Mikuláš

SLOVENSKÝ KRAS
ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

Vedecký karsologický a speleologický časopis

Časopis vychádza dvakrát ročne
Evidenčné číslo: EV 3878/09
ISSN 0560-3137

Editor / Editor
doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

Výkonný redaktor / Executive Editor
Ing. Peter Holúbek

Redakčná rada / Editorial Board

Predseda / Chairman
doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

Členovia / Members
doc. RNDr. Pavel Bella, PhD., prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Václav Cílek, CSc., doc. PaedDr. Patrik Derfiňák, PhD., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., prof. dr. hab. Michał Gradziński, Ing. Jozef Hlaváč, Ing. Peter Holúbek, doc. RNDr. Jozef Jakál, DrSc.†, prof. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., RNDr. Alexander Lačný, PhD., RNDr. Peter Malík, CSc., prof. Mgr. Martin Sabol, PhD., PhDr. Marián Soják, PhD., prof. Ing. Michal Zacharov, CSc.

Recenzenti / Reviewers
prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., RNDr. Ľudovít Gaál, PhD., prof. dr. hab. Michał Gradziński, doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc., doc. RNDr. Jozef Hók, CSc., Mgr. Blanka Lehotská, PhD., doc. RNDr. Daniel Pivko, PhD.

© Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva a Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky – Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 2026

O B S A H – *CONTENTS*

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – *SCIENTIFIC PAPERS*

Monika Orvošová, Rastislav Milovský, Stanislava Milovská, Shahzeb Muhhamad, Juraj Šurka:
Dôsledky vplyvu mrazu na deformáciu rastu vybraných stalagmitov: predbežné výsledky
Consequences of frost impact on the growth deformation of selected stalagmites: preliminary results 5

Pavel Herich:
Jazerná v Korenci – nová úrovňová jaskyňa v Demänovskej doline
Jazerná (Lake) Cave in Korenec – A Discovery of Another Cave Level in Demänovská Valley 29

Peter Holúbek, Michal Oravec, Jakub Ridzoň:
Medzibalvanová jaskyňa vytvorená v zosuve v masíve Mních pri Ružomberku
Boulder cave formed in a landslide in the Mních massif near Ružomberok 39

Pavel Bella, Helena Hercman, Michal Gradziński, Juraj Littva:
Pleistocénno-holocénny vek travertínov v Liptovskom Jáne, Liptovská kotlina
The Pleistocene–Holocene age of travertines in the village of Liptovský Ján, Liptov Basin, Slovakia 49

Miroslav Fulín, Štefan Matis:
30 rokov monitoringu hibernujúcich netopierov v Jasovskej jaskyni
30 years of monitoring of hibernating bats in Jasovská Cave 59

Pavel Bella:
Prínos Jána Tulisa a Ladislava Novotného pri výskume krasu a jaskýň Slovenského raja
The contribution of Ján Tulis and Ladislav Novotný to the research of the karst and caves of the Slovak Paradise, Slovakia 77

Zdenko Hochmuth:
Príspevok k prolongácii systému Domica – Baradla v rokoch 2024 – 2026
Contribution to the Prolongation of the Domica – Baradla System between years 2024 and 2026 92

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	62/1 – 2	5 – 27	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2024

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

DÔSLEDKY VPLYVU MRAZU NA DEFORMÁCIU RASTU VYBRANÝCH STALAGMITOV: PREDBEŽNÉ VÝSLEDKY

MONIKA ORVOŠOVÁ – RASTISLAV MILOVSKÝ[2] – STANISLAVA MILOVSKÁ [2] – SHAHZEB MUHHAMAD[2] – JURAJ ŠURKA[2]

[1] Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 03101 Liptovský Mikuláš
[2] Ústav vied o Zemi SAV, Ďumbierska 1, Banská Bystrica

M. Orvošová, R. Milovský, S. Milovská, S. Muhhamad, J. Šurka: Consequences of frost impact on the growth deformation of selected stalagmites: preliminary results

Abstract: The aim of this study was to investigate two morphologically very similar types of deformed stalagmites, represented by samples PS and Benj24-1 from Jaskyňa zlomísk Cave and Beníková Cave, respectively, located in neighbouring karst valleys on the northern flank of the Low Tatras Mountains. Both stalagmites formed in contrasting cave environments and during different climatic periods. Stalagmite PS developed during a glacial period within a homothermic cave, whereas stalagmite Benj24-1 formed during an interglacial period in a heterothermic cave. The presence of freezing conditions during speleothem growth is considered a common controlling factor for both samples. Based on speleothem architectural analysis (SAA), combined with stable isotope and trace-element data, possible mechanisms responsible for the development of these unusual morphologies were evaluated. Comparison of the chaotic growth observed in the upper part of stalagmite PS with the entirely chaotic structure of stalagmite Benj24-1 suggests an influence of ice on the formation of irregular morphologies. However, carbon isotope values do not indicate the presence of cryogenic carbonate powders typically associated with seasonal freezing. Ice accretion on the stalagmite apices may therefore have affected speleothem growth even in the absence of cryogenic carbonate precipitation. Elemental analyses obtained by X-ray fluorescence (XRF) within the degraded growth zone of stalagmite PS revealed a clear relationship between trace-element variations and changes in growth patterns from the onset of the transitional zone to the youngest uppermost layers. Elevated Mg/Ca ratios accompanied by an inverse trend in Sr concentrations suggest that, in addition to prior calcite precipitation (PCP), other factors–most likely temperature–played an important role in controlling speleothem growth. This preliminary stratigraphic study, integrating isotopic profiles, trace-element geochemistry, and architectural analysis, provides a framework for future investigations aimed at establishing absolute chronologies and refining paleoclimatic interpretations using additional geochemical proxy data.

Key words: degraded stalagmite growth, stalagmite, cryogenic deformation**,** micro-stratigraphy, isotopes $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$

ÚVOD

Za posledných dvadsať rokov pribudli dôkazy o tom, že mnohé jaskyne boli počas štvrtohorných glaciálov opakovane zaľadnené (Žák et al., 2004, 2008; Orvošová et al., 2012; Kempe et al., 2009; Bazarova et al., 2011; Spötl et al., 2024; Spötl a Koltai 2025; Dublyansky et al., 2024 a iní). S prítomnosťou ľadu v jaskyniach súvisia aj procesy podieľajúce sa na tvorbe kryogénnych speleotém, ale i na deštrukčných prejavoch pôsobením mrazu (Orvošo-

vá et al., 2012, 2014; Luhová et al., 2016; Žák et al., 2018 a ďalší). Miera deštrukčnej činnosti sa prejavuje odlišne počas glaciálov a súčasného interglaciálu (Orvošová et al., 2012, 2024). Vzhľadom na dynamiku mikroklímy jaskynného vzduchu a jej tepelnú stabilitu predstavujú tieto dve obdobia úplne odlišné prostredia pre vznik alebo deštrukciu speleotém. Takéto jaskynné prostredia delíme na homotermické s minimálnymi sezónnymi výkyvmi a heterotermické jaskyne s opačným efektom, kde sa sezónne teploty výrazne prejavujú (Dublyansky et al., 2024b; Spötl et al., 2024; Spötl a Koltai, 2025). Aj keď v homotermálnych jaskyniach dnes nezostal žiadny pleistocénny ľad ako klimatický archív, minerály vytvorené súčasne s ľadom sa lokálne zachovali. Tieto minerály, známe ako kryogénne jaskynné karbonáty (CCC-cryogenic cave carbonates), predstavujú jedinečnú triedu speleotém, ktoré vznikajú zamŕzaním vody v zaľadnených jaskyniach. Agregáty CCC sa tradične delia na dve hlavné kategórie: hrubozrnný CCC-c (coarse) a jemnozrnný CCC-f (fine) a sú paleoenvironmentálnym archívom, ktorý ponúka cenné poznatky o rozložení a dynamike zaľadnenia jaskýň v minulosti (Žák et al., 2018; Dublyansky et al., 2024a).

CCC-c sú obzvlášť cenné, pretože poskytujú záznamy o obdobiach, keď jaskyňa: (a) obsahovala trvalý ľad, (b) mala kvapkajúcu vodu hromadiacu sa v bazénoch na ľadovom povrchu, ktoré pomaly znovu zamrzli, a (c) udržiavala stabilné, homotermické podmienky v jaskyni. Táto posledná podmienka je kľúčová, pretože umožnila kryštálom narásť do veľkostí, ktoré by neboli možné pri rýchlom, krátkodobom mraze spojenom so silným sezónnym ochladením v heterotermálnych jaskyniach, kde vznikajú CCC-f. Výsledky pôsobenia mrazu v jaskyni v oboch prípadoch môžu byť buď produktívne, kedy dochádza ku tvorbe nových typov speleotém, prípadne ich novotvarov, alebo deštruktívne, kedy dochádza k rozpadu speleotém.

Sezónne procesy zmrazovania a rozmrazovania v jaskyniach s heterotermálnym režimom vyvolávajú mechanické napätie stres pôsobiaci na vývoj speleotém. Toto napätie vedie ku vzniku pestrej a geneticky špecifickej kategórie kryogénnych speleotém ako sú kryogénne hrebene, resp. žily (Onac et al., 2023; Orvošová et al., 2024). Súčasne môže dochádzať k narušeniu postupného rastu kalcitových kryštálov a k vzniku novotvarov (Orvošová et al., 2012, 2024) deformovaných stalagmitov a stalaktitov. Tieto atypické morfológie speleotém boli v súčasnosti bežne pozorované v blízkosti vchodov a ich vznik zrejme súvisí so sezónnym premŕzaním. Heterotermické jaskyne s výskytom vyššie uvedených kryogénnych speleotém a novotvarov sú známe v Demänovskej a Jánskej doline na severných svahoch Nízkych Tatier (napr. Beníkova, Suchá, Demänovská ľadová jaskyňa, Stanišovské jaskyne a iné). V niektorých homotermálnych jaskyniach (napr. Jaskyňa zlomísk, Pustá jaskyňa) sme zaznamenali deformovaný rast stalagmitov typický pre heterotermálne jaskyne. Nevylučujeme však možnú prítomnosť ľadu v týchto priestoroch v minulosti – napríklad počas glaciálnych období – i keď v súčasnosti sa tu nevyskytuje ani sezónny, ani trvalý ľad a teplota presahuje 0 °C (Herich, 2024). Dôkazom o prítomnosti ľadu sú akumulácie CCC, rozsiahla deštrukcia speleotém a ľadové prílepky „ice attachments“ (Kempe et al., 2009).

Vzhľadom na uvedené skutočnosti boli do výskumu zahrnuté a navzájom porovnávané dva deformované stalagmity (označené Benj24-1 a PS), reprezentujúce oba typy jaskýň: jeden z Beníkovej jaskyne (heterotermálny režim) a druhý z Jaskyne zlomísk (homotermálny režim). Napriek morfologickej podobnosti tieto stalagmity rástli v odlišných mikroklimatických podmienkach, čo odráža rozdielnu dynamiku jaskynného prostredia počas ich vzniku. Vývoj textúr stalagmitov a ich izotopového zloženia odráža zmeny paleoprostredia ako sú zrážky, teplota a vegetácia (Fairchild et al., 2006), a to ako v jaskyni, tak aj na povrchu.

Zatiaľ čo izotopové ukazovatele merané v uhličitanoch zo vzorkovaného stalagmitového materiálu sú štandardnými nástrojmi pri rekonštrukcii paleoklimatických signálov (Fleitmann et al., 2003), geometrickým informáciám o tvare stalagmitu sa venovala menšia

pozornosť. Muñoz-García et al., (2016) skúmali mikroštruktúry rastu stalagmitov použitím metód optickej petrografie v kombinácii so sedimentologickým prístupom k depozičným sekvenciám (analýza stavebných prvkov / architectural-element analysis). Ide o nový prístup, ktorý stanovuje šesťstupňovú hierarchiu architektonických prvkov speleotém od jednotlivých kryštálov (1. rád) cez jednotlivé rastové vrstvy (2. rád), vrstvové štruktúry (3. rád), súbory vzorcov vrstvenia rastových vrstiev (4. rád), morfostratigrafické jednotky (5. rád), jednotky ohraničené nekonformitami a hlavné nekonformity (6. rád). Každá kategória architektonického prvku sa formuje v inom časovom rozsahu, od intervalov krátkych ako rok/sezóna až po intervaly trvajúce stáročia alebo tisícročia. Navrhnutý koncept tzv. „speleotémovej architektúrnej analýzy" (SAA, podľa Chivelet et al., 2017) môže byť veľmi užitočným nástrojom na interpretáciu depozičných režimov speleotém, obzvlášť v kombinácii so stabilnými izotopmi a stopovými prvkami. Cieľom našej práce je využiť potenciál takejto kombinácie na kvapľoch postihnutých mrazom v homotermných a heterotermných podmienkach.

KRYOGÉNNE SPELEOTÉMY

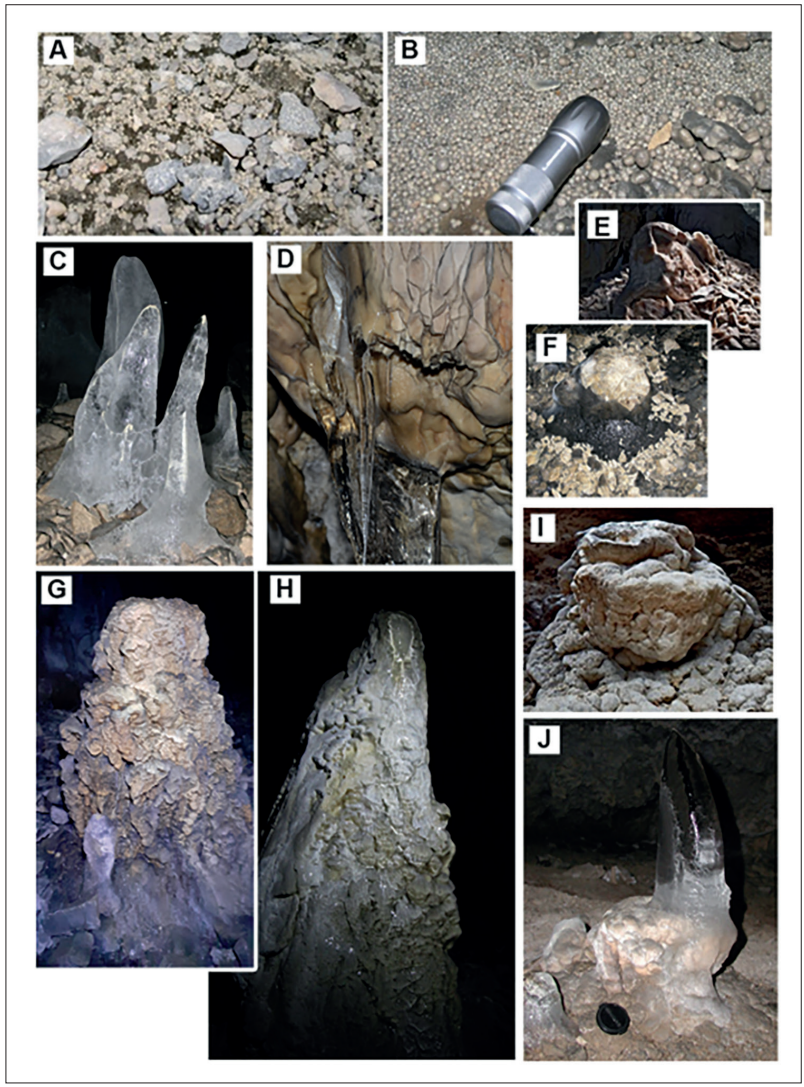
V jaskyniach Slovenska, rovnako ako v zahraničí, zaznamenal mineralogický výskum počas uplynulých dvoch dekád výrazný pokrok v poznaní kryogénnych jaskynných karbonátov (CCC – cryogenic cave carbonates podľa Žák et al., 2004).

Tradične sa kryogénny kalcit (CCC) klasifikuje do dvoch hlavných kategórií: jemnozrnného typu CCC-f a hrubozrnného typu CCC-c. Aktuálne pozorovania z alpských ľadových jaskýň v Rakúsku však naznačujú existenciu prechodnej formy označovanej ako CCC-i (i- intermediate) (Spötl a Koltai, 2025). Tento typ sa vyznačuje veľmi malou veľkosťou zŕn (< 1 mm) a výsledky analýz stabilných izotopov poukazujú na to, že jeho hodnoty $\delta^{13}C$ a $\delta^{18}O$ sú bližšie ku charakteristikám typickým pre CCC-c. Tieto poznatky podporujú hypotézu, že CCC-i vzniká v plytkých ľadových bazénoch v heterotermických jaskynných prostrediach, kde sezónne kolísanie teplôt umožňuje pomalé až mierne rýchlosti zamŕzania vody. Tento režim kontrastuje s podmienkami tvorby CCC-f, ktoré vznikajú v tenkých vodných filmoch pri rýchlom mrznutí v heterotermických zónach v blízkosti jaskynných vchodov, ako aj s genézou CCC-c, ktoré kryštalizujú veľmi pomaly v jaskynných systémoch s homotermickým režimom a výrazne stabilnou tepelnou bilanciou vnútorných častí jaskýň. CCC-c dokážu zaznamenať topenie permafrostu aj hĺbku, v ktorej k nemu dochádza. Počas dvadsaťročného výskumného obdobia sme identifikovali viaceré nové typy kryogénnych speleotém, ako aj produkty deštruktívnych kryogénnych procesov súvisiacich s ich formovaním, teda so zamŕzaním vody v oboch typoch jaskynných prostredí. V prehľadovej obrazovej prílohe prezentujeme všetky druhy kryogénnych javov z jaskýň Slovenska – CCC-c, CCC-f, kryoperly, kryožilky, ľadové prílepky, deformované stalagmity, deštrukcia speleotém: lámané kvaple, rozpukané sintrové kôry, rozpadnuté stalagmity (obr. 1, 2).

Napriek rastúcemu významu CCC v paleoklimatickom výskume zostávajú kľúčové otázky týkajúce sa ich genézy, presných podmienok vzniku a systematickej klasifikácie stále predmetom intenzívneho vedeckého skúmania (Milovská et al., 2026).

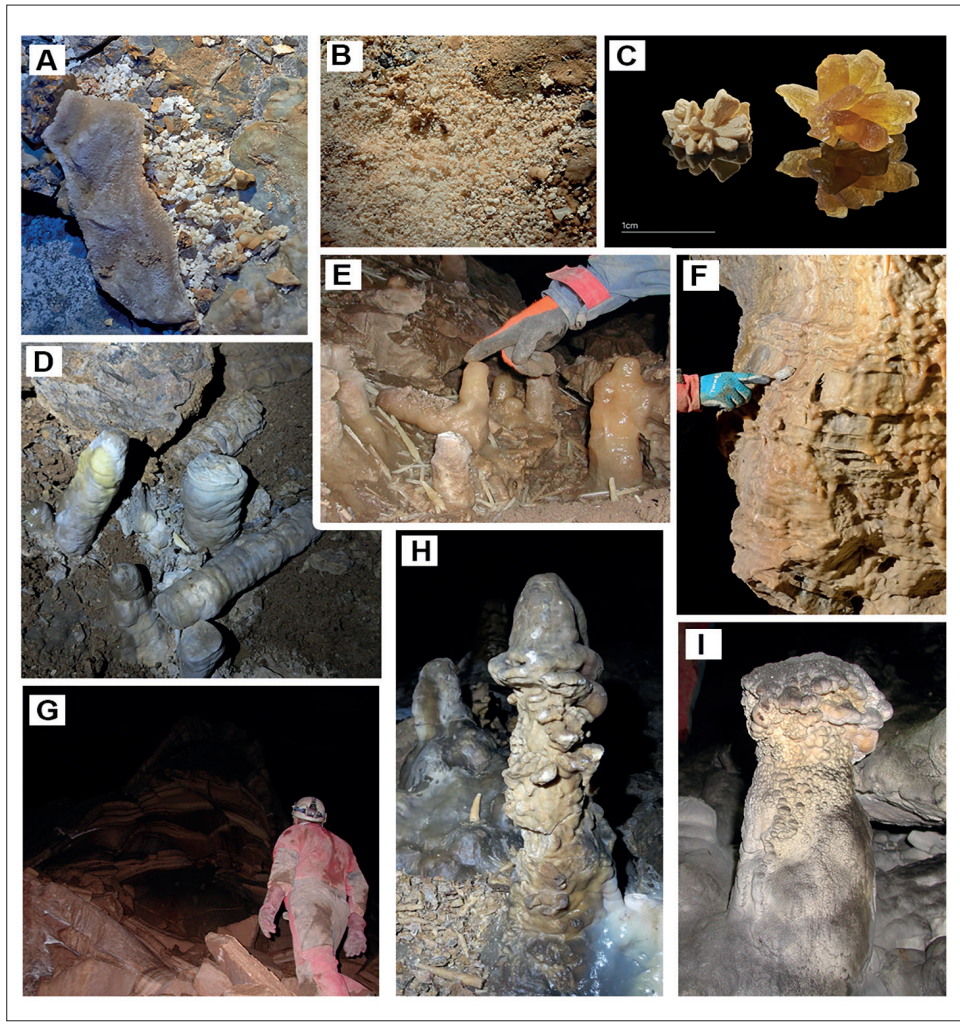
OPIS LOKALÍT A NÁLEZOVÝCH MIEST VYBRANÝCH STALAGMITOV

Jaskyňa zlomísk (ZLOM) a Beníková jaskyňa (BENJ) sa nachádzajú v rozsiahlej krasovej oblasti na severných svahoch Nízkych Tatier (obr. 3). Jadro pohoria tvoria vrchnopaleozoické granitoidy, smerom na sever ich prekrýva obalová sekvencia klastických hornín z obdobia spodného až stredného triasu a dva superficiálne príkrovy, ktoré pozostávajú zo sedimentárnych sekvencií spodného triasu až spodnej kriedy, prevažne karbonatických

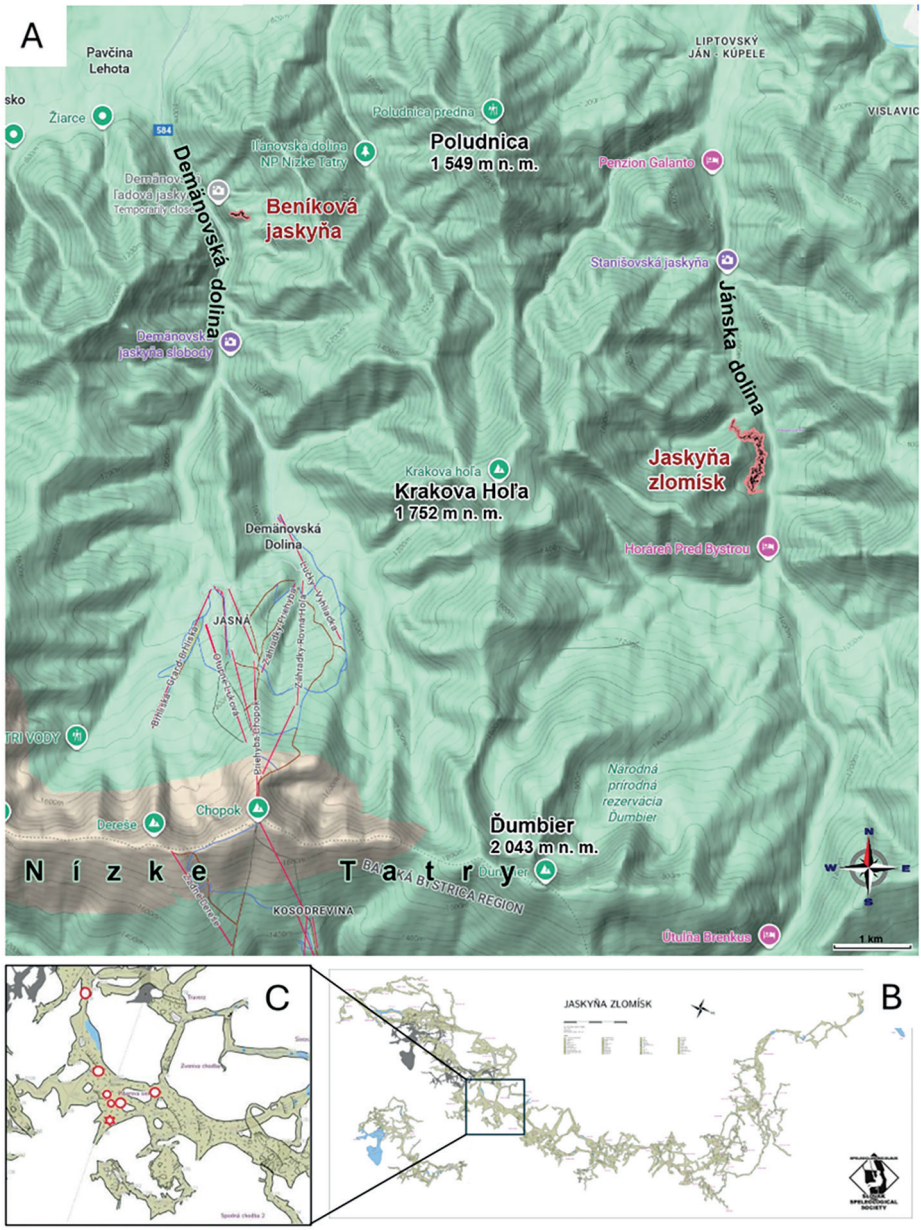


Obr. 1. Kryogénne speleotémy a produkty deštruktívnych procesov súvisiacich so zamŕzaním vody v heterotermálnych jaskyniach. A) Kryogénne perly na ľade, Demänovská ľadová jaskyňa; B) kryogénne perly, Veľká stanišovská jaskyňa; C) kryogénny prášok na ablačných hranách ľadovej výzdoby, Suchá jaskyňa; D) kryogénne žily, Demänovská ľadová jaskyňa; Kryogénna deštrukcia-pomalý rozpad stalagmitov: E) Demänovská ľadová jaskyňa, F) Veľká stanišovská jaskyňa; G-J) Deformovaný rast stalagmitov: Beníková jaskyňa (G), Suchá jaskyňa (H-J). Foto: M. Orvošová, M. Filippi, J. Česla, R. Milovský

Fig. 1. Cryogenic speleothems and cryogenically induced degradation features related to water freezing in heterothermal caves. (A) Cryogenic carbonate pearls forming on cave ice, Demänovská Ice Cave;(B) Cryogenic carbonate pearls, Veľká Stanišovská Cave; (C) Cryogenic carbonate powder accumulated along ablation margins of ice speleothems, Suchá Cave; (D) Cryogenic carbonate ridges, Demänovská Ice Cave. Cryogenic degradation — slow disintegration of stalagmites: (E) Demänovská Ice Cave; (F) Veľká Stanišovská Cave. G-J) Deformation of stalagmite growth related to freezing processes: Beníková Cave (G) and Suchá Cave (H-J). Photo: M. Orvošová, M. Filippi, J. Česla, R. Milovský



Obr. 2. Kryogénne speleotémy a produkty deštruktívnych procesov súvisiacich so zamŕzaním vody v homotermálnych jaskyniach. A) a B) CCC-c Pilierová sieň Jaskyňa zlomísk, C) detail na agregáty CCC-c z Četnikovej svadby, Strážovske vrchy, D) deštrukcia stalagmitov Jaskyňa zlomísk, E) lámané kvaple Jaskyňa zlomísk, F) ľadové prílepky, Závojová sieň, G) rozlámané masívne kôry homoľového stalagmitu, Stratenský jaskynný systém, H) deformovaný stalagmit PS, I) deformovaný stalagmit, Pustá jaskyňa. Foto: J. Šurka, J. Česla, R. Milovský, M. Orvošová
Fig. 2. Cryogenic speleothems and cryogenically induced degradation features related to water freezing in homothermal caves. Cryogenic speleothems: (A–B) Coarse-grained cryogenic cave carbonates (CCC-c), Pillar Hall, Jaskyňa Zlomísk Cave; (C) Detail of CCC-c aggregates from Četnikova Svadba Cave, Strážovské vrchy Mountains. Cryogenic degradation features: (D) Stalagmite degradation, Jaskyňa Zlomísk Cave; (E) Breakdown fragments, Jaskyňa Zlomísk Cave; (F) Ice attachments (ice accretions), Závojová Hall; (G) Fragmented massive crusts of a "mound-shaped" stalagmite, Stratenská Cave system; (H) Deformed stalagmite, PS Dóm, Zlomísk Cave; (I) Deformed stalagmite, Pustá Cave. Photo: J. Šurka, J. Česla, R. Milovský, M. Orvošová



Obr. 3. Lokalizácia študovaných jaskýň a miest výskytu CCC (červené krúžky) a odber vzorky stalagmitu PS (hviezdička) v Jaskyni zlomísk. A) Mapa Jánskej a Demänovskej doliny so študovanými jaskyňami Beníková jaskyňa a Jaskyňa zlomísk; B) Pôdorys Jaskyne zlomísk s výrezom Pilierovej siene; C) detail Pilierovej siene s výskytmi CCC a miesta odberu stalagmitu PS.
Fig. 3. Localization of the studied caves and CCC occurrence sites (red circles) and PS stalagmite sampling (asterisk) in the Jaskyňa zlomísk Cave. A) Map of the Jánská and Demänovská valleys with the studied caves Beníková Cave and the Jaskyňa zlomísk Cave; B) Ground plan of the Jaskyňa zlomísk Cave with the Pillar Hall in black frame; C) detail of the Pillar Hall with CCC occurrences and PS stalagmite sampling sites.



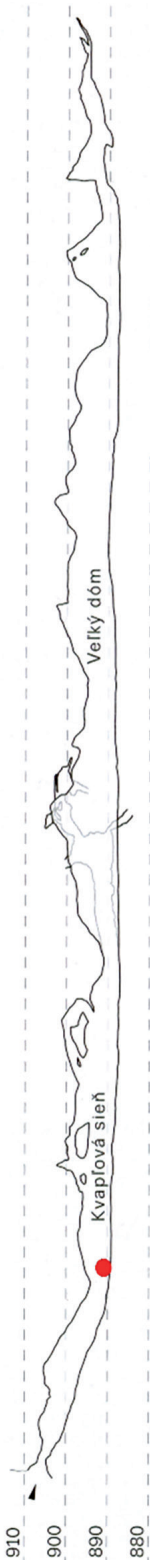
Obr. 4. Bokorys Jaskyne zlomísk s miestom odberu (šípka) skúmaného stalagmitu PS v Pilierovej sieni (autori mapy: Michal Danko a Speleoklub Nikolaus)
Fig. 4. Side view of the Zlomiska Cave with the sampling point (arrow) of the studied stalagmite PS in the Pillar Hall (authors of the map: Michal Danko and Speleoklub Nikolaus)

(Biely et al.,1992). V spodnom krížňanskom príkrove sa nachádza jaskyňa BENJ, zatiaľ čo vo vrchnom chočskom príkrove sa nachádza jaskyňa ZLOM. Obe jaskyne sa vyvinuli vo fácii aniského gutensteinského vápenca – tmavosivých vápencov s rojmi bielych kalcitových žíl, väčšinou masívnych alebo lavicovitých, v krehkejších dolomitických častiach sú často kataklazované. Na dvoch najbližších klimatologických staniciach, Liptovský Hrádok 640 m n. m., 6,2 km severne od ZLOM, 10,5 km severovýchodne od BENJ a Chopok 2024 m n. m., 8,2 km juhozápadne od ZLOM, 7,3 km južne od BENJ sú priemerné ročné teploty vzduchu 7,3 °C a -0,3 °C a ročné zrážky 724 mm a 1165 mm. Zrážky sa počas roka menia, s najvyšším úhrnom v období máj – júl. Teploty vzduchu sú 5 – 6 °C v jaskyni ZLOM (Hochmuth a Holúbek 1998) a v BENJ 6,8°C nameraná v roku 1952, Droppa (1957).

Obe oblasti sú husto zalesnené s dominantným smrekom a menej významným borovicovým porastom, jedľou, bukom, a javorom. Povrchová topografia okolo jaskyne BENJ je strmá a členitá s útesmi a kvestami vysokými > 30 m. Doliny severne od hlavného hrebeňa Nízkych Tatier boli počas posledného glaciálu zaľadnené. Obe jaskyne sú situované v niekdajšej periglaciálnej zóne, cca 1 – 3 km od čelných morén, a teda v zóne permafrostu, čo je v súlade s Vandenberghe a kol. 2014, ktorí zaradili Slovensko do oblasti nespojitého permafrostu počas posledného maxima permafrostu (LPM, 18 – 21 tis. rokov).

Jaskyňa zlomísk (ZLOM) patrí dĺžkou 11248 m a hĺbkou 148 m medzi najväčšie jaskyne v Jánskej doline vo významnej krasovej oblasti v Nízkych Tatrách. Nachádza sa v nadmorskej výške 854 m. n. m. na severných svahoch hrebeňa pohoria a je budovaná výlučne v guttensteinskom súvrství tvorenom tmavými vápencami, dolomitmi a tektonickými brekciami (Marušin, 2006). Predstavuje labyrint chodieb prepájajúcich veľké dómy a menšie siene vyvinutý v dvoch výrazných horizontálnych úrovniach, ktoré sú prepojené komínmi a priepasťami.

Študovaný objekt s označením PS je fragment stalagmitu z Jaskyne zlomísk z Pilierovej siene. Miesto odberu deformovaného stalagmitu PS je v blízkosti ústia komínu do Pilierovej siene, kde aj dnes pozorujeme intenzívny skvap vody.



Obr. 5. Bokorys Beníkovej jaskyne s miestom odberu vzorky stalagmitu Benj24-1 (červená bodka (Herich, 2024)
Fig. 5. Side view of the Beníkova Cave with the sampling point of the stalagmite Benj24-1(red point) (Herich, 2024)

Ležal na podlahe na opadaných blokoch s ďalšími analogickými deformovanými stalagmitmi odlomenými od svoje bázy, buď stáli alebo ležali zvalené na podlahe. Väčšina stalagmitov je od bázy odtrhnutá a buď naďalej voľne stojí alebo sú zvalené na suťovisku.

Pilierová sieň je významným miestom výskytu akumulácii CCC-c, kde sa nachádza 5 evidovaných takýchto plôch (obr. 4), čo spolu so silnou kryogénnou deštrukciou stalagmitov a podlahovej kôry dokazuje prítomnosť niekdajšej ľadovej výplne.

Beníková jaskyňa (BENJ) je typickým príkladom výskytu vyššie spomínaných deformovaných stalagmitov.

Jaskyňa má dĺžku 815 m, deniveláciu 27 m, veľkosť vchodu 4,5 × 8 m a nadmorskú výšku 906 m n. m. V Demänovskej doline je v blízkosti vchodov do Demänovskej ľadovej jaskyne v strmom svahu v päte terasového brala vo výške 151 m nad riečkou Demänovka (Herich, 2024). Jaskyňu tvorí horizontálna kľukatá priestranná chodba s výškou aj 15 m. Vstupná časť chodby je ale klesajúca (obr. 5), čo v minulosti (pokiaľ nebol vchod uzavretý drevenou stenou) spôsobovalo premŕzanie jaskyne a tvorbu mäkkého sintra. Vplyv vonkajšej teploty vzduchu sa uvádza až do vzdialenosti 20 m od vchodu, kam sa kvôli vhodnej expozícii vchodu jaskyne v letnom období dostane popoludňajšie slnečné svetlo. Naopak v zime vstupná časť (vďaka klesajúcej chodbe) umožňuje vtekanie vonkajšieho chladného vzduchu, čím dochádza ku prechladeniu bežne i na -5°C (Droppa, 1957). Preto v nich nachádzame sekundárne ľadové výplne niekedy až do začiatku leta (Bella a kol., 2014). Študovaný stalagmit BENJ odlomený od podlahy má dĺžku 10 cm a nachádzal sa v Kvapľovej sieni. Sieň je veľmi bohatá na ukážkové formy deformovaných stalagmitov rôznej veľkosti – od výšky prvých cm až po masívne, niekoľko desiatok centimetrov vysoké bizarné novotvary (obr. 5). Stalaktity sa tu vyskytujú v podobe osích hniezd a sférických až vemenovitých útvarov.

METODIKA

Obidva stalagmity (PS a Benj24-1) sme rozrezali na dve samostatné polovice pozdĺž ich rastových osí. Z nich sme zhotovili ploché leštené dosky, z ktorých bolo odobraných pomocou modelárskej vŕtačky s priemerom vrtáku 1 mm, v kroku 1 mm 113 vzoriek pre analýzu stabilných izotopov ^{18}O a ^{13}C. Odvŕtaný prášok bol prenesený do sklenených vialiek a analyzovaný. Pomery stabilných izotopov C-O boli merané na hmotnostnom spektrometri MAT253 (Thermo Scientific) pripojenom v režime kontinuálneho toku k autopreparačnej a plynotechnickej jednotke Gas Bench II Merané hodnoty boli kalibrované pomocou medzinárodného referenčného materiálu NBS18 ($\delta^{13}C$ = +5.014‰, $\delta^{18}O$ = -23.2‰) a dvoch pracovných štandardov ($\delta^{13}C$ = +2.48‰, $\delta^{18}O$ = -2.40‰, a $\delta^{13}C$ = -9.30‰, $\delta^{18}O$ = -15.30‰). Všetky hodnoty sú uvádzané ako promile vzhľadom na PDB. Dlhodobá analytická presnosť hodnôt $\delta^{13}C$ a $\delta^{18}O$ je ±0,06 ‰ a ±0,08 ‰ (1 sigma).

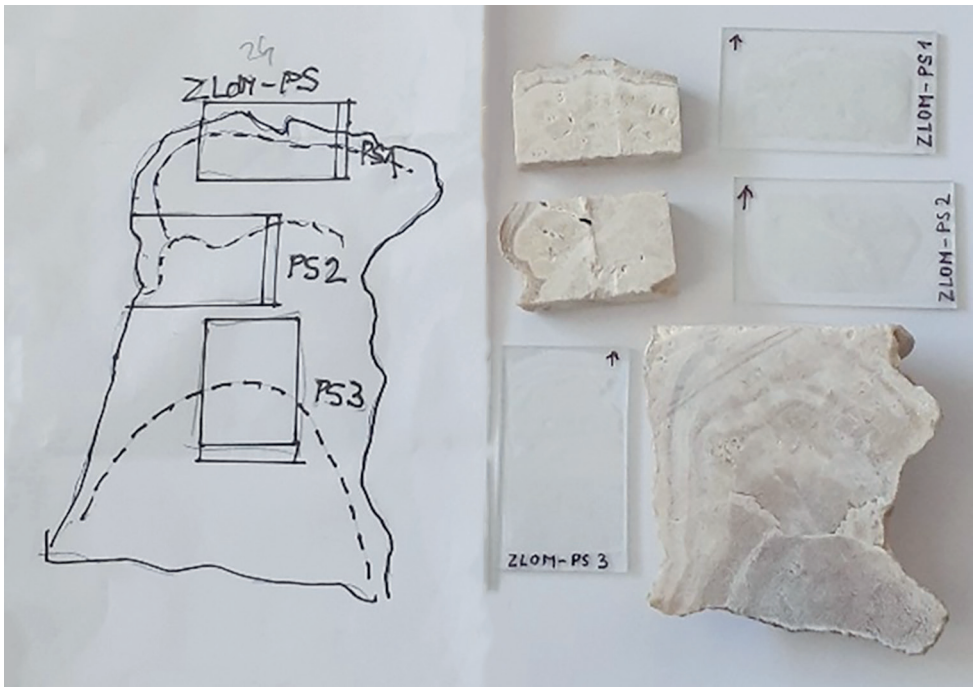
Na stanovenie vybraných chemických prvkov (Ca, Sr, S, P, Si, Mg a Fe) bol použitý energiovo-disperzný röntgenový fluorescenčný spektrometer (ED-XRF) M4-Tornado (Bruker), na ktorom sa meralo chemické zloženie pozdĺž izotopového profilu od bázy po vrchol s krokom 1 mm.

Minerálne zloženie bolo identifikované z leštených výbrusov na Ramanovskom mikrospektrometri Labram800HR (Horiba Jobin-Yvon). Všetky analytické práce boli vykonané na Ústave vied o zemi SAV v Banskej Bystrici.

Petrografické pozorovania mikroštruktúr študovaných stalagmitov boli vykonané na polarizačnom mikroskope OLYMPUS XR45 s kamerou OLYMPUS DP75 za použitia 3 leštených výbrusov (obr. 6), ktoré zachytávali najdôležitejšie rastové štruktúry pozorované makroskopicky na reze stalagmitu PS (obr. 6). Leštené výbrusy boli vyrobené štandardným spôsobom na PRIF UK v Bratislave (Geopreparaty s.r.o.). Druhá polovica narezaných stalagmitov bude uložená v depozite SMOPaJ.

Makrometrické pozorovania

Pre pochopenie vnútornej (mikro)stratigrafie rezov PS a Benj24-1 a ich výbrusov (len výbrus PS) skúmaných podľa Chivelet et al. (2017) pomocou šesťstupňovej hierarchie architektonických prvkov (rádov) sme sa pokúsili zadefinovať priebeh rastu obidvoch stalagmitov (PS2 a Benj24-1). Vzhľadom na rôzne mierky pozorovania (centimetrické až mikrometrické) si každý rád SAA vyžaduje na rozpoznanie a opis odlišné techniky, od pozorovania makromorfológie až po mikroskopiu cez leštené výbrusy časti stalagmitov (výbrusy boli vyhotovene len na vzorke PS). Kombinácia morfologických a stratigrafických znakov teda umožňuje jasné rozlíšenie každej z týchto jednotiek pozdĺž rezu stalagmitu.



Obr. 6. Príklad rozloženia leštených výbrusov, aby pokryli najdôležitejšie viditeľné miesta zmeny rastu stalagmitu PS.
Fig. 6. Example of the distribution of polished sections to cover the most important visible places of change in the growth of the stalagmite PS.

VÝSLEDKY

Stalagmitová architektúrna analýza (SAA)

Makrometrické pozorovania

Pre pochopenie vnútornej (mikro)stratigrafie rezov PS a Benj24-1 a ich výbrusov (len výbrus PS) skúmaných podľa Chivelet et al. (2017) pomocou šesťstupňovej hierarchie architektonických prvkov (rádov) sme sa pokúsili zadefinovať priebeh rastu obidvoch stalagmitov (PS2 a Benj24-1). Vzhľadom na rôzne mierky pozorovania (centimetrické až mikrometrické) si každý rád SAA vyžaduje na rozpoznanie a opis odlišné techniky, od pozorovania makromorfológie až po mikroskopiu cez leštené výbrusy časti stalagmitov (výbrusy boli vyhotovene len na vzorke PS).

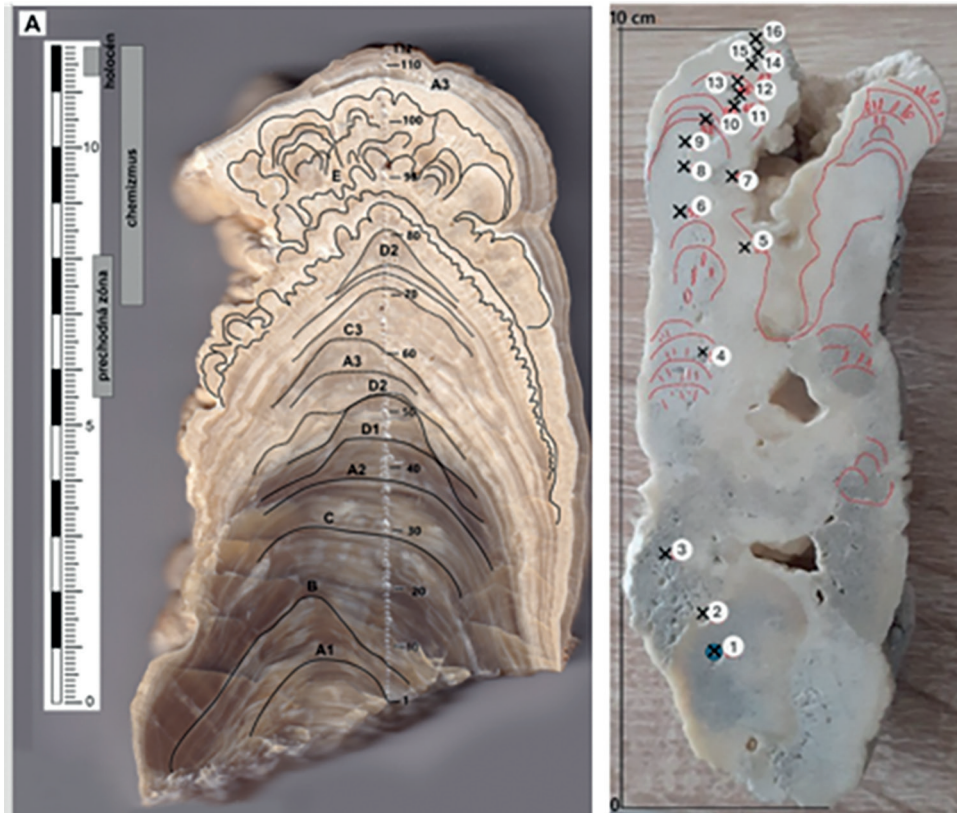
Stalagmity PS a Benj24-1 sme vnútorne rozdelili na architektonické prvky genetického významu (obr. 7) a tie klasifikovali podľa šesťstupňovej hierarchie SAA. Každý z týchto rádov je reprez entovaný dobre definovaným typom stratigrafických, petrografických a kryštalografických prvkov. Analýzu stratigrafie obidvoch stalagmitov predstavujeme postupne od morfostratigrafických jednotiek (5. rád) pozorovateľných voľným okom na leštených pozdĺžnych rezoch (obr.7A) až po mikroskopické pozorovania jednotlivých kryštálov a lamiel (architektonických prvkov 1. a 2. rádu) (obr. 8, 9, 10). Podľa všeobecného vzhľadu a tvaru môžeme vyčleniť niekoľko morfostratigrafických jednotiek (5. rádu), ktoré predstavujú hlavné rastové štádiá PS a Benj24-1 stalagmitov (obr. 7).

Stalagmit PS podľa vzhľadu vykazuje výraznú vertikálnu zonálnosť. Bazálna časť, siahajúca približne do polovice celkovej výšky (po bod 55), je charakteristická tmavým sfarbením, vysoko kompaktnou až sklovitou textúrou a hustou cyklicitou usporiadaných vrstiev sintra. Nad touto zónou nasleduje prechodová svetlá (biela) zóna (55–85), v ktorej sú stále dobre rozpoznateľné rytmicky usporiadané prírastkové vrstvy. Biela laminovaná časť postupne prechádza do bielej, texturálne chaotickej zóny s nepravidelnou vnútornou štruktúrou. Vrcholová časť stalagmitu je tvorená opätovným striedaním tmavých a svetlých lamín, ktoré vytvárajú výrazne rytmickú textúru (obr. 7A).

PS je podľa SAA (Chivelet et al., 2017) tvorený ukladaním minimálne 5 morfostratigrafických jednotiek (5. rádu) (označené od A – E, čísla predstavujú daný typ v inom čase) prípadne prechodnými formami, zvyčajne oddelených prestávkami alebo rýchlymi gradačnými zmenami v morfostratigrafii (obr. 7A). Pozorované morfostratigrafické jednotky stalagmitu PS zaraďujeme do piatich tried: A-guľovité, B-špicaté, C-s plochým vrcholom, D-volánkovité, E-chaotické. Stalagmit Benj24-1 je zložený a definovaný jednou stratigrafickou jednotkou 5. rádu, triedou chaotické (obr. 7B).

Široká škála rastových vzorcov závisí od fyzikálno-chemických podmienok, kontrolujúcimi procesy minerálnej kryštalizácie. Ich rozloženie pozdĺž stalagmitu naznačuje postupnosť relatívne dlhých časových intervalov s rôznymi prevládajúcimi environmentálnymi podmienkami. Architektonické prvky piateho rádu môžu byť vertikálne ohraničené „prechodnými zónami“, ktoré naznačujú progresívne zmeny v podmienkach formovania, alebo „ohraničujúcimi plochami“, ktoré môžu predstavovať prestávky s premenlivým časovým rozpätím. Časové rozpätie, ktoré reprezentuje každá morfostratigrafická jednotka, je variabilné, zvyčajne v rozmedzí storočí až tisícročí a pravdepodobne až do 10^4 rokov, pretože ide o dlhšie časové rozpätie, v ktorom je známe, že jednotlivé speleotémy stabilne rastú (Fairchild a Baker, 2012).

Od bázy stalagmitu PS vyrastá menší stalagmit (obr. 7), označený ako Typ A- s guľovitým, až konvexným tvarom, spravidla pripomínajúcim zvonček. Rastová morfológia naznačuje dlhodobo relatívne homogénne vzorce odkvapkávania, pravdepodobne s miernou rýchlosťou kvapkania, ktorá mohla podliehať sezónnym výkyvom, pri nízkej až miernej



Obr. 7. Architektonické prvky piateho rádu (morfostratigrafické jednotky) znázornené písmenami A-E v pozdĺžnych rezoch obidvoch stalagmitov PS (7A) a Benj24-1(7B). 7A) Rez stalagmitom PS zobrazuje 5 morfostratigrafických jednotiek; Časť stalagmitovej sekcie tmavej farby zobrazuje štyri po sebe idúce morfostratigrafické jednotky, od základne po vrch: spodná jednotka zodpovedá typu A (A1, A2, A3) guľovité morfostratigrafické jednotky zodpovedajúce „zvonovitému" podtypu predstavujú malú zmenu polohy bodu kvapkania navzájom, A1 a A2 sú oddelené dvoma jednotkami: B – špicatou a C – s plochým vrcholom („podtyp meseta"), nad ktorým je jednotka D – volánovitá morfostratigrafická jednotka s dobre diferencovanými centrálnymi a perifénymi časťami. Prítomné sú progradačné a retrakčné intervaly v rámci jednotiek. Svetlú časť stalagmitového rezu nad bodom 55 po bod 80 nazývame „prechodnou zónou", ktorá reprezentuje striedanie sa podtypov volánovitej morfostratigrafickej jednotky („vyprážané vajce" / „mníšska hlava"). Hranice medzi po sebe idúcimi jednotkami sú retrakčné. Prechodná zóna prechádza cez rozmanité prechodné typy do E-chaotickej morfostratigrafickej jednotky (od bodu 80 do 108), ktorá je typická zložitými rastovými vzormi. Vrchol typu A3 najpravdepodobnejšie holocénneho veku ma nepravidelnú topografiu povrchu, ale na jeho jednej strane (vpravo na obrázku) má pravidelne zhrubnutú narastajúcu sintrovú vrstvu z cyklicky sa opakujúcich kompaktných vrstiev kalcitu. Príčinou prudkej zmeny narastania môže byť naklonenie stalagmitu. Náhle zmeny stratigrafických vzorov môžu predstavovať časové rozpätia s rôznym trvaním. 7B) Rez stalagmitom Benj24-1 predstavuje chaotickú morfostratigrafickú jednotku, rez dokumentuje výrazne nepravidelný rast charakterizovaný chaotickým striedaním tmavších a svetlejších zón, reprezentujúcich kompaktný (tmavší) a pórovitý (svetlejší) materiál, všadeprítomné rozpúšťacie procesy sú zreteľne vyvinuté a v centrálnej časti stalagmitu vedú k vzniku rozsiahlych dutín.

Fig. 7 Fifth order architectural elements (morphostratigraphic units) represented by letters A-E in longitudinal sections of both stalagmites PS (7A) and Benj24-1(7B). 7A) Section of stalagmite PS shows 5 morphostratigraphic units; The dark-colored part of the stalagmite section shows four consecutive morphostratigraphic units, from base to top: the lower unit corresponds to type A (A1, A2, A3) spherical morphostratigraphic units corresponding to the "bell" subtype represent a small change in the position of the drip point with respect to each other, A1 and A2 are separated by two units: B- pointed and C- with a flat top ("meseta subtype"), above which is unit D- frilled morphostratigraphic unit with well-differentiated central and peripheral parts. Note the existence of progradational and retraction intervals within the units. The light part of the stalagmite section above point 55 to point 80 is called the "transition zone", which represents the alternation of subtypes of the frill-like morphostratigraphic unit ("fried egg" / "monk's head"). The boundaries between successive units are retractive. The transition zone passes through various transitional types into the E-chaotic morphostratigraphic unit (from point 80 to 108), which is characterized by complex growth patterns. The top of type A3, most likely of Holocene age, has an irregular surface topography, but on one side (right in the figure) it has a regularly thickened accreting sinter layer with cyclically recurring compact calcite layers. The cause of the abrupt change in accretion may be the tilting of the stalagmite. Abrupt changes in stratigraphic patterns may represent time spans of different duration. 7B) Cross-section of stalagmite Benj24-1 illustrating a chaotic morphostratigraphic unit, cross-section showing irregular growth with chaotic alternation of darker (compact) and lighter (porous) zones, pervasive dissolution features form large cavities in the central part of the stalagmite.

presýtenosti roztoku kalcitom. Homogénny charakter kvapkania je typický pre „mladé" stalagmity. Rastové vrstvy sú výrazne pravidelné a vo všeobecnosti vykazujú vysokú laterálnu kontinuitu. Identifikované sú vzory vrstvenia štvrtého rádu, v ktorých dominujú agradačné a progradačné geometrie (Chivelet et al., 2017). Interpretácia uvedených vzorov vychádza z predpokladu, že pri porovnateľných hydrochemických podmienkach, najmä pri podobnom stave presýtenia kalcitom, vznikajú agradačné geometrie pri relatívne stabilných rýchlostiach odkvapkávania, progradačné geometrie pri ich postupnom zvyšovaní a retrakčné geometrie za podmienok klesajúcej intenzity odkvapkávania (Muñoz-García et al., 2016).

Typ B- špicatý vonkajší tvar, vrchol stalagmitu je spravidla výrazne ostrý. Rastové vrstvy vykazujú obmedzenú laterálnu kontinuitu a prevažne retrakčný charakter, pri ktorom každá nasledujúca vrstva postupne zaberá menšiu plochu v apikálnej časti stalagmitu. Tento typ je tvorený dendritickými a/alebo mikrokryštalickými agregátmi. Vrstvové geometrie a kryštalické znaky naznačujú pomalšie rýchlosti odkvapkávania a pravdepodobne vyšší stupeň presýtenia roztoku kalcitom v porovnaní s predchádzajúcim typom. Výrazne ostrý a relatívne vysoký vrchol stalagmitu je výsledkom dominancie retrakčného rastu.

Typ C je charakterizovaný plochým vrcholom a predstavuje morfostratigrafickú jednotku definovanú horizontálnou vrstevnatou geometriou, typickou pre stalagmity s výrazne plochou topografiou v apikálnej časti. Vonkajší tvar je prevažne valcový, pričom vnútorná stavba vykazuje dobre vyvinuté subhorizontálne rastové vrstvy. Tieto vrstvy sa smerom k bočným častiam stalagmitu konkávne prehýbajú a sú laterálne zovreté na jeho stenách. Dominantné sú agradačné vzory naskladaných rastových vrstiev. Morfostratigrafické jednotky tohto typu sú tvorené predovšetkým stĺpcovými kryštalickými štruktúrami.

Typ D predstavuje volánovitú morfostratigrafickú jednotku s komplexnou morfológiou. Tvar je definovaný centrálnou časťou s výrazne konvexnou geometriou a periférnym prstencom, ktorý je v jeho vnútornej časti takmer horizontálny, avšak smerom k vonkajšiemu okraju nadobúda strmší sklon. Rastové vrstvy sú spravidla dobre vyvinuté, v centrálnej časti pozoruhodne pravidelné, zatiaľ čo v periférnom prstenci vykazujú vyšší stupeň nepravidelnosti. Vrstvy je možné vo väčšine prípadov kontinuálne sledovať od vrcholovej časti až po bočné steny stalagmitu. Kryštalická stavba zahŕňa viacero podtypov stĺpcových

štruktúr v centrálnej časti a prechod k mikrokryštalickým agregátom v periférnej zóne. Rastová morfológia naznačuje relatívne homogénne vzory odkvapkávania, pravdepodobne s miernou rýchlosťou kvapkania a miernym stupňom presýtenia roztoku kalcitom. Podtyp „Volské oko" je charakterizovaný centrálnou časťou, ktorej priemer zaberá menej než polovicu celkovej plochy vrcholu.

E-chaotická morfostratigrafická jednotka. Ide o časť stalagmitu ktorá sa vyznačuje zložitými, nepravidelnými rastovými vzormi, ktoré zvyčajne sťažujú akúkoľvek detailnú mikrostratigrafickú analýzu. Celkový vzhľad je masívny často mliečny pripomína cerebroidalnú (lalokovitú) až popkornovú textúru. Vonkajší tvar tejto jednotky je variabilný až bizarných tvarov. Štruktúry sú mikrokryštalické, vejárovité a mikritické s výraznou mikroporéznosťou (obr. 13). Medzi „lalokmi" či „popkorn" útvarmi sa vyskytujú jednotlivé rastové vrstvy, ktoré sú jasne rozoznateľné v leštených výbrusoch (obr. 10 C, D, E) majú pravidelné ročné striedanie a usporiadanie reprezentované „viditeľnými" laminami.

Vrchol stalagmitu PS (od 106-112, obr. 7A) má nepravidelnú topografiu povrchu (na ľavej strane), ale na jeho jednej strane (vpravo na obr. 7A) má pravidelne zhrubnutú narastajúcu sintrovú vrstvu s cyklicky sa opakujúcimi kompaktnými lamelami tvorené stĺpcovitým kalcitom. Príčinou prudkej zmeny narastania len na jednej strane (pravej) môže byť naklonenie stalagmitu.

Rastová morfológia na reze má vzhľad morfologickej jednotky typu A (A3 na obr. 7A) s konvexným, až guľovitým tvarom.

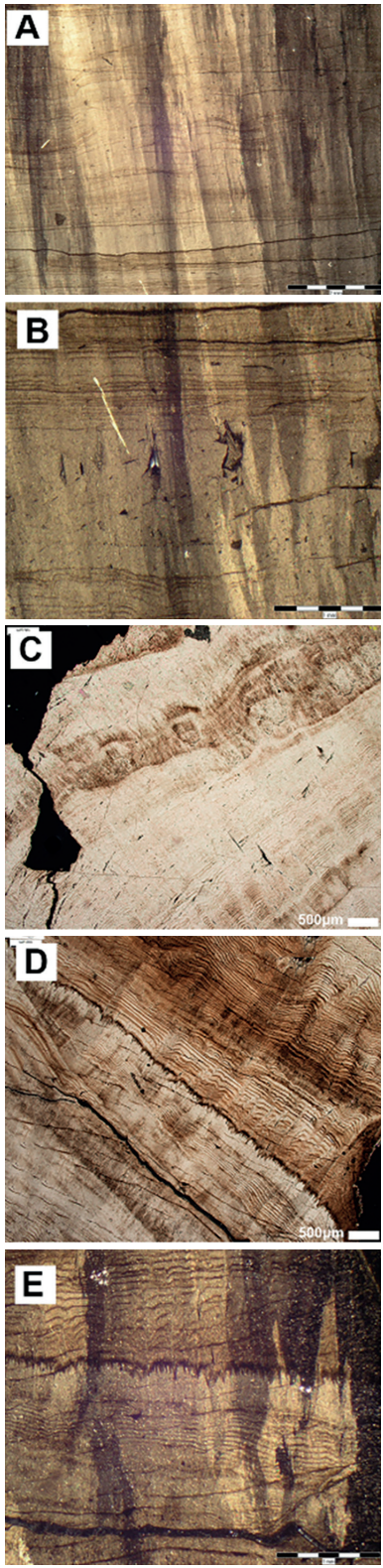
Makrometrické pozorovanie rezu stalagmitu Benj24-1 vykazuje všadeprítomné rozpúšťacie znaky ovplyvňujúce predovšetkým vnútornú časť stalagmitu. Rozpúšťanie vytvára veľké dutiny v axiálnej časti stalagmitu. Rozdielne rozpúšťanie tejto časti bolo pravdepodobne riadené väčšou priepustnosťou a pórovitosťou, čo umožňovalo presakovanie nenasýtenej vody cez stalagmit. V stalagmite je rozoznateľná len chaotická morfostratigrafická jednotka. Tmavšie a svetlejšie masívne časti, ktoré sú pozorovateľné na reze stalagmitu prezentujú kompaktný (tmavší) a pórovitý (svetlejší) materiál, z ktorého je stalagmit budovaný.

Mikrometrické pozorovania

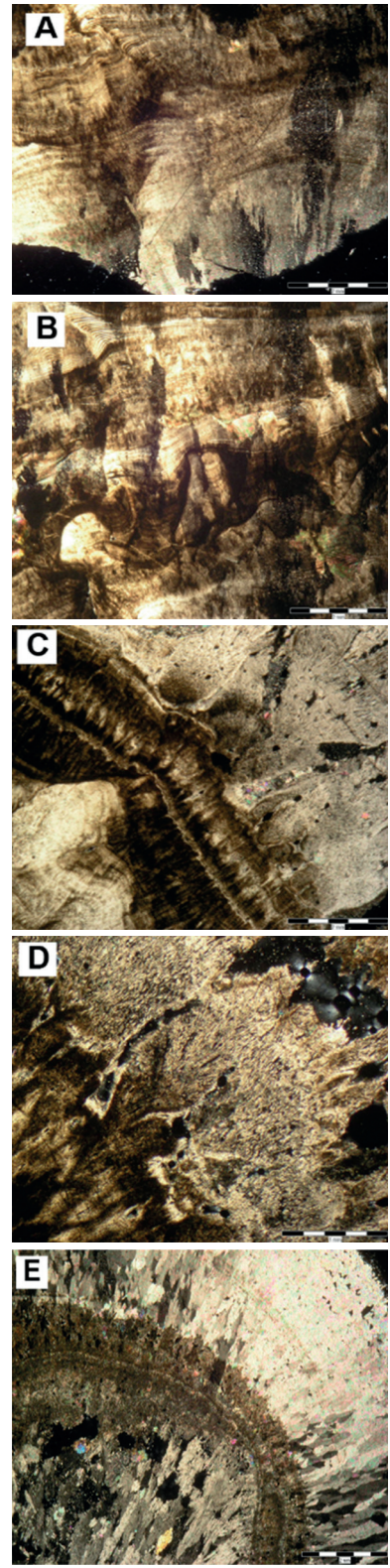
Mikromorfologické pozorovania leštených výbrusov boli založené na štúdiu troch výbrusov stalagmitu PS s celkovou výškou 11,6 cm. Takto zvolené plošné pokrytie rezu stalagmitu umožnilo zachytiť najvýznamnejšie fázy jeho rastu (obr. 6). Morfostratigrafické jednotky najvyššieho rádusú tvorené architektonickými prvkami nižších rádov, predovšetkým kryštálmi (1. rád), rastovými vrstvami (2. rád) a súbormi vrstiev (3. rád). Ich identifikácia a interpretácia si vyžadovala detailné mikroskopické pozorovania troch leštených výbrusov odobratých z bázy (PS3), strednej časti (PS2) a vrcholovej časti stalagmitu (PS1) (obr. 8, 9, 10).

Výbrusy boli vyhotovené z troch mikroštruktúrne najodlišnejších častí analyzovaného rezu stalagmitu. Spodná časť reprezentuje kompaktnú štruktúru pokojného rastu za stabilných fyzikálno-chemických, najmä teplotných, podmienok. Stredná časť tvorí prechodnú zónu, ktorá svojou rastovou architektúrou zaznamenáva postupné environmentálne zmeny. Vrcholová časť je charakteristická deformovaným a chaotickým rastom, ktorý je následne ukončený kompaktnou rastovou vrstvou pravdepodobne holocénneho veku, indikujúcou návrat k stabilným rastovým podmienkam. Morfológia a veľkosť kryštálov poskytujú informácie o fyzikálno-chemických podmienkach rastu stalagmitu a ich analýza prispieva k lepšiemu pochopeniu kryštálovej štruktúry kalcitu, jeho genetických mechanizmov a súvisiacich paleoenvironmentálnych implikácií.

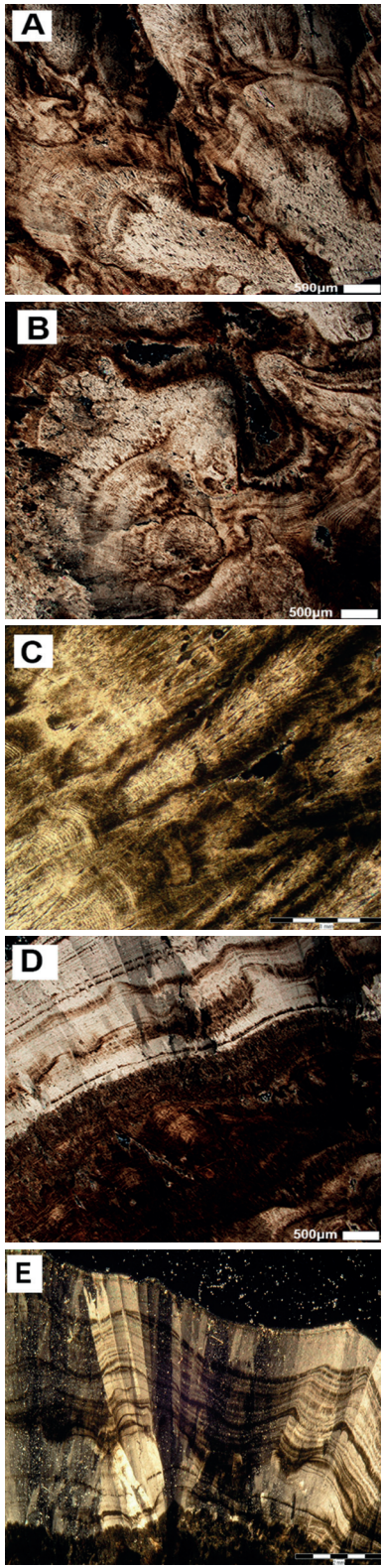
Vysoké rýchlosti odkvapkávania v kombinácii s vysokým stupňom presýtenia roztoku vedú k rýchlej precipitácii kalcitu, avšak podporujú vývoj početných malých, anhedrálnych



Obr. 8. PS3 výbrus dokumentuje začiatok pokojného rastu stalagmitu PS až po „prechodnú zónu“ stred stalagmitu, kde dochádza ku rastovým zmenám (pozorované pod skríženými nikolmi).
A) bázu stalagmitu tvoria typické predĺžené stĺpcovité kalcity s rovnými hranicami, stĺpce kalcitu prechádzajú cez rastové lamely, štruktúra je kompaktná, málo porézna, typická pre tvorbu stalagmitov často sa nachádzajúcich v hlbších jaskyniach so stabilným skvapom; B) stĺpcový undulózny kalcit preložený dvoma detritickými vrstvami, striedajú sa miestami bez lamiel alebo so slabo laminovanými vrstvami s priesvitným vzhľadom; C), D), E) v strednej a hornej časti výbrusu pribúdajú súbory ročných vrstiev mikritického kalcitu so striedaním tmavých a svetlých vrstevnatých lamiel, mikrokryštalický kalcit má mliečny, nepriehľadný a pórovitý vzhľad; C) najvyššie zóny obsahujú tmavé pásy s detritom, porozitou a intervalmi rozpúšťania kalcitu; D) laminovaná postupnosť vrstiev je prerušovaná sériou diskontinuitných povrchov, ktoré zarezávajú do predchádzajúcich vrstiev a predstavujú intervaly rozpúšťania kalcitu; E) detail obrázku D)
Fig. 8. Thin section PS3 documents the onset of stable growth of stalagmite PS up to the transitional zone in the central part of the stalagmite, where changes in growth regime occur (observed under crossed polarizers). A) The basal part of the stalagmite is composed of characteristically elongated columnar calcite crystals with straight crystal boundaries. Calcite columns cross growth laminae, and the fabric is compact and weakly porous, typical of stalagmite formation in deeper cave environments with stable drip regimes; B) Undulose columnar calcite interlayered with two detrital layers occurs locally, alternating with intervals lacking lamination or showing weakly laminated, translucent layers; C–E) In the middle and upper parts of the thin section, packages of annual micritic calcite layers become increasingly abundant, characterized by alternating dark and light laminae. The microcrystalline calcite exhibits a milky, opaque, and porous appearance; C) The uppermost zones contain dark bands enriched in detrital material, increased porosity, and intervals of calcite dissolution; D) The laminated succession is interrupted by a series of discontinuity surfaces that truncate underlying layers and represent episodes of calcite dissolution; E) Detail of the picture (D).



Obr. 9. PS2 – výbrus stalagmitu PS zo strednej jeho časti rezu, dokumentuje prechodnú bielu zónu (od bázy, A- po vrchol, E), predstavujúcu pásmo cyklicky sa striedajúcich bielych a transparentných vrstiev (medzi bodmi 60 a 90, obr. 7A). Táto zóna zachytáva prechod z kompaktnej bazálnej časti stalagmitu do hornej, chaoticky štruktúrovanej časti rezu. A) Kompaktná bazálna časť tvorená ročnými lamelami, cez ktoré prechádzajú undulózne stĺpcové kryštály kalcitu; miesto predstavuje začiatok zmien chemizmu vybraných stopových prvkov; B) Chaotická štruktúra signalizuje nástup zmien rastu stalagmitu; C) Výrazná tmavá vrstva v strede predstavuje diskontinuitu s prítomnosťou detritického materiálu a lokálnymi znakmi rozpúšťania a mikritickej kryštalizácie. Táto vrstva poskytuje nukleačné jadrá pre rast ihlicovitých, radiálne lúčovitých kryštálov kalcitu, ktoré vytvárajú vejárovité agregáty; D) Detail ihlicovitých vejárov vyrastajúcich z mikritickej vrstvy z predchádzajúcej časti; medzi ihlicovitými kryštálmi a ich vejárovitými agregátmi sú viditeľné póry (odkaz na C); E) Stĺpcovitá štruktúra otvorených kryštálov kalcitu, so striedaním rýchlejšie rastúcich transparentných vrstiev a opakujúcich sa bielych vrstiev (hnedý súbor vrstiev) v strede obrázku.
Fig. 9. PS2 Thin section of stalagmite PS from the central part of the profile, documenting a transitional white zone (from the base, A to the top, E) representing a band of cyclically alternating white and translucent layers (between points 60 and 90 in Fig. 7A). This zone records the transition from the compact basal part of the stalagmite to the upper, chaotically structured portion of the section. A) Compact basal part composed of annual laminae crosscut by undulose columnar calcite crystals; the zone marks the onset of changes in the geochemistry of selected trace elements; B) Chaotic fabric indicating the initiation of changes in stalagmite growth; C) A prominent dark layer in the central part represents a discontinuity with detrital material and localized features of calcite dissolution and micritic crystallization, this layer provides nucleation sites for the growth of needle-like, radially arranged calcite crystals forming fan-shaped aggregate; D) Detail of needle-like fans growing from the micritic layer shown in the previous panel; pores are visible between individual needles and their fan--shaped aggregates (see C); E) Columnar fabric of open calcite crystals, showing alternation of faster-growing translucent layers and recurrent white layers (brown layer package) in the central part of the image.



Obr. 10. PS1 výbrus stalagmitu PS dokumentuje (v smere od spodu (A) hore (E) najvrchnejšiu časť rezu stalagmitu PS, pod skríženými nikolmi. A) chaotická cerebroidálna jednotka (reprezentuje chaotickú morfologickú jednotku z obr.7 (E) tvorená vejárovitým narastaním ihlíc kalcitu do lúčovitých agregátov, ktoré sa postupne vetvia s istou pravidelnosťou sa rozširujú do priestoru smerom hore; B) textúry narastania nepravidelné lalokovité, s priestormi medzi ihlicovitými agregátmi, ktoré sú vyplnené jemnokryštalickým mikritom s výraznou mikroporéznosťou (tmavé sfarbenie); (C) dentrické ihlicovité kryštály vejárovitej štruktúry s pravdepodobne ročnými rastovými vrstvami nad a pod agregátmi radiálne ihlicovitých vejárov kalcitu; D) kontakt najvrchnejšej zóny rastu stalagmitu s tmavou vrstvou s vysokou poréznosťou medzi kryštálmi mikritického kalcitu, ktorá spôsobuje pri skrížených nikoloch tmavé sfarbenie, pravdepodobne tvorí hiát pred nástupom holocénnej najvrchnejšej zóny (E); (E) najvrchnejšia časť stalagmitu s vysoko kompaktnou sklovitou textúrou je prezentovaná stĺpcovitými kryštálmi kalcitu, ktoré lúčovito prerastajú cez ročné tmavé laminy tvoriace cykly vrstevnatých pásov.

Fig. 10. PS1 Thin section of stalagmite PS illustrating the uppermost part of the stalagmite profile (from base, A, to top, E), observed under crossed polarizers; A) Chaotic cerebroid unit, corresponding to the chaotic morphological unit shown in Fig. 7E, composed of fan-shaped growth of calcite needles forming radially arranged aggregates that progressively branch and expand upward with a certain degree of regularity; B) Irregular lobate growth textures with interspaces between needle-like aggregates filled by fine-grained micritic calcite exhibiting pronounced microporosity, expressed as dark coloration; C) Dendritic, needle-like crystals forming fan-shaped structures, with probable annual growth layers developed above and below the aggregates of radially arranged calcite needles; D) Contact between the uppermost growth zone of the stalagmite and an underlying dark, highly porous layer composed of micritic calcite. The high intercrystalline porosity causes dark appearance under crossed polarizers and likely represents a growth hiatus preceding the onset of the Holocene uppermost zone (E); E) The uppermost part of the stalagmite is characterized by a highly compact, glassy fabric composed of columnar calcite crystals radiating across annual dark laminae, forming cyclic banded.

kryštálov typických pre vysoko konkurenčné rastové prostredie. Naopak, precipitácia kalcitu pri pomalších a stabilnejších rýchlostiach kvapkania a pri presýtení blízkom rovnováhe vedie k pomalému rastu väčších, euhedrálnych a morfologicky homogénnych kryštálov (Riechelmann et al., 2014; Frisia, 2015).

Horná časť stalagmitu, ktorá sa vyznačuje zložitými, nepravidelnými rastovými vzormi a je definovaná chaotickou morfostratigrafickou jednotkou v zmysle SAA (podľa Chivelet et al. 2017) obsahuje agregáty ihličkovitých kryštálov kalcitu, ktoré pripomínajú svojim vzhľadom aragonit. Ramanovská spektrografia ale identifikovala v tejto časti len kalcit. Takéto ihlicovité kryštály kalcitu vznikajú v systéme bohatom na horčík (Frisia el al., 2002). Obsah vyššieho množstva Mg v tejto zóne rastu stalagmitu dokazujú aj merania XRF (obr. 12).

Geochemické analýzy – izotopy a stopové prvky

Izotopy

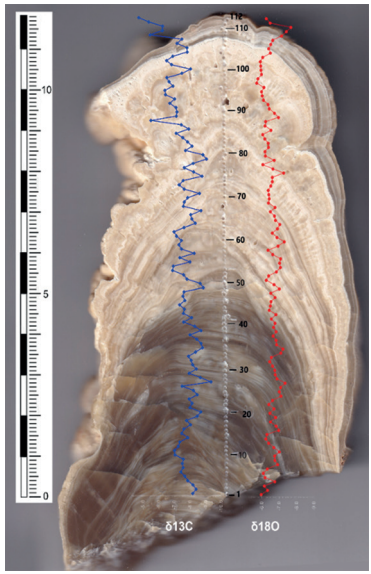
Zmeny klímy a prostredia na povrchu sa prenášajú do jaskyne prostredníctvom fyzikálnych a chemických vlastností infiltrovanej vody. Pomer stabilných izotopov C a O karbonátu odráža intenzitu produkcie CO_2 v pôde a izotopové zloženie vody.

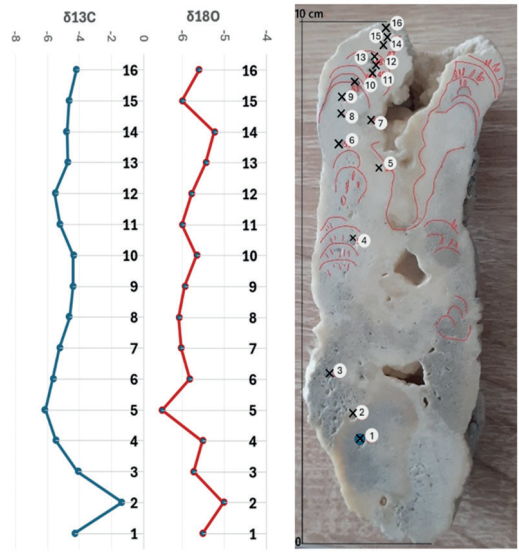
V skúmanom reze stalagmitom PS sa hodnoty $\delta^{13}C$ a $\delta^{18}O$ pohybujú v rozmedziach cca -9,4 až -4,7 ‰ PDB a -7,7 až -5,6 ‰. V časti stalagmitu s kompaktnou textúrou pozorujeme menší rozptyl hodnôt a veľmi mierny klesajúci trend $\delta^{18}O$. V segmente s chaotickým rastom nastupuje trend rastu izotopových hodnôt oboch prvkov, ktorý v najvyšších prírastkoch s kompaktným kalcitom diverguje: $\delta^{13}C$ graduje až k hodnote -4,7 ‰, zatiaľ čo $\delta^{18}O$ klesá k minimálnej hodnote celého záznamu (-7,7 ‰) a vzápätí náhle rastie ku -6,3 ‰. Napriek indíciám o vplyve ľadu na vývoj neobvyklých nepravidelných tvarov stalagmitu, izotopové hodnoty uhlíka nenaznačujú obsah kryogénnych práškov, aké sú časté pri sezónnom mrznutí a majú vďaka kinetickej frakcionácii anomálne ťažký uhlík (až do +15 ‰, Žák et al., 2018). V reze stalagmitom Benj24-1 (obr. 11b) sa hodnoty $\delta^{13}C$ a $\delta^{18}O$ pohybujú v rozmedziach cca -6,1 až -1,3 ‰ PDB a -6,5 až -5 ‰. Je však možné, že ľad namrznutý na vrchole stalagmitu PS ovplyvňoval jeho rast aj bez toho, aby v chladnom období dochádzalo ku precipitácii kryogénneho karbonátového prášku. Presnejšia interpretácia bude možná po preskúmaní väčšieho počtu podobných kvapľov, a porovnaním s izotopovými záznamami zo speleotém ovplyvnených krygénnymi práškami.

Stopové prvky Fe, Mg, Si, P, S, Sr, Ca

Koncentrácie niektorých stopových prvkov (Mg, Sr, Ba) môžu odrážať zmeny teploty a množstvo zrážok, vývoj hydrologického režimu nad jaskyňou (suché vs. vlhké obdobia), variabilitu odparovania a infiltrácie – sú teda nepriamo závislé od klímy. Dokážu detegovať prerušenie fáz rastu alebo extrémnych udalostí, napr. udalosti sucha (vyšší pomer Mg/Ca, Sr/Ca). Pri meraní XRF sa zistila ich zvýšená koncentrácia v zóne degradovaného rastu stalagmitu. Od nástupu prechodnej zóny až po najvrchnejšiu najmladšiu vrstvu sú zmeny ich hodnôt vybraných prvkov korelovateľné so zmenami rastu stalagmitu (obr. 10).

Profily prvkových koncentrácií (XRF) majú pomerne vyrovnaný priebeh v kompaktnej zóne až po body 70-75, neskôr nastáva výrazné kolísanie a obohatenie o P, S, Mg. Naopak veľmi mierne klesá koncentrácia Sr. Zvýšený pomer Mg/Ca je často interpretovaný v zmysle predošlej precipitácie kalcitu (PCP, prior calcite precipitation, Riechelmann et al. (2011), Deininger et al., (2021)) v dôsledku spomalenia infiltrácie v suchších obdobiach. Krivka koncentrácie Sr je protichodná voči Mg, čo naznačuje, že okrem PCP hrajú úlohu aj iné faktory, pravdepodobne teplota. Tento trend by mohol naznačovať posun k suchému



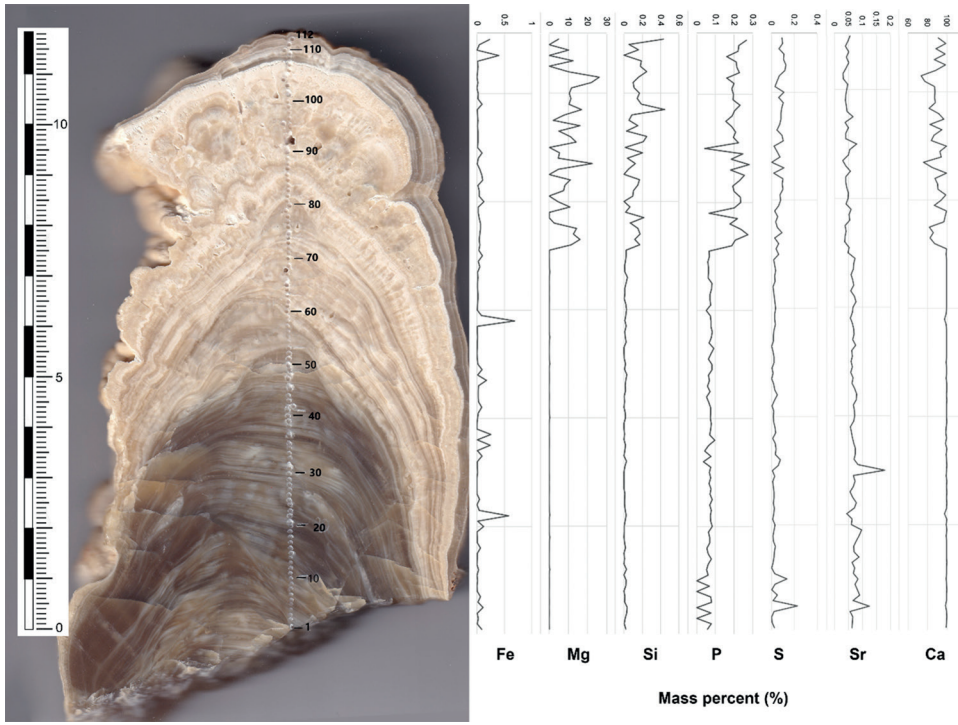


Obr. 11A. (vľavo) Pozdĺžny rez stalagmitom PS s hodnotami stabilných izotopov O a C. Čísla (čierne) predstavujú počet a poradie bodov odvŕtaných pozdĺž rezu vzorky PS s krokom 1mm.
Obr. 11B. (vpravo) Pozdĺžny rez stalagmitom Benj24-1 s hodnotami stabilných izotopov O a C. Čísla (červené) predstavujú miesta odvŕtaných vzoriek na reze stalagmitu Benj24-1.
Fig. 11A. (left) Longitudinal stalagmite profile with measured stable oxygen and carbon isotope values. The numbers represent the number and order of points drilled along the PS sample section with a step of 1mm.
Fig. 11B. (right) Longitudinal section of the Benj24-1 stalagmite with stable isotope values of O and C. The numbers (red) represent the locations of drilled samples on the section of the Benj24-1 stalagmite.

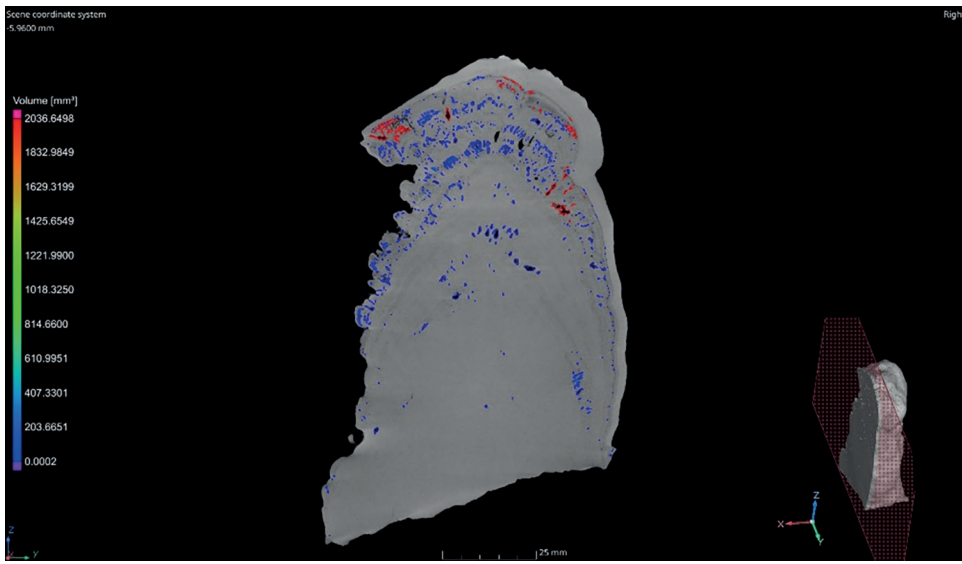
a chladnému obdobiu. Nakoľko však ide o semikvantitatívnu metódu, zrejme ovplyvnenú textúrou vzorky, na spoľahlivú interpretáciu bude nutné doplniť iné metódy prvkovej analýzy.

Rtg mikrotomografia

Na reze 3D rekonštrukciou stalagmitu PS je farebne zviditeľnená distribúcia pórových priestorov, vrátane rozdelenia ich veľkosti (prepojený objem v $mm^{3)}$. Skoršie rastové štádiá s tmavým kompaktným kalcitom sú chudobné na póry, v svetlej kompaktnej zóne pribúdajú ojedinelé dutiny predovšetkým v rastovej osi. Vo vrchnej zóne chaotického rastu sa póry objavujú po celom obvode stalagmitu a narastá aj ich prepojenosť. Najmladšia kompaktná zóna je znovu kompaktná a bez pórových dutín.



Obr. 12. Prvkové profily získané pomocou XRF pozdĺž izotopového profilu stalagmitu PS.
Fig. 12. Elemental profiles obtained by XRF along the isotope profile of stalagmite PS.



Obr. 13. Rez 3D rekonštrukciou stalagmitu PS pomocou RTG-mikrotomografie.
Fig. 13. Cross-section derived from a 3D reconstruction of stalagmite PS based on X-ray micro-tomography.

ZÁVER

Cieľom tohto výskumu bolo preskúmať dva morfologicky veľmi podobné typy deformovaných stalagmitov (PS a Benj24-1), ktoré vyrástli v odlišných jaskynných prostrediach a počas odlišných klimatických období. Stalagmit PS sa vytvoril počas glaciálu, zatiaľ čo stalagmit Benj24-1 počas interglaciálu. Predpokladáme, že spoločným faktorom pre oba speleotémy bola prítomnosť mrazu počas ich rastu, a preto ich predbežne zaraďujeme medzi kryogénne speleotémy.

Stalagmit PS rástol v Pilierovej sieni, v strede zložitého labyrintu homotermálnej jaskyne so statickou mikroklímou, viac ako 60 m pod povrchom. Naopak, stalagmit Benj24-1 sa vyvíjal v heterotermálnej jaskyni len 20 m od vchodu, kde dochádzalo k intenzívnym sezónnym teplotným výkyvom.

Rast stalagmitu PS bol ovplyvnený dvoma kľúčovými faktormi. Prvým bola blízkosť ľadovej výplne, doložená akumuláciiami CCC-c akryogénnou deštrukciou podlahových hrubých sintrov a speleotém. Samotný stalagmit bol nájdený odlomený od svojej bázy, čo naznačuje, že jeho rast prebiehal v podmienkach glaciálu a že ľadová výplňmikroklimaticky ovplyvňovala jeho vývoj. Druhým významným faktorom bolo intenzívne kvapkanie presakujúcej vody v jeho bezprostrednej blízkosti. Silné kvapkanie mohlo regulovať teplotu potrebnú pre prietok infiltrujúcej vody do jaskyne aj počas permafrostových podmienok glaciálneho obdobia.

Husté laminácie prírastkových vrstvičiek v prechodnej aj chaotickej zóne stalagmitu PS naznačujú pomalý, postupný rast počas glaciálu až po kontakt s kompaktnou najvrchnejšou holocénnou vrstvou. Kontaktná mikritická vrstva, predstavujúca predpokladaný hiát medzi glaciálom a holocénom, bude spoľahlivo interpretovaná pomocou chronometrického datovania.

Na morfogenézu stalagmitu Benj24-1 vplýva kombinácia procesov spojených so striedaním teplôt nad a pod 0 °C v blízkosti vchodu do jaskyne. Stalagmit, ktorý je počas väčšej časti roka vystavený teplotám nad bodom mrazu a kontinuálne zásobovaný presakujúcou vodou, podlieha počas pomalého zamŕzania kryogénnemu rozrušovaniu novovzniknutých kalcitových kryštálov na povrchu. Tento proces je dôsledkom expanzie vody pri premene na ľad, čo vyvoláva mechanické poškodzovanie mladých prírastkov kalcitu. Následné topenie ľadového povlaku prispieva k lokálnej korózii kryštálov, keďže vzniknutá voda je len minimálne mineralizovaná a pôsobí agresívne na karbonátový povrch. Opakujúce sa cykly mrazu a tavenia vedú k výrazným deformáciám rastových procesov a k formovaniu atypických kryogénnych morfológií stalagmitov.

Na základe výsledkov štúdia rastu stalagmitov pomocou speleotémovej architektúrnej analýzy (SAA), v kombinácii s údajmi o stabilných izotopoch a stopových prvkoch, sme interpretovali možné príčiny vzniku bizarných novotvarov. Porovnanie chaotického rastu v časti stalagmitu PS a celého stalagmitu Benj24-1 naznačuje vplyv ľadu na formovanie nepravidelných tvarov, avšak izotopové hodnoty uhlíka nepreukázali prítomnosť kryogénnych práškov typických pre sezónne mrazy. Je možné, že ľad na vrcholovej časti stalagmitov ovplyvňoval rast aj bez precipitácie kryogénneho karbonátového prášku. Presnejšia interpretácia bude možná po skúmaní väčšieho počtu obdobných kvapľov a ich porovnaní s izotopovými záznamami speleotém ovplyvnených kryogénnymi procesmi.

Chemická analýza vybraných prvkov pomocou röntgenovej fluorescenčnej spektrometrie (XRF) v zóne degradovaného rastu stalagmitu PS ukázala koreláciu zmien obsahu prvkov so zmenami rastu stalagmitu od nástupu prechodnej zóny až po najvrchnejšiu, najmladšiu vrstvu. Pozorovali sme zvýšený pomer Mg/Ca a protichodnú krivku koncentrácie Sr, čo naznačuje, že okrem procesov predčasnej precipitácie kalcitu (prior calcite precipitation,

PCP) môžu významnú úlohu hrať aj ďalšie faktory, pravdepodobne teplota. Tento trend môže indikovať posun k suchému a chladnému obdobiu, avšak spoľahlivá interpretácia bude vyžadovať doplnenie ďalších analytických metód prvkovej analýzy.

Táto predbežná stratigrafická štúdia, založená na kombinácii izotopových profilov, chemického zloženia vybraných prvkov a architektúrnej analýzy, pripravuje podklad pre ďalšie plánované výskumy zamerané na určovanie absolútneho veku stalagmitov a paleoklimatické interpretácie v spojení s ďalšími geochemickými proxy údajmi.

Poďakovanie: Tento výskum bol financovaný z projektov VEGA 2/0162/25 (Klimatické zvraty posledného glaciálneho cyklu v záznamoch jaskýň a jazier Slovenska) a Mapovanie a monitoring jaskynných biotopov a modernizácia softvéru Národnej databázy jaskýň – NFP401202FLV7.

LITERATÚRA

Bazarova, EP, Kononov, AM, Gutareva, OS, Nartova, NV, 2014. Particularities of cryogenic mineral formations in Okhothichya cave in pre-Baikal region (Irkutsk district). Cryosphere of Earth 18, 3, 67–76 (in Russian).

Biely, A., Bezák, V., Bujnovský, A., Vozárová, A., Klinec, A., Miko, O., Halouzka, R., Vozár, J., Beňuška, P., Hanzel, V., Kubeš, P., Liščaák, P., Lukášik, E., Maglay, J., Molák, B., Pulec, M., Putiš, M., Slavkay, M., 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Nízkych Tatier. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.

Borsato, A., Frisia, S., Fairchild, I.J., Somogiy, A., Susini, J., 2007. Trace element distribution patterns in annual stalagmite laminae mapped by micrometer-resolution X-ray fluorescence: incorporation of colloidally-transported species. Geochimica et Cosmochimica Acta, 71, 1494–1512.

Cañaveras, J., Sanchez-Moral, S., Soler, V., Saiz-Jimenez, C., 2001. Microorganisms and microbially induced fabrics in cave walls. Geomicrobiological Journal 18, 223–240. http://dx.doi.org/10.1080/01490450152467769.

Deininger, M., Hansen, M., Fohlmeister, J., Schröder-Ritzrau, A., Burstyn,Y., Scholz,D., 2021. Are oxygen isotope fractionation factors between calcite and water derived from speleothems systematically biased due to prior calcite precipitation (PCP)?, Geochimica et Cosmochemica Acta 305, 212–227. https://doi.org/10.1016/j.gca.2021.03.026

Droppa, A., 1957. Demänovské jaskyne – Krasové zjavy Demänovskej doliny. SAV, Bratislava, 289 s.

Dublyansky, Y.V., Moseley, G.E., Koltai, G., Tochterle, P., Spötl, C., 2024a. Cryogenic Cave Carbonates. Encyclopedia of Quaternary Science, Third Edition, vol. 5, 411–421. UK (Elsevier). https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99931-1.00248-8

Dublyansky, Y., Töchterle, P., Steck, M.M., Sperlich, D.W., Koltai, G., Cheng, H., Zhang, H., Smirnov, S., Spötl, C., 2024b. Size–shape–stable isotope (C, O) relationships of cryogenic cave carbonates formed in permafrost settings. Chem. Geol. 661, 122183. https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2024.122183.

Fairchild, I. J., Smith, C. L., Baker, A., Fuller, L., Spötl, C., Mattey, D., McDermott, F., 2006. Modification and preservation of environmental signals in speleothems. Earth-Science Reviews, 75(1–4), 105–153.

Fairchild, I. J. and Baker, A.,2012. Speleothem Science: From Process to Past Environments. Print ISBN 9781405196208, Wiley, DOI:10.1002/9781444361094, Copyright © 2012 Ian J. Fairchild, Andy Baker.432p.

Fleitmann-Dominik Fleitmann, Stephen J. Burns, Manfred Mudelsee, Ulrich Neff, Jan Kramers, Augusto Mangini, and Albert Matter, 2003 Holocene Forcing of the Indian Monsoon Recorded in a Stalagmite from Southern Oman. Science, Vol 300, Issue 5626 pp. 1737-1739 DOI: 10.1126/science.1083130

Herich, P. 2024. Atlas Demänovských jaskýň, 500 s.

Fairchild, I.J., Frisia, S., Borsato, A., Tooth, A., 2007. Speleothems. In Nash, D.J., McLaren, S.J. (Eds), Geochemical Sediments and Landscapes. Blackwell Publishing, Oxford, pp. 2002245.

Frisia, S., 2015. Microstratigraphic logging of calcite fabrics in speleothems as tool for palaeoclimate studies. International Journal of Speleology 44,1, 1–16, http://dx. doi.org/10.5038/1827--806X.44.1.1.

Frisia, S., Borsato, A., 2010. Karst. In Alonso-Zarza, A.M., Tanner, A. (Eds.), Carbonates in Continental Settings. Developments in Sedimentology 61. Elsevier, New York: 269–318. http://dx.doi.org/10.1016/S0070-4571(09)06106-8 (Chapter 6).

Frisia, S., Borsato, A., Fairchild, I.J., McDermott, F., 2000. Calcite fabrics, growth mecha nisms, and environments of formation in speleothems from the Italian Alps and southwestern Ireland. Journal of Sedimentary Research 70, 1183–1196.

Frisia, S., Borsato, A., Fairchild, I.J., McDermott, F., Selmo, E.M., 2002. Aragonite-calcite relationships in speleothems (Grotte de Clamouse, France): environment, fabrics, and carbonate geochemistry. Journal Sedimentary Research 72, 6872699.

Frisia, S., Borsato, A., Drysdale, R., Paul, B., Greig, A., Cotte, M., 2012. A re-evaluation of the palaeoclimatic significance of phosphorus variability in speleothems revealed by high-resolution synchrotron micro XRF mapping. Climate of the Past 8, 2039–2051. http://dx.doi.org/10.5194/cp-8-2039-2012.

Hochmuth, Z., Holúbek, P., 1998. Geomorfologické pomery a topografia novoobjavených častí jaskyne zlomísk v Jánskej doline v Nízkych Tatrách. Slovenský kras, 36, 59–80.

Javier Martín-Chivelet, M. Belén Muñoz-García, Juncal A. Cruz, Ana I. Ortegac, María J. Turrerod 2017. Speleothem Architectural Analysis: Integrated approach for stalagmite-based paleoclimate research. Sedimentary Geology, Volume 353, 15 May 2017, 28–45

Jones, B., 1987. The alteration of sparry calcite crystals in a vadose setting, Grand Cayman Island. Canadian Journal of Earth Sciences 24, 11, 2292–2304. http://dx.doi.org/10. 1139/e 87214.

Kempe, S., Bauer, I., Dirks, H., 2009. Glacial cave ice as the cause of wide-spread destruction of interglacial andinterstadial speleothem generations in Central Europe. Proc. of the 15th Int. Congress of Speleology, 2, 1026–1031.

Luhová, Ľ, Milovský, R., Orvošová, M., Milovská, S., Šurka, J., Herich, P., Chuan-Chou Shen. Paleoklimatický výskum na kryogénne lámaných speleotémach. Abstrakt – Zborník vedeckých príspevkov, ŠGÚDŠ, Konferencia Geochémia 2016, 104–106.

Mareková, Ľ., 2021. Izotopový záznam jaskynných prejavov permafrostu a paleoklimatická interpretácia. Dizertačná práca, UVZ SAV v Banskej Bystrici, 168.

Martín-García, R., Martín-Pérez, A., Alonso-Zarza, A.M., 2011. Weathering of host rock and corrosion over speleothems in Castañar cave, Spain: an example of a complex meteoric environment. Carbonates and Evaporites 26, 1, 83–94. http://dx.doi.org/ 10.1007/s13146-010-0039-9

Martín-Pérez, A., Martín-García, R., Alonso-Zarza, A.M., 2012. Diagenesis of a drapery speleothem from Castañar Cave: from dissolution to dolomitization. International Journal of Speleology 41, 2, 251–266. http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.41.2.11.

Marušin, M., 2006. Speleologická situácia v Jánskej doline z pohľadu geologicko-štruktúrnej stavby územia. Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, Zborník referátov, 5, 105–109.

McDermott, F., 2004. Palaeo-climate reconstruction from stable isotope variations in speleothems: a review. Quaternary Science Reviews 23, 9012918.

McDermott, F., Schwarcz, H., Rowe, P.J., 2006. Isotopes in speleothems. In Leng, M.J. (Ed.), Isotopes in Palaeoenvironmental Research. Springer, Dordrecht, pp. 1852226.

Milovská, S., Milovský, R., Orvošová, M., Kurylo, S., Šurka, J., Herich, P., Bellmann, F., Gibalová, A., Ackermann, L., Kopčanová, L., Shahzeb, M., 2026. Barite crystallization at the freezing point: Cryogenic mineral assemblage from cave glaciated in late Pleistocene, Chemical Geology, Volume 701, 123172, ISSN 0009-2541, https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2025.123172.

Muñoz-García, M.B.,Cruz, J., Martín-Chivelet, J., Ortega, A.I., Turrero, M.J., López-Elorza, M., 2016. Comparison of speleothem fabrics and microstratigraphic stacking patterns in calcite stalagmites as indicators of paleoenvironmental change. Quaternary International 407 (A):74–85. http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2016.02.036

Onac, B.P., Cleary, D.M., Dumitru, O.A., Polyak, V.J., Povară, I., Wynn, J.G., Asmerom, Y., 2023. Cryogenic ridges: a new speleothem type. International Journal of Speleology, 52, 1, 1–8. https://doi.org/10.5038/1827-806X.52.1.2416

Orvošová, M., Vlček, L., Holúbek, P., Orvoš, P., 2012. Glaciálny jaskynný ľad a premŕzanie jaskýňako príčina deštrukcie speleotém na príklade vybraných jaskýň Slovenska. In Slovenský kras, Acta carsologica slovaca 50, 2012, 157–172.

Orvošová, M, Deininger, M, Milovský, R., 2014. Permafrost occurrence during the Last Permafrost Maximum in the Western Carpathian Mountains of Slovakia as inferred from cryogenic cave carbonate. Boreas 43, 3, 750–758. https://doi.org/10.1111/bor.12042

Orvošová, M., Milovský, R., Milovská, S., 2024. Nové Formy speleotém vo vybraných zamŕzajúcich jaskyniach, Nízke Tatry. 15. vedecká konferencia „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“, Liptovský Mikuláš 24. – 26. 9. 2024 / 15th Scientific Conference “Research, Use and Protection of Caves”, Liptovský Mikuláš, September 24 – 26, 2024, Slovakia, 34–35.

Orvošová, M., Milovská, S., Milovský, R., Biroň, A., Metastable cryogenic carbonates from caves in Slovakia. Geochemistry and Mineralogy of Calcium Carbonate polymorphs, Workshop 4–5 July, 2022, Veszprem, Institute for Geological and Geochemical Research, Hungary, 2022. (Workshop) Typ: GII

Railsback, L.B., Brook, G.A., Chen, J., Kalin, R., Fleischer, C.J., 1994. Environmental control on the petrology of a late Holocene speleothem from Botswana with annual layer of aragonite and calcite. Journal of Sedimentary Research 64, 1472155.

Riechelmann, D. F. Ch., Schröder-Ritzrau, A., Scholz, D., Fohlmeister, V., Spötl, Ch., Richter, D. K., Mangini, A. Monitoring Bunker Cave (NW Germany): A prerequisite to interpret geochemical proxy data of speleothems from this site. Journal of Hydrology. Volume 409, Issues 3–4, 9 November 2011, 682–695.

Riechelmann, S., Schröder-Ritzrau, A., Wassenburg, J. A., Schreuer, J., Richter, D.K., Riechelmann, D.F.C., Terente, M., Constantin, S., Mangini, A., Immenhauser, A., 2014. Physico-chemical characteristics of drip waters: influence on mineralogy and crystal morphology of recent cave carbonate precipitates. Geochimica et Cosmochimica Acta 145, 13–29. http://dx.doi.org/10.1016/j.gca.2014.09.019

Spötl, C. and Cheng, H.: Holocene climate change, permafrost and cryogenic carbonate formation: insights from a recently deglaciated, high-elevation cave in the Austrian Alps, Clim. Past, 10, 1349–1362, https://doi.org/10.5194/cp-10-1349-2014, 2014

Spötl, C., Baker, J.L., Skiba, V., Honiat, A., Fohlmeister, J., Luetscher, M., Trüssel, M., 2024. Speleothems in subglacial caves: an emerging archive of glacial climate history and mountain glacier dynamics.

Quat. Sci. Rev., 333., 2024. Article 108684, 10.1016/j.quascirev.2024.108684

Spötl, C., Koltai, G., 2025. Cryogenic cave carbonates: New insights from alpine ice caves. Chemical Geology, Volume 685, 5 July 2025, 122808, 1–12.

Vandeberghe, J., French, H. M., Gorbunov, A., Marchenko, S., Velichko, A. A., Jin, H., Cui, Z., Zhang, T., Wan, X., 2014. The Last Permafrost Maximum (LPM) map of the Northern Hemisphere: permafrost extent and mean annual air temperatures, 25 17 ka BP. Boreas, 43, 652–666.

Žák, K., Orvošová, M., Filippi, M., Vlcek, L., Bogdan-Persoiu, O., Rohovec, A., Světlík, I. Cryogenic Cave Pearls In the Periglacial Zones of Ice Caves, Journal of Sedimentary Research 83, 1-2, 179–192, doi:10.2110/jsr.2013.16

Žák, K., Urban, J., Cílek, V., Hercman, H., 2004. Cryogenic cave calcite from several Central European caves: age, carbon and oxygen isotopes and a genetic model. Chemical Geology, 206, 119–136.

Žák, K, Onac, P., Kadebskaya, O., Filippi, M., Dublyansky? Y., Luetscher, M. 2018, Chapter 6 – Cryogenic Mineral Formation in Caves Ice Caves 2018, Pages 123–162.

Žák, K., Lipták, V., Filipi, M., Orvošová, M., Hercman, H., Matoušková, Š. Cryogenic carbon ates and cryogenic speleothem damage in the Za Hájovnou Cave (Javoøíèko Karst, Czech Republic) Geological Quarterly, 2018, 62 (4): 829–839 DOI: http://dx.doi.org/10.7306/gq.1441

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	62/1 – 2	29 – 38	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2024

JAZERNÁ V KORENCI – NOVÁ ÚROVŇOVÁ JASKYŇA V DEMÄNOVSKEJ DOLINE

PAVEL HERICH[1, 2, 3]

[1] Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; pavel.herich@ssj.sk
[2] Slovenská speleologická spoločnosť – Jaskyniarsky klub Demänovská Dolina, Hlavná 91/76, 03101 Liptovský Mikuláš – Ploštín
[3] Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoinformatiky, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

P. Herich: Jazerná (Lake) Cave in Korenec – A Discovery of Another Cave Level in Demänovská Valley

Abstract: Jazerná (Lake) Cave in Korenec, discovered in 2024, is a significant supplement to the important and well-known cave level system of Demänovské Caves. After the discovery of Dragon Cave in the Sokol Cliff (in 2018), it is only the third cave with clearly horizontal epiphreatic passages on the left side of the Demänovská Valley (Low Tatras Mountains). Main extensive cave passage with smaller parallel passages was surveyed with the length of 0.7 km. An intermittent underground lake occurs in the central part of the cave, which is so far the longest known lake in all the Demänovské Caves (called Milan Rúfus Lake, after the best-known Slovak poet). The cave level of Lake Cave in Korenec has been compared with the known levels of nearby caves. Cave in Malý Sokol Cliff is 12 m higher than Lake Cave in Korenec (see Fig. 7), and on the opposite side of the valley, there are two main cave levels situated at a similar height. Beníková Cave´s floor sediments are 26 m below Lake Cave in Korenec, and Okno Cave is only 4 meters below Lake Cave in Korenec. Sediments from Okno are older than 3 Ma; therefore, Lake Cave in Korenec is most probably coeval or possibly older and was developed during the Late Pliocene. The overall geochronology of cave levels is under ongoing investigation.

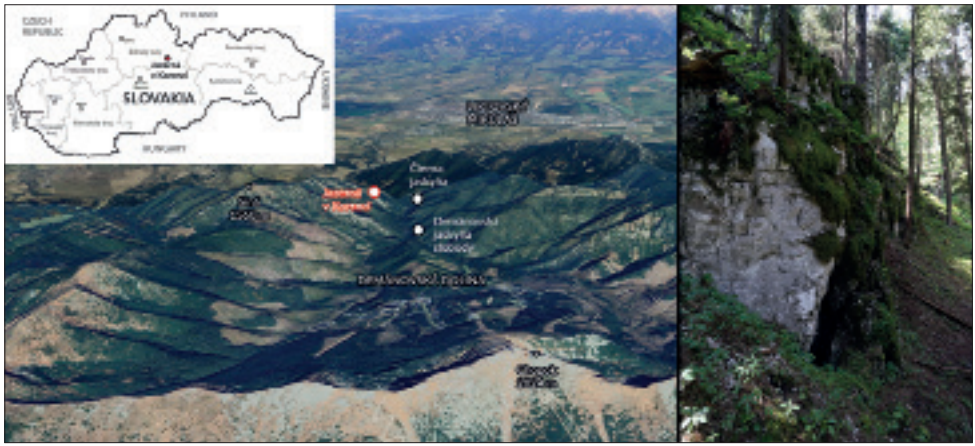
Key words: Demänovské Caves, pre-Quaternary river cave, cave level, underground lake

ÚVOD

Sústredené úsilie o poznávanie, objavovanie a dokumentáciu krasu Demänovskej doliny prinieslo ďalší výsledok v podobe novoobjavenej, rozmernej jaskyne nazvanej Jazerná v Korenci (obr. 1). V tomto texte prinášame prehľad prác a ich výsledky v podobe základných geografických poznatkov o jaskyni.

PREHĽAD VÝSKUMNÝCH AKTIVÍT

Vstupná dutina v dĺžke 5 m bola známa oddávna. Počas systematického prieskumu a dokumentácie krasových javov Demänovskej doliny ju zaregistroval P. Holúbek (2003), uviedol tu tiež existenciu zimného prievanu. V rámci prác na monografii Demänovské jaskyne (Herich, 2023) ju 19. júna 2023 v kvalite UISv2 5-3-CF zamerali P. Holúbek a I. Balciar. Po vyhodnotení priestorových súvislostí krasových javov zhrnutých v uvedenej monografii



Obr. 1. Poloha Jazernej v Korenci a vstupný otvor jaskyne.
Fig. 1. Location of the Lake Cave in Korenec and the entrance opening of the cave.

bola lokalita vytipovaná ako perspektívna na sondovacie práce, do prvého objavu tu prebehli tri pracovné akcie dobrovoľných jaskyniarov združených v Jaskyniarskom klube Demänovská Dolina a Nicolaus (4. januára 2024: P. Holúbek, I. Kráľ, Z. Jurík, P. Sliačan, Mil. Staroň, Z. Chrapčiak a M. Jašek po ukončení prác v jaskyni Za Siedmimi otvormi..., postup asi 1 m nadol; 6. januára: P. Herich, Z. Chrapčiak a L. Dušeková, zmena miesta výkopu, zahĺbenie pod mb 2 kolmo nadol 1,5 m; 7. januára: L. Dušeková, D. Szabo, V. Klásková a Á. Hortobágyi, pokračovanie v zahlbovaní, prienik do voľných priestorov po Jazero Milana Rúfusa). Dňa 8. januára 2024 sa skupine v zložení P. Herich, L. Dušeková, D. Szabo, Mil. Staroň, Mich. Staroň, P. Holúbek, P. Kumičík, J. Jalový, M. Macko a M. Cibuľa podarilo na dvoch člnoch preplaviť rozsiahle jazero a objaviť ďalšie pokračovanie, súčasne prebehlo prvé zameranie hlavného ťahu jaskyne. Ďalšie merania v jaskyni sa uskutočnili 30. januára 2025 (skenovanie hlavného ťahu, P. Herich), 16. a 23. júla, 8. septembra 2025 (zameranie jaskyne, P. Herich, P. Holúbek a M. Oravec). 23. júla T. Kačmarčík, P. Herich, M. Oravec a P. Holúbek objavili pokračovanie jaskyne nad mb 40 a vyliezli Smotanový komín nad mb 12.

POLOHA A PRÍSTUP

Jazerná v Korenci (pôvodný názov Klesajúca diera; reg. č. NDJ 4285) sa nachádza na ľavej strane Demänovskej doliny, 9 m nad dnom bočnej dolinky Korenec. Vchod (mb 1) je vo výške 927,18 m, 174 m nad povrchovým riečiskom Demänovky. Prístup k nej je od parkoviska Čiernej jaskyne (Demänovská ľadová jaskyňa) dnom dolinky Korenec. Vo vchode jaskyne je uzáver a v čase zvýšených vodných stavov je na prekonanie Jazera Milana Rúfusa vhodné plavidlo.

METODIKA MERANÍ

Poloha jaskyne bola stanovená GNSS meraním s RTK prístrojom Trimble R12i, odchýlka od skutočnej polohy mb 1 je odhadovaná do 10 cm. Polygónový ťah jaskyne bol zameraný s DistoX2, hlavný ťah so spätnými zámerami dosahuje odhadovanú nepresnosť 0,05 – 0,1 % z dĺžky ťahu. Kvalita merania sa tiež overila pomocou referenčných bodov MLS (mobilného laserového skenovania; použitý GeoSLAM Zeb Horizon), skenovanie troch úsekov bolo na polygón referencované v programe CloudCompare s chybami na matici 2, 4 a 9 cm. Tvorba mapy prebehla v programe Therion z údajov softvéru PocketTopo (Paperless Cave

Surveying) a mračna bodov MLS, v kvalite UISv2 6-4-BCEF a vyššej. 3D model je zostavený z vlastných MLS meraní a ALS (letecké skenovanie) ÚGKK SR. Uvedené dáta sú prevedené do súradnicovej siete JTSK, s výnimkou ALS, ktorý je realizovaný v JTSK03. Magnetická deklinácia bola stanovená pre rok 2025 na 5.951° podľa modelu IGRF 13 v programe Therion, meridiánová konvergencia dosahuje pre dané miesto veľkosť 3.913°. Pôdorys je otočený na východ (pravý sever je vľavo) v súlade s doterajším zaužívaným systémom zobrazovania Demänovských jaskýň. Metrika priestorov bola odvodená od vyššie uvedených dát v programoch QGIS, CloudCompare, MeshLab a Geomagic Wrap. Úložné pomery karbonátov boli získané z mračna bodov MLS s použitím pluginu Compass (Thiele et al., 2017) v programe CloudCompare.

PRIESTOROVÉ ÚDAJE

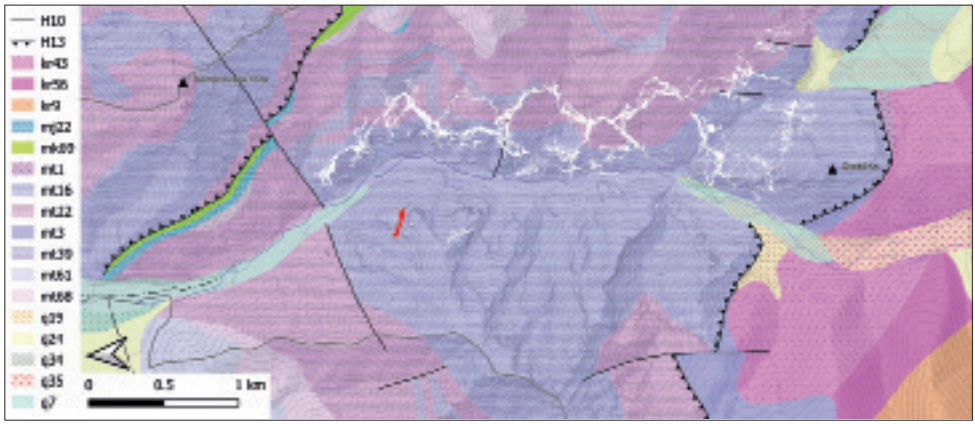
Jaskyňa dosahuje k 8. 9. 2025 dĺžku 659 m s deniveláciou 27 m (pozri mapovú prílohu časopisu). Nachádza sa v kvádri s rozmermi 187 × 87 × 27 m, hlavný ťah jaskyne má pôdorysnú dĺžku 205 m. Plocha jaskyne vyjadrená ako súčet pôdorysných plôch mapových častí je 3 668 m^2. Objem modelu jaskyne je 10 200 m^3, jeho plochu nie je možné spoľahlivo odhadnúť pre rozsiahle blokovisko zadnej časti jaskyne, ktoré nie je v modeli adekvátne zahrnuté.

Najväčším jaskynným priestorom je vstupná Tanečná sieň (obr. 2) s dĺžkou 50 m, priemernou šírkou 22 m a maximálnou priamou výškou 7 m, ktorá má objem 3 940 m^3 na ploche 952 m^2. Dóm rútených lavíc v zadnej časti jaskyne bol pôvodne zrejme väčším priestorom, dnes je jeho najväčšia priama výška len 5 m a plocha 1 410 m^2.

Jaskyňa sa vo svojej zadnej časti opäť približuje povrchu, v priamom smere jej pokračovania naň vyústi po 37 m; úžina nad mb 88 je len 13 m od povrchu. Meračský bod 102 v Smotanovom komíne je 18 m od povrchu.



Obr. 2. Tanečná sieň Jazernej v Korenci. Foto: P. Staník
Fig. 2. Dance Hall of Jazerná in Korence. Photo: P. Staník



Obr. 3. Geologická mapa (podľa Biely ed., 1992) vybranej časti Demänovskej doliny s vyznačením polohy Demänovských jaskýň (bielou; podľa Herich, 2023) a Jazernej v Korenci (červenou). Vysvetlivky: H10 – zlomy, zistené, predpokladané; H13 – príkrovové línie 1. rádu, zistené; kr43 – biotitické a dvojsľudové granodiority s ružovými K-živcami (prašivský typ); kr56 – biotitické tonality až granodiority (ďumbiersky typ); kr9 – leukokratné granity; mj22 – pestrý súbor piesčitých vápencov, krinoidových a hľuznatých vápencov; mk69 – mraznické súvrstvie: sivé a tmavosivé slienité vápence (niekedy s hľuzami rohovcov), sliene, slieňovce, vápnité bridlice; mt1 – dolomity, rauvaky, brekcie, pestré vápence, žltkasté zrnité dolomity, miestami bunečnaté (rauvaky); mt16 – gutensteinské súvrstvie (gutensteinské vrstvy) – gutensteinské (annaberské) vápence: tmavosivé a čierne hrubolavicovité, vrstevnaté, červíkovité vápence; mt22 – ramsauské dolomity: sivé vrstevnaté dolomity; mt3 – lúžňanské súvrstvie: svetlosivé, ružové, červené kremence, kremenné pieskovce, arkózové pieskovce, konglomeráty; mt39 – podhradské vápence: sivé až tmavosivé vápence gutensteinského typu, lavicovité, organodetritické, krinoidové, lumachelové; mt61 – karpatský keuper: kremenné pieskovce, arkózy, zlepence, ílovité bridlice, dolomity; mt68 – hlavné dolomity: svetlé, sivé masívne a vrstevnaté dolomity; q19 – deluviálno-polygenetické sedimenty: hlinito-ílovité a piesčité svahové hliny; q24 – deluviálne sedimenty vcelku: litofaciálne nerozlíšené svahoviny a sutiny; q34 – glacifluviálne sedimenty: hrubé, balvanovité až blokovité piesčité štrky v nivách, nízkych terasách a nízkych kužeľoch; q35 – glacigénne sedimenty: štrky, balvany a bloky morén; q7 – fluviálne sedimenty: litofaciálne nečlenené nivné hliny, alebo piesčité až štrkovité hliny dolinných nív a nív horských potokov.
Fig. 3. Geological map (after Biely et al., 1992) of the selected part of the Demänovská Valley showing the positions of the Demänovské Caves (in white; after Herich, 2023) and the Lake Cave in Korenec (in red). Explanations: H10 – faults, proven, inferred; H13 – 1st-order nappe boundaries, proven; kr43 – biotitic and two-mica granodiorites with pink K-feldspars (Prašivá type); kr56 – biotitic tonalites to granodiorites (Ďumbier type); kr9 – leucocratic granites; mj22 – varied assemblage of sandy limestones, crinoidal and nodular limestones; mk69 – Mraznica Formation: grey and dark grey clayey limestones (locally with chert nodules), marls, marlstones, calcareous shales; mt1 – dolomites, „rauwackes“, breccias, variegated limestones, yellowish granular dolomites, locally cellular („rauwackes“); mt16 – Gutenstein Formation – Gutenstein (Annaberg) Limestones – dark grey to black thick-bedded, stratified, “vermicular” limestones; mt22 – Ramsau Dolomites: grey, bedded dolomites; mt3 – Lúžná Formation: light grey, pink, and red quartzites, quartz sandstones, arkosic sandstones, conglomerates; mt39 – Podhradie Limestones: grey to dark grey „Gutenstein-type“ limestones, thick-bedded, organodetrital, crinoidal, lumachelle; mt61 – Carpathian Keuper: quartz sandstones, arkoses, conglomerates, shales, dolomites; mt68 – Hauptdolomite: light grey massive and bedded dolomites; q19 – colluvial–polygenetic sediments: clayey–silty and sandy slope loams; q24 – colluvial sediments *sensu lato*: slope deposits and debris (lithofacies undivided); q34 – glacifluvial sediments: coarse, boulder- to block-rich sandy gravels on floodplains, low terraces, and low cones; q35 – glacigenic sediments: gravels, boulders, and blocks of moraines; q7 – fluvial sediments: overbank clays, or sandy to gravelly loams of valley floodplains and mountain-stream floodplains (lithofacies undivided).

GEOLOGICKÁ STAVBA, MORFOLÓGIA A GENÉZA

Jaskyňa je vytvorená v sivých až čiernych vrstevnatých strednotriasových karbonátoch gutensteinskeho súvrstvia fatrika (obr. 3). Vrstvy sú uložené v smere 35° so sklonom 22° v Tanečnej sieni a v smere 26° so sklonom 27° v Dóme rútených lavíc. V strednej časti jaskyne je chodba predisponovaná systémom tektonických porúch smeru 22° so sklonom 59°. Smotanový komín je vytvorený na poruche smeru 300° so sklonom 68°, Morálny stupeň a okolie (mb 85 – 95) na poruche smeru 129° so sklonom 76°. Pri mb 130 vystupujú z jaskynnej steny rohovce.

Priestory jaskyne vznikli najmä činnosťou alochtónneho podzemného vodného toku (pri mb 32 sa našli granitoidné okruhliaky s priemerom do 20 cm) s vyrovnaným priebehom, ktorý prúdil zrejme od konca jaskyne pod objavný vchod, t. j. generálne v smere V–Z. Pokračovanie jaskyne v smere prítoku je denudačne odnesené, naopak, predpokladané pokračovanie má jaskyňa na SV, popod dolinku Korenec s možným vývervom v dolinke Lehotská Kamenica. V súčasnosti zahĺbenie Korenca a prerezanie stropu jaskyne spôsobilo zaplnenie tejto časti jaskyne sedimentmi.

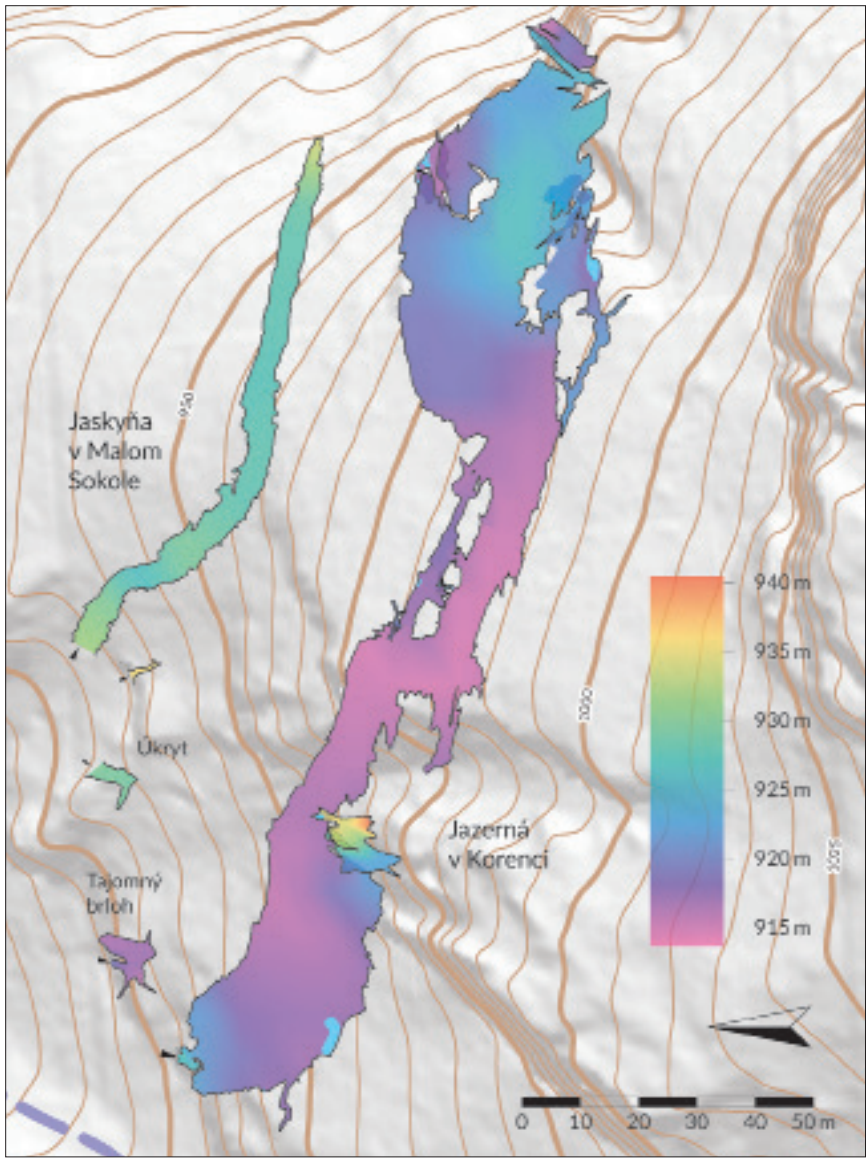
Rozmerný, hlavný ťah jaskyne je tvorený dvomi sieňovitými priestormi (Tanečná sieň a Dóm rútených lavíc) a 100 m dlhou chodbou s Jazerom Milana Rúfusa. Bočné chodby vznikali súbežne s hlavným ťahom v rámci bifurkácie podzemného toku na rôznych výškových pozíciách (dnes sú vo vyvýšenej pozícii voči podlahe jaskyne). Rútenie po vrstvách karbonátov spôsobuje zmenšovanie a postupný zánik Dómu rútených lavíc, pôvodná chodba je pochovaná pod závalom (obr. 4). Morfológia stien a stropu Tanečnej siene napovedá o podobnom procese, avšak tu prebieha v oveľa menšej miere. Najviditeľnejšie znaky riečnej modelácie sú v okolí Rúfusovho jazera, kde sa vyskytuje niekoľko laterálnych zárezov stien. Najvýraznejšie sú v nadmorských výškach 916,7 m, 915,3 m a 913,5 m a čiastočne a viacerých fázach remodelovali pôvodne koróznu (freatickú) genézu stropu chodby.



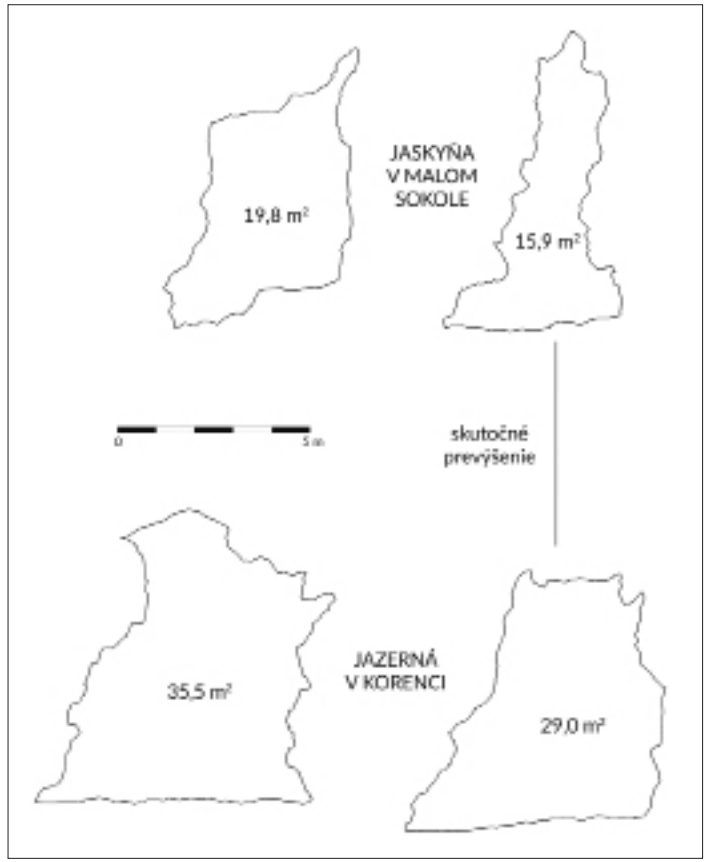
Obr. 4. Rozsiahle rútenie sa v jaskyni vyskytuje v Dóme rútených lavíc. Foto: P. Herich
Fig. 4. Extensive collapse in the cave occurs in the Collapse Benches Dome. Photo: P. Herich

Zaradenie do systému jaskynných úrovní

Jazerná v Korenci je úrovňová jaskyňa, v pomeroch Demänovských jaskýň priestorovo stredne veľká až veľká, nachádza v blízkosti (najmenej ich delí len 18 m) Jaskyne v Malom Sokole (obr. 5; pozri Bella a Holúbek, 1993; Herich, 2023). Tá by mala predstavovať staršiu a priestorovo menšiu, len 12 m vyššie položenú úroveň. Charakteristická výška profilu Jaskyne v Malom Sokole je 6,5 m, dno sa nachádza vo výške 926,3 m a strop 932,9 m nad morom. Jazerná v Korenci je nižšie, charakteristický profil tejto chodby je medzi mb 32 a 39, a najmä medzi mb 15 a 16 (po pripojení odbočky za mb 18) s dnom vo výške 913,6 m a stropom v nadm. výške 920,8 m, dosahuje výšku 7,2 m. Plocha týchto profilov je približne dvojnásobná oproti Jaskyni v Sokole (obr. 6).



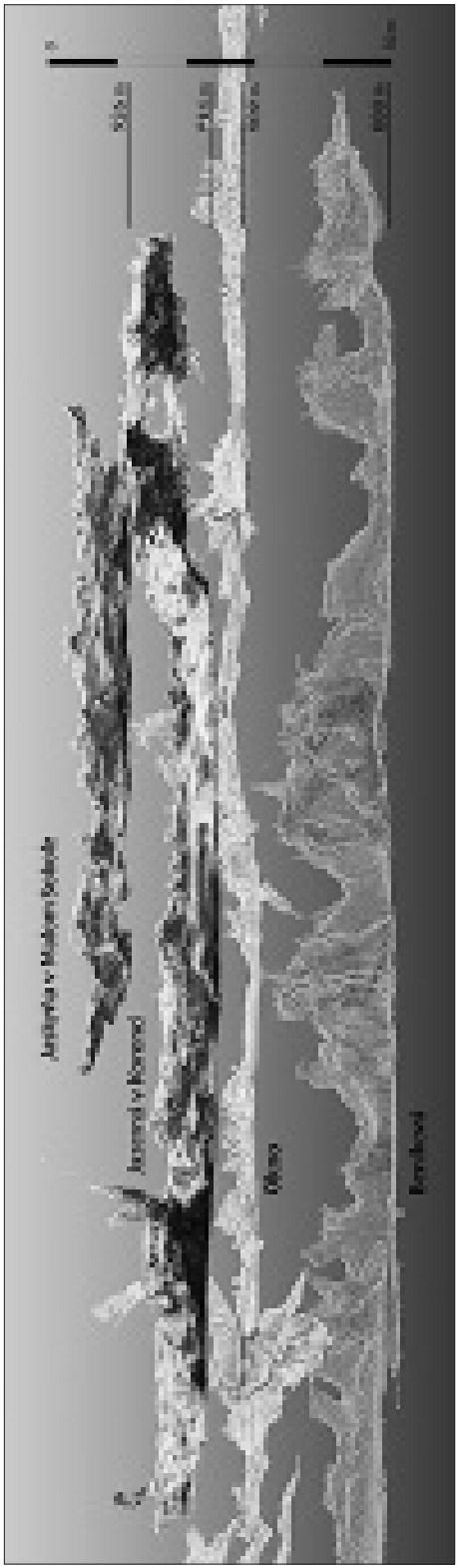
Obr. 5. Jazerná v Korenci a okolité jaskyne. Pôdorys.
Fig. 5. Lake Cave in Korenec and the surrounding caves. Ground plan.



Obr. 6. Charakteristické priečne profily Jazernej v Korenci a Jaskyne v Malom Sokole. Dimenzie profilov a ich vzájomná výšková poloha sú v mierke.
Fig. 6. Characteristic cross-sections of Lake Cave in Korenec and the Cave in Malý Sokol. The dimensions of the profiles and their relative elevations are to scale.

V masíve Sokolov sa vo vyššej úrovňovej pozícii nachádza Dračia jaskyňa v Sokole a Jaskyňa v Sokole (pozri Herich, 2021), ktorých úrovňové chodby oscilujú okolo nadm. výšky 949 m (Spodná úroveň) a 979 m, t. j. podlaha Jazernej v Korenci je 35, resp. 65 m nižšie.

Na pravej (opačnej) strane Demänovskej doliny je v zhodnej nadmorskej výške s Jazernou v Korenci len 13 m dlhá, horizontálna Beníková 17 (Herich, 2023). V rámci osi doliny je 500 m smerom na JV vchod známej jaskyne Okno s dĺžkou 2855 m (pozri Droppa, 1957; Herich, 2023), ktorej dnové sedimenty Hlavnej úrovne sú výškovo len 4 m pod dnovými sedimentmi Jazernej v Korenci (obr. 7). A. Droppa (1972) vek týchto nánosov radil do pleistocénu, pripúšťal však vznik dutiny jaskynnej úrovne už v pliocéne. Na základe určenia veku pochovania sedimentov nájdených v Okne (3.20 ± 0.60 Ma z Nánosovej chodby a 3.04 ± 0.67 Ma v Pekelnej chodbe; Bella et al., 2025), možno uvažovať s Jazernou v Korenci ako predkvartérnou, vrchnopliocénnou jaskyňou. Rovnako na pravej strane doliny, v podobnej pozícii na os doliny ako Jazerná v Korenci sa nachádza tiež Beníková s dĺžkou 815 m (pozri napr. Droppa, 1957; Herich, 2023), ktorej dnové sedimenty sú o 26 m nižšie (obr. 7). Prehľad skôr známych jaskynných úrovní uvádzajú Droppa (1966, 1972) a Bella et al. (2014).



Obr. 7. Jaskynné úrovne v okolí Jazernej v Korenci. Poloha Okna je posunutá, v skutočnosti sa nachádza o 0,5 km na JV.
Fig. 7. Cave levels in the vicinity of Jazerná Cave in Korence. The position of Okno is shifted; in reality it is located 0.5 km to the southeast.

HYDROLOGICKÉ JAVY

V čase objavu jaskyne v januári 2024 sa v nej pozorovalo rozsiahle jazero, ktoré dostalo názov Jazero Milana Rúfusa (obr. 8). V čase najvyšších pozorovaných stavov má priemernú šírku 6,5 m, s dĺžkou 90 m je to najdlhšie jazero v Demänovských jaskyniach. Jeho hladina veľmi kolíše, v januári 2025 bolo úplne vyschnuté, v januári 2024 bola hladina na úrovni hladinovej čiary vo výške 914,24 m. Najnižšie miesto jazera je v nadm. výške 912,85 m, teda max. pozorovaná hĺbka je 1,4 m. Objem v čase naplnenia dosahuje 373 m^3. V jaskyni sa nachádza viac ako 10 menších jazier a jazierok (pozri mapovú prílohu), v zadných častiach voda vypĺňa hrádze zo sintra i *Lac Lunae* (mäkký sinter, moonmilk).

Medzi mb 8 až 11 a 12 až 13 v okolí Tanečnej siene sa objavujú dva malé autochtónne vodné toky s odhadovanou výdatnosťou 0,2 l/min (pozorovanie zo 16. 7. 2025). Pravdepodobne napájajú jazerá v Tanečnej sieni a Jazero Milana Rúfusa.

ĎALŠIE POZOROVANIA

Objavný vchod jaskyne predstavuje dlhodobo pozorovaný výduch teplého vzduchu v zime (horný otvor systému prúdenia). Ďalšie prúdenie sa v rozmerných chodbách jaskyne nepodarilo identifikovať. Teplota v zadnej časti jaskyne pri mb 76 dosahovala v júli 2025 6,1 °C.

V jaskyni boli pozorované jedince netopiera veľkého (*Myotis myotis*), na podlahách sú len roztrúsené stopy guána. V strope chodby s Jazerom Milana Rúfusa sa však objavujú fosfátové povlaky svedčiace zrejme o minulom využívaní jaskyne letnými kolóniami chiropterofauny.

Vo vchode jaskyne sa pri výkopových prácach v autochtónnej sutine z povrchu našli kosti srnca lesného, sliepky, hluchára a zajaca poľného (určili T. Čeklovský a J. Obuch).



Obr. 8. Jazero Milana Rúfusa. Foto: P. Herich
Fig. 8. Milan Rúfus Lake. Photo: P. Herich

Ochrana jaskyne. Vzápätí po objave jaskyne bola v Tanečnej sieni inštalovaná pomocná šnúra na vymedzenie pohybu pri prieskume jaskyne. Na konci Jazera Milana Rúfusa sa pre vysokú hladinu neinštalovala, neskôr vplyvom absencie uzáveru a zrejme nepovolených návštev došlo k poškodeniu hrádzok z mäkkého sintra. Uzáver jaskyne bol dokončený v júli 2024.

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

LITERATÚRA

Bella, P., Bosák, P., Braucher, R., Kdýr, Š., Pruner, P., Hercman, H., 2025. Okno Cave as a speleogenetic marker of the pre-Quaternary evolution of the Demänová Valley, Nízke Tatry Mountains. In Szczygieł, J. – D. Siemek (Eds.): Materiały 59. Sympozjum Speleologicznego (Kościelisko, 16. – 19. 10. 2025), Sekcja Speleologiczna Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika, Kraków, 45–47.

Bella, P., Haviarová D., Kováč Ľ., Lalkovič M., Sabol M., Soják M., Struhár V., Višňovská Z., Zelinka J., 2014. Jaskyne Demänovskej doliny, Ramsarská lokalita stredohorského alogénneho krasu Západných Karpát. Speleologia Slovaca 4, 191 s.

Bella, P., Holúbek P., 1993. Jaskyne v Malom Sokole v Demänovskej doline. Spravodaj SSS, 24, 4, 11–13.

Biely, A. (Ed.), Beňuška, P., Bezák, V., Bujnovský, A., Halouzka, R., Ivanička, J., Kohút, M., Klinec, A., Lukáčik, E., Maglay, J., Miko, O., Pulec, M., Putiš, M., Vozár, J., 1992. Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000, GÚDŠ, Bratislava

Droppa, A., 1957. Demänovské jaskyne. SAV, Bratislava, 289 s.

Droppa, A., 1966. The Correlation of some horizontal Caves with river terraces. Studies in Speleology, 1, 4, 186–192.
Droppa, A. 1972. Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. Slovenský kras, 10, 9–46.
Herich, P., 2021. Dračia jaskyňa v Sokole. Slovenský kras, 59, 2, 187–202.
Herich, P., 2023. Demänovské jaskyne. Atlas krasových javov Demänovskej doliny. Speleologia Slovaca, 7, ŠOP SR, Správa slovenských jaskýň, 400 s. + 14 mapových príloh.
Holúbek, P., 2003. Jaskyne ľavej strany Demänovskej doliny. Sinter, 11, 8–12.
Thiele, S. T., Grose, L., Samsu, A., Micklethwaite, S., Vollgger, S. A., Cruden, A. R., 2017. Rapid, semi-automatic fracture and contact mapping for point clouds, images and geophysical data, Solid Earth, 8, 1241–1253, https://doi.org/10.5194/se-8-1241-2017

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	62/1 – 2	39 – 47	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2024

MEDZIBALVANOVÁ JASKYŇA VYTVORENÁ V ZOSUVE V MASÍVE MNÍCH PRI RUŽOMBERKU

PETER HOLÚBEK[1] – MICHAL ORAVEC[1] – JAKUB RIDZOŇ[2]

[1] Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 121/4, 031 01 Liptovský Mikuláš; peter.holubek@smopaj.sk; michal.oravec@smopaj.sk
[2] Slovenský hydrometeorologický ústav, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Zelená 5, 974 04 Banská Bystrica; jakub.ridzon@shmu.sk

P. Holúbek, M. Oravec, J. Ridzoň: Boulder cave formed in a landslide in the Mních massif near Ružomberok

Abstract: The interesting Hrča Cave was formed in a large landslide in Likavka on the Mních Hill (657 m a.s.l.) in the Podtatranská kotlina Basin. The landslide is documented in a historical painting by the Austrian painter Johann Thomas Ender (1793 – 1875) from 1863. Large landslides on the railway were documented in 1871, 1894 and 1940. The cave is formed between boulders with a strong draft indicating its further continuation. Its explored length is 18 meters. In winter, a thawed area in the snow was located 75 meters northeast and 24 meters above the cave at an altitude of 525 meters. This phenomenon indicates the existence of an inter-boulder underground space with an estimated length of several hundred meters. The underground spaces are used as a den for foxes, who find refuge here.

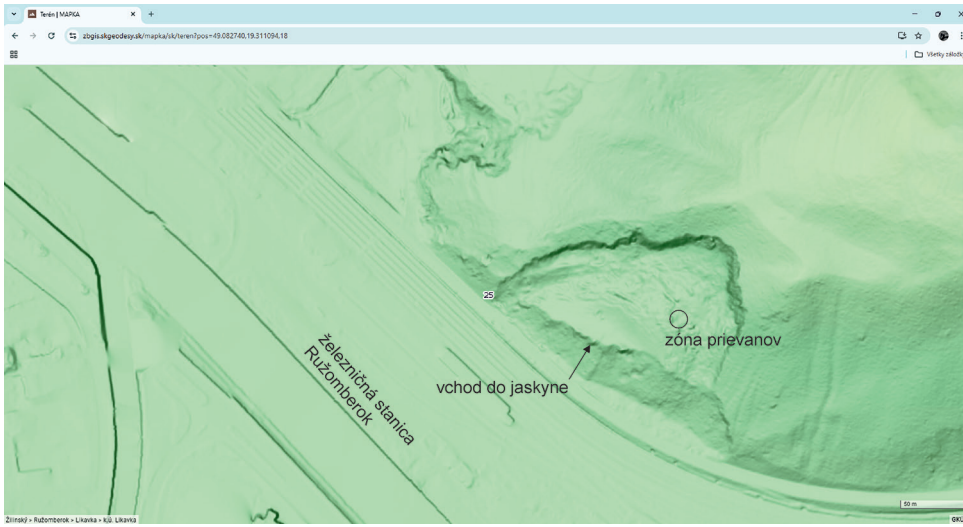
Key words: landslide, landslide boulder cave, Podtatranská kotlina Basin

ÚVOD

V blízkosti železničnej stanice Ružomberok sa v katastrálnom území obce Likavka nachádza rozsiahly svahový zosun. V 90. rokoch minulého storočia tu Peter Sliačan, člen Oblastnej skupiny Slovenskej speleologickej spoločnosti Ružomberok, zaregistroval prievan vychádzajúci spomedzi skalných blokov. V spolupráci s ostatnými členmi skupiny tu po výkopových prácach prenikli do zosuvovej medzibalvanovej jaskyne s dĺžkou 18 m, ktorú nazvali *Jaskyňa jednej hrče*, ktorá sa zaevidovala do Národnej databázy jaskýň (Bella a kol., 2018). Po dohode s objaviteľom jaskyne sme jej názov zjednodušili na Hrču. V roku 2025 ju preskúmali a zdokumentovali pracovníci Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši M. Oravec a P. Holúbek. Zosun zobrazil Johan Thomas Ender (1793 – 1875), profesor krajinomaľby na Akadémii výtvarných umení vo Viedni, ktorý navštívil dnešné Slovensko na pozvanie Eduarda Medňanského (1823 – 1895), otca maliara Ladislava Medňanského. Na túto skutočnosť upozornila Bizubová 2019 (http://ender.mtak.hu/ender/index_s.html).

CHARAKTERISTIKA ZOSUNU

Nachádza sa v masíve vrchu Mních (657 m n. m.) v jeho juhozápadnej časti. Má podkovový tvar so šírkou čela zosunu 200 m, dĺžkou 120 m a odtrhovú výšku od 10 do 18 m. Hrubý odhad jeho objemu je 200 000 m^3. Podľa dostupnej geologickej literatúry ide o typický kryhový zosun (Vaškovský, 1977, s. 68). Podľa geologickej mapy (https://app.geology.sk/gm50/)

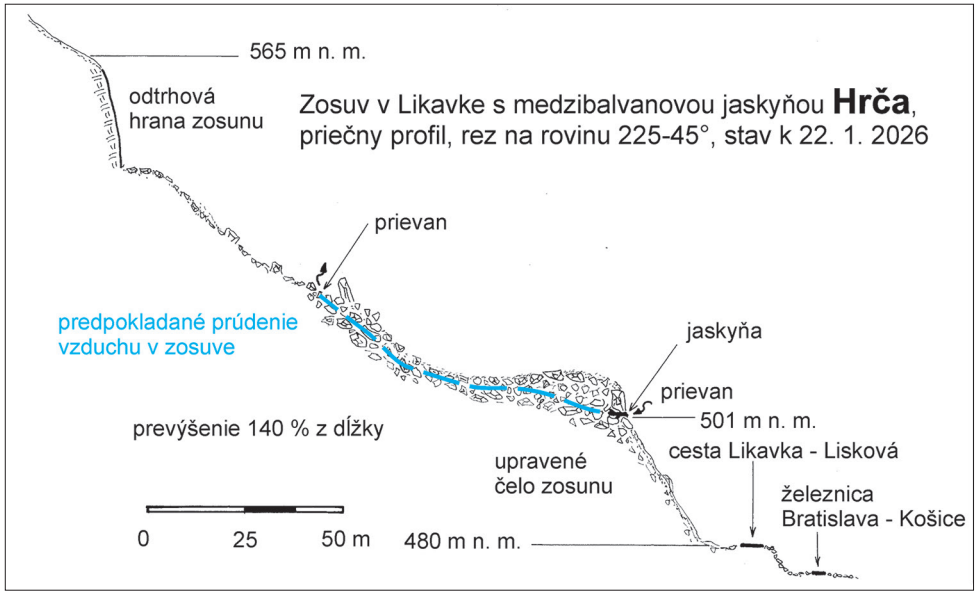


Obr. 1. Lidarová snímka zosuvu z Mnícha s vyznačením polohy jaskyne a odtopených miest v snehu.
Fig. 1. Lidar-derived image of the landslide from Mních Hill with the location of the cave and melted spots in the snow.

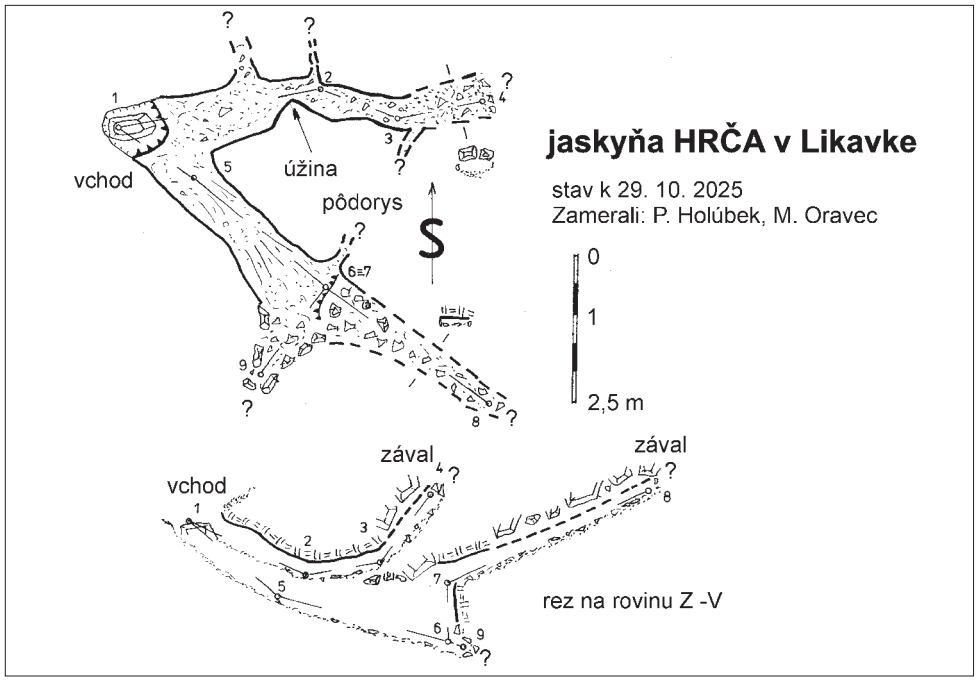


Obr. 2. Vchod do jaskyne Hrča. Foto: P. Holúbek
Fig. 2. Entrance to the Hrča Cave. Photo: P. Holúbek

je vytvorený v časti kóty, ktorá je budovaná raminskými a wettersteinskými lavicovými vápencami triasového veku. Samotný zosun je v geologickej mape charakterizovaný ako deluviálny sediment veku pleistocén – holocén. Je pozoruhodné, že tento rozsiahly pohyb materiálu sa nespomína v publikácii, ktorá sa venuje zosuvom v Západných Karpatoch



Obr. 3. Priečny rez zosuvom v Mníchu.
Fig. 3. Cross section of the landslide in Mních Hill.



Obr. 4. Mapa jaskyne.
Fig. 4. Map of the cave.

(Nemčok, 1982). Tento zosuv ako dôsledok stavby cesty spomína Mišík (1976, s. 175). Odtrhová hrana je budovaná čiastočne skalným karbonátovým masívom a časť sutinou stmelenou žltým pieskom karbonátového pôvodu. Môže ísť o výplň puklinovej preddispozície oslabenej zvetrávaním, po ktorej sa gravitačne zošmykla časť masívu Mnícha (Orvošová,

in verb.). Pri stavbe Košicko-bohumínskej železničnej trate, ktorá sa začala v roku 1869, sa naprojektovala aj úpätím vrchu Mních, na čo boli potrebné rozsiahle terénne úpravy. Pri realizácii plánovaného zárezu sa použili vrtné práce s využitím dynamitu. Už počas samotnej výstavby tu dochádzalo k pohybu hornín. K veľkému zosuvu priamo na koľajnice došlo aj v roku 1871. Robotníci museli prekážku urýchlene odstrániť, pretože 8. decembra 1871 prešiel popri novopostavenej stanici v Ružomberku prvý vlak. Zosuv vtedy zasypal aj starú cestu popod Mních. K najväčšiemu historickému zosuvu tu došlo v júni 1894, keď Liptov zasiahli prívalové dažde, ktorých dôsledkom boli ničivé povodne na Váhu. Z masívu Mních sa na železničnú trať zosunula masa zeminy a skál, ktorá zablokovala železničnú trať medzi Ružomberkom a Liskovou. Doprava na dôležitej tepne spájajúcej východ a západ monarchie bola na niekoľko dní úplne prerušená. Táto katastrofa viedla k tomu, že železničná správa musela v nasledujúcich rokoch 1895 – 1898 investovať do rozsiahlych oporných múrov a stabilizácie úpätia Mníchu. Pozostatky týchto kamenných diel sú pri trati viditeľné dodnes. V marci roku 1940 pri mimoriadne nepriaznivom počasí a topení snehu sa opäť na železnicu a cestu medzi Ružomberkom a Liskovou zosunuli skaly a bahno. Opäť sa na niekoľko dní prerušila železničná doprava (Sýkora, 2025). V súčasnosti je tu situácia stabilizovaná a neeviduje sa žiadny, ani plazivý pohyb materiálu. Takáto situácia nie je v slovenskej časti Karpát ojedinelá. Podobné zosuvy sú vytvorené aj v Demänovskej doline v Lehotskej Kamenici v severných svahoch kóty Na Jame (1438 m n. m.). Túto úvahu uviedol vo svojej správe z návštevy Lehotskej Kamenice už v roku 1973 P. Mitter (Holúbek, 2003). Z karbonátového masívu sa do bočnej dolinky zosunula masa materiálu s odhadovaným objemom 140 000 m^3. V rozsiahlom blokovisku v zimnom období vzduch vanúci z podzemia roztápa snehovú pokrývku. Jaskyniari tu na plošine s depresiami vyhĺbili niekoľko sond,



Obr. 5a, b, c, d. Sintrové náteky na zosunutých balvanoch. Foto: P. Holúbek
Fig. 5a, b, c, d. Speleothems on the collapsed boulders. Photo: P. Holúbek



Obr. 6. Odtrhová hrana zosuvu v žltých pieskoch, otvor je brloh, ktorý vyhrabala líška v sypkých sedimentoch. Foto: P. Holúbek
Fig. 6. The landslide scarp in yellow sands, the hole is a den dug by a fox in loose sediments. Photo: P. Holúbek



Obr. 7. Odtrhová hrana zosuvu v karbonátových bralách. Foto: P. Holúbek
Fig. 7. The landslide scarp in carbonate cliffs. Photo: P. Holúbek



Obr. 8a. Obraz T. Endera z roku 1863.
Fig. 8a. Painting by T. Ender from 1863.



Obr. 8b. Súčasný pohľad na Mních od Kalvárie. Foto: P. Holúbek
Fig. 8b. Current view of Mních Hill from Kalvária. Photo: P. Holúbek



Obr. 9. Pohľad na Mních v súčasnosti. Foto z dronu: M. Oravec
Fig. 9. View of Mních Hill today. Drone photo: M. Oravec

no dostali sa iba medzi bloky skál, čo potvrdzuje hypotézu o zosuve. Najrozsiahlejšia sonda v nadmorskej výške 1042 m dosiahla hĺbku 6 m. 175 m južnejšie od nej sa v nadmorskej výške 966 m nachádza Ľadová diera, z ktorej vystupuje v letnom období studený prievan. Je veľká pravdepodobnosť, že tieto lokality spolu súvisia a tvoria rozsiahlu medzibalvanovú jaskyňu. V Šípskej Fatre sa niekedy po roku 2010 aktivoval plazivý zosuv v oblasti Rieka v k. ú. Kraľovany s odhadovaným objemom pohnutých más 400 000 m^3 (Jánová – Liščák, 2021, s. 16). V januári roku 2026 sa tu zaregistrovala v nadmorskej výške 533 m identická medzibalvanová jaskyňa. Z dôvodu objektívneho nebezpečenstva závalu sa tento podzemný priestor nepreskúmal. Podobne, ako v jaskyni v zosuve v Likavke, si v tomto podzemnom priestore našla brloh líška. V okolí tejto lokality sa v zosuvových depresiách taktiež nachádzali vytopené miesta v snehu, ktoré dokazujú existenciu podzemných priestorov. Tento zosuv je stále aktívny a predpokladáme, že sa tu medzibalvanová speleologická situácia bude meniť.

CHARAKTERISTIKA JASKYNE

Vykopaný vchod do jaskyne Hrča prielezný pre človeka sa nachádza v nadmorskej výške 501 m v masíve Mních (657 m n. m.), v jeho juhozápadnej časti, v čele zosuvu, 26 m nad nivou Váhu. Tvoria ho bloky karbonátových hornín, pomedzi ktoré v letnom období vanie studený prievan smerom von z podzemia. Práve tento fenomén podnietil aktivitu ružomberských jaskyniarov, ktorí sondovaním prenikli do kratších podzemných priestorov so zdokumentovanou dĺžkou 18 m. Ide o jaskyňu vytvorenú medzi blokmi karbonátových hornín, ktoré sa zosunuli z juhozápadného svahu kóty Mních. Podzemné priestory predstavujú typickú zosuvovú medzibalvanovú jaskyňu (Bella, 2016, s. 79). Nachádzajú sa tu početné neprielezné miesta, ktoré vedú ďalej, o čom svedčí citeľné prúdenie vzduchu. Jaskyňu rovnakej genézy v kamennom mori na svahu Lysej hory v Moravsko-sliezskych Beskydoch opisuje Kunský (1957). Podobné lokality vo vulkanických horninách uvádza Gáal, Eszterhás (1990). Na zistenie mikroklímy sme do jaskyne Hrča dňa 4. augusta 2025 pri vonkajšej teplote 15,4 °C umiestnili pri m. b. 2 dataloger, ktorý každú hodinu zaznamenával teplotu a vlhkosť. Od počiatočnej teploty 4,7 °C hodnota stúpala až do 27. septembra, keď dosiahla 9,6 °C a vlhkosť 100 %. Potom sa začali prejavovať nízke nočné teploty a hodnoty začali klesať. Dňa 30. októbra dosiahla teplota v podzemí 7,9 °C pri vlhkosti 37 %. V zimnom období jaskyňa nasáva studený vzduch a je úplne suchá. Pri povrchovom prieskume sme severovýchodne od jaskyne dňa 15. januára 2026 v mrazivom období v nadmorskej výške 525 m našli odtopený sneh, ktorý sa nachádza 75 m od jaskyne Hrča. Nešlo o jediné miesto, ale o plochu s približnými rozmermi 10 × 20 m, kde bolo viac miest rôznej veľkosti, z ktorých vystupoval teplý vzduch roztápajúci sneh. Zo speleologického hľadiska predstavuje nami opisovaná jaskyňa iba nepatrný fragment existujúcich podzemných priestorov. Okolie jej vchodu predstavuje zónu, ktorá v zimnom období nasáva vzduch, ktorý stúpa do vyššie položených častí a v letnom období je prúdenie opačné. Samozrejme, že ide o závalové, nestabilné a ťažko prístupné priestory, kde treba na ich prieskum a dokumentáciu veľa energie, čo sa javí ako úplne zbytočné.

BIOTA

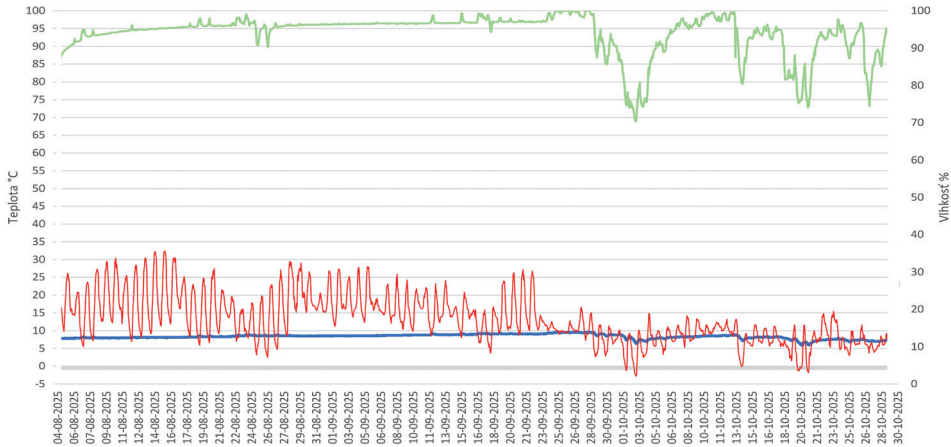
Okolo jaskyne sú zreteľne vychodené chodníčky líšok. Pri prieskume podzemia tu bol nájdený ich brloh a potrava (rozkladajúce sa časti tiel drobných živočíchov), ktorá sem láka hmyz. V zimnom období je zo stôp evidentné, že je to aktívne využívaný brloh. Blízkosť ľudských sídiel spôsobuje, že tieto šelmy majú prístup k plastovým obalom potravín, ktoré ich pachom lákajú a vťahujú ich do podzemia. Z bezstavovcov sa tu nachádzali pri



Obr. 10. Bzučivka z jaskyne. Foto: P. Holúbek
Fig. 10. Calliphora from the cave.
Photo: P. Holúbek



Obr. 11. Odtopené miesto v snehu v zosuve. Foto: P. Holúbek
Fig. 11. Melted spots in the snow in a landslide.
Photo: P. Holúbek



Obr. 12. Graf priebehu teploty v jaskyni a na povrchu letnom období, červenou je povrchová teplota, modrou je teplota v jaskyni a zelenou relatívna vlhkosť v jaskyni.
Fig. 12. Graph of cave and surface temperature during summer, red – surface temperature, blue – cave temperature, green – relative humidity in the cave.

dokumentácii podzemia dňa 29. októbra 2025 dva druhy. Sú to muchy z čeľade bzučivkovité (Calliphoridae), konkrétne bzučivka *Calliphora cf. vicina,* resp. *Calliphora sp.,* keďže tento rod obsahuje viac podobných druhov, ktoré sa len na základe fotodokumentácie nedajú presne rozlíšiť. Muchy do jaskyne prilákal uhynutý vták, pravdepodobne drozd čierny (*Turdus merula*), keďže na rozkladajúce sa kadávery tento rod múch kladie vajíčka. Muchy boli



Obr. 13. Neprielezné iniciálne kanály v karbonátových horninách. Foto: P. Holúbek
Fig. 13. Impassable proto-conduits in carbonate rocks. Photo: P. Holúbek

pri m. b. 6, v počte asi 6 exemplárov, v blízkosti bol mŕtvy vták. Z pavúkov to bola meta temnostná, – *Meta menardi*, (Araneae, Tetragnathidae), ktorá sa v podobných jaskyniach pravidelne vyskytuje. Bezstavovce určili J. Lakota (SMOPaJ) a doc. Ing. J. Oboňa, PhD., z katedry ekológie Prešovskej univerzity v Prešove.

ZÁVER

Lokalita Hrča predstavuje špecifický podzemný medzibalvanový priestor, ktorý vznikol svahovým zosunom. Súčasná dĺžka podzemných chodieb prielezná pre človeka je po speleologických prácach 18 m, čo je iba malý fragment existujúcich podzemných priestorov. Tesné priestory vedú ďalej smerom na severo-západ, svedčia o tom intenzívne prievany. Postupovať ďalej môže byť nebezpečné a je podľa nášho názoru aj úplne zbytočné. Na základe našich dlhoročných skúseností sa domnievame, že v tejto oblasti je na ploche okolo 1000 m^2 vytvorená medzibloková jaskyňa s dĺžkou chodieb niekoľko sto metrov. Je pravdepodobné, že vek týchto podzemných priestorov možno datovať na niekoľko desiatok rokov, keď sa reaktivoval rozsiahly zosun vo vrchu Mních (657 m n. m.) pri stavbe železničnej trate v roku 1871. Tento starší zosuv vznikol pred rokom 1863, pretože vtedy jeho existenciu zobrazil Johan Thomas Ender. Vek tohto prvotného zosuvu je problém určiť. Na základe nálezu sintrových nátekov na jednom z blokov, ktoré sa podľa nášho názoru sa dostali na povrch pri niektorých zosuvoch po roku 1871, sa podľa stavu ich zvetrania domnievame, že má vek prvotného zosunu niekoľko stoviek rokov. Možno aj uvažovať o krasovom faktore, ako o jednom z činiteľov, ktorý spôsobil zosun, pretože Váh mal určite vplyv na túto oblasť a v okolí zosuvu sa nachádzajú iniciálne krasové kanály v karbonátových horninách. Meraním teplôt sa zistilo, že jaskyňa Hrča predstavuje zo speleoklimatického hľadiska klasický spodný vchod do podzemia (Hipman, 1989), čiže v zimnom období nasáva studený prievan a v letnom vyfukuje. Kolísanie teploty v letnom období naznačuje, že systém prúdenia vzduchu je v klimatickom systéme, kde nie je vytvorené stabilné pásmo.

Poďakovanie: Tento príspevok vznikol v rámci projektu Mapovanie a monitoring jaskynných biotopov a modernizácia softvéru Národnej databázy jaskýň, spolufinacovaného z programu Slovensko 2021 – 2027. Poďakovanie patrí aj Zdenkovi Hochmuthovi za získanie archívnych materiálov od Valentína Sýkoru z Likavky. Poďakovanie patrí aj P. Sliačanovi za upozornenie na lokalitu a M. Kudlovi za cenné pripomienky.

LITERATÚRA

Archív Valentína Sýkoru, Likavka.

Bella, P., Hlaváčová, I., Holúbek, P., 2018. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky. Liptovský Mikuláš, 528 s.

Bella, P., 2016. Jaskyne na Slovensku genetické typy a morfológia. Speleologia Slovaca 6, KU Ružomberok, ŠOP SR, SSJ, L. Mikuláš, 124 s.

Bizubová, M., 2019. Krajina vytvorená Váhom. Qark 02/2019.

Gaál, Ľ., Eszterhás, I,. 1990. Pseudokrasové jaskyne Cerovej vrchoviny – otázky genézy a rozšírenia. Slovenský kras, 28, 71–102.

Hipman, P., 1989. Poznatky o proudení vzduchu v horských dynamických jeskyních. Československý kras, 40, 7–36.

Holúbek, P., 2003. Sonda Lehotská Kamenica. Spravodaj SSS, 34, 4, 25–27.

Jánová, V., Liščák, P. a kol., 2021. Zosuvy na Slovensku. MŽP SR, SAŽP, 214 s.

Kunský, J. 1957. Typy pseudokrasových tvarů v Československu. Československý kras, 10, 3, 108–125.

Mišík, M., 1976. Geologické exkurzie po Slovensku. SPN, 360 s.

Nemčok, A., 1982. Zosuvy v slovenských Karpatoch. VEDA, vydavateľstvo SAV, 320 s.

Vaškovský, I., 1977. Kvartér Slovenska. GÚDŠ, 247 s.

ELEKTRONICKÉ ZDROJE

http://ender.mtak.hu/ender/index07s.html

https://www.mineraly.sk/files/lok/301-400/321_mnich_rbk.htm

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	62/1 – 2	49 – 57	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2024

PLEISTOCÉNNO-HOLOCÉNNY VEK TRAVERTÍNOV V LIPTOVSKOM JÁNE, LIPTOVSKÁ KOTLINA

PAVEL BELLA[1, 2] – HELENA HERCMAN[3] – MICHAL GRADZIŃSKI[4] – JURAJ LITTVA[1]

[1] Štátna ochrany prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovenská republika; pavel.bella@ssj.sk
[2] Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita v Ružomberku, Hrabovská cesta 1, 031 04 Ružomberok, Slovenská republika
[3] Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk, ul. Twarda 51/55, 00 818 Warszawa, Polska
[4] Instytut Nauk Geologicznych, Wydział Geografii i Geologii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie, Gronostajova 3A, 30-387 Kraków, Polska

P. Bella, H. Hercman, M. Gradziński, J. Littva: The Pleistocene–Holocene age of travertines in the village of Liptovský Ján, Liptov Basin, Slovakia

Abstract: The Liptovská kotlina Basin (Liptov Basin) and the surrounding areas are well-known for the occurrence of numerous travertine formations. The travertines on the southern edge of the village of Liptovský Ján (Liptovský Mikuláš district) are among the most significant sites in Slovakia. However, little work was done to constrain the age of these travertines. The available data mostly pointed to Holocene age of travertines. The travertine is associated with the thermal and mineral water springs that occur the southern edge of the Liptov Basin at the foot of the Nízke Tatry Mountains. The source area of thermal and mineral waters lies at the intersection of an east-west longitudinal fault line and a transverse north-south fault. The thermal waters springing in Liptovský Ján have deep circulation, their infiltration area comprises karstified carbonate rocks (inclined to the north and northeast) in the adjacent part of the Nízke Tatry. Deeply circulating karst waters migrate northward, emerging along faults at the contact between carbonates (strongly tectonically reworked) and low-permeable to impermeable Mesozoic and Eocene sandstones and mudstones. Freshwater limestones precipitated at four sites where thermal and mineral waters emerge, forming mounds or slab-like sheets. They are deposited on the middle fluvial terraces T-III (Saalian 1/Riss-1) and T-II (Saalian 2/Riss-2), as well as on the low terrace T-Ic (Weichselian/Würm-1). The fluvial gravel, which contains a sandy-clay fill, is covered by younger travertine layers, reaching a thickness of 1.6 m to 3.5 m. A travertine sample was taken from the travertine mound in the southern part of the village of Liptovský Ján, under the church, for U-series dating. The dated age (16.6 ± 1.9 ka) suggests that the travertine formed at the end of MIS 2, i.e. during the upper pleniglacial of the Middle Weichselian (prior to the Younger Dryas). Threfore, the underlying travertines are even older, their age reaching at least earlier parts of the Late Pleistocene. Our dating provides the first concrete evidence of the pre-Holocene age of the travertines from Liptovský Ján.

Key words: travertine mound, Late Pleistocene–Holocene deposit sequence, U-series dating, Western Carpathians

ÚVOD

Travertínové útvary v obci Liptovský Ján patria medzi významné lokality výskytu travertínu nielen v Liptovskej kotline, ale aj na Slovensku (Stur, 1859, 1868; Wachtel, 1859; Wilhelm, 1867; Volko-Starohorský, 1927, 1931; Kettner a Šťastný, 1931; Ivan, 1943; Kovanda, 1971; Droppa, 1975; Vaškovský, 1977, 1980; Bella, 2012; Pivko, 2021 a ďalší). Viažu sa na tamojšiu žriedelnú oblasť termálnych a minerálnych vôd (Stur, 1859, 1868; Volko-Starohorský, 1922, 1924, 1927, 1931, 1933; Řetkovský, 1936; Porubský et al., 1959; Porubský, 1968; Hanzel, 1973, 1974, 1977 a ďalší), ktoré široká verejnosť využíva na rekreačné účely, vrátane travertínového krátera Kaďa na južnom okraji obce (obr. 1).

Vek travertínov v Liptovskom Jáne nie je jednoznačne doložený. Stur (1868) a Volko-Starohorský (1931, 1933) uvádzajú ich holocény vek (v blízkosti aktívnych výverov), avšak staršie súvrstvia sa mohli vytvárať už v pleistocéne (vyššie terasovité tabule, suché kopy). Ivan (1943), Jäger a Ložek (1968), Kovanda (1971), Vaškovský (1977, 1980), Franko (2001), ako aj Pivko a Vojtko (2021) považujú sladkovodné vápence v Liptovskom Jáne za holocénne, resp. postglaciálne. Franko (2001) pri lokalite Liptovský Ján okrem holocénnych travertínov uvádza aj travertínovú kopu vytvorenú v poslednom interglaciáli Riss-Würm (Eemian). V geologickej mape od Bieleho et al. (1992) sa pri travertínoch v Liptovskom Jáne uvádza kvartér nečlenený, rovnako v štúdii Littvu a Hóka (2014).

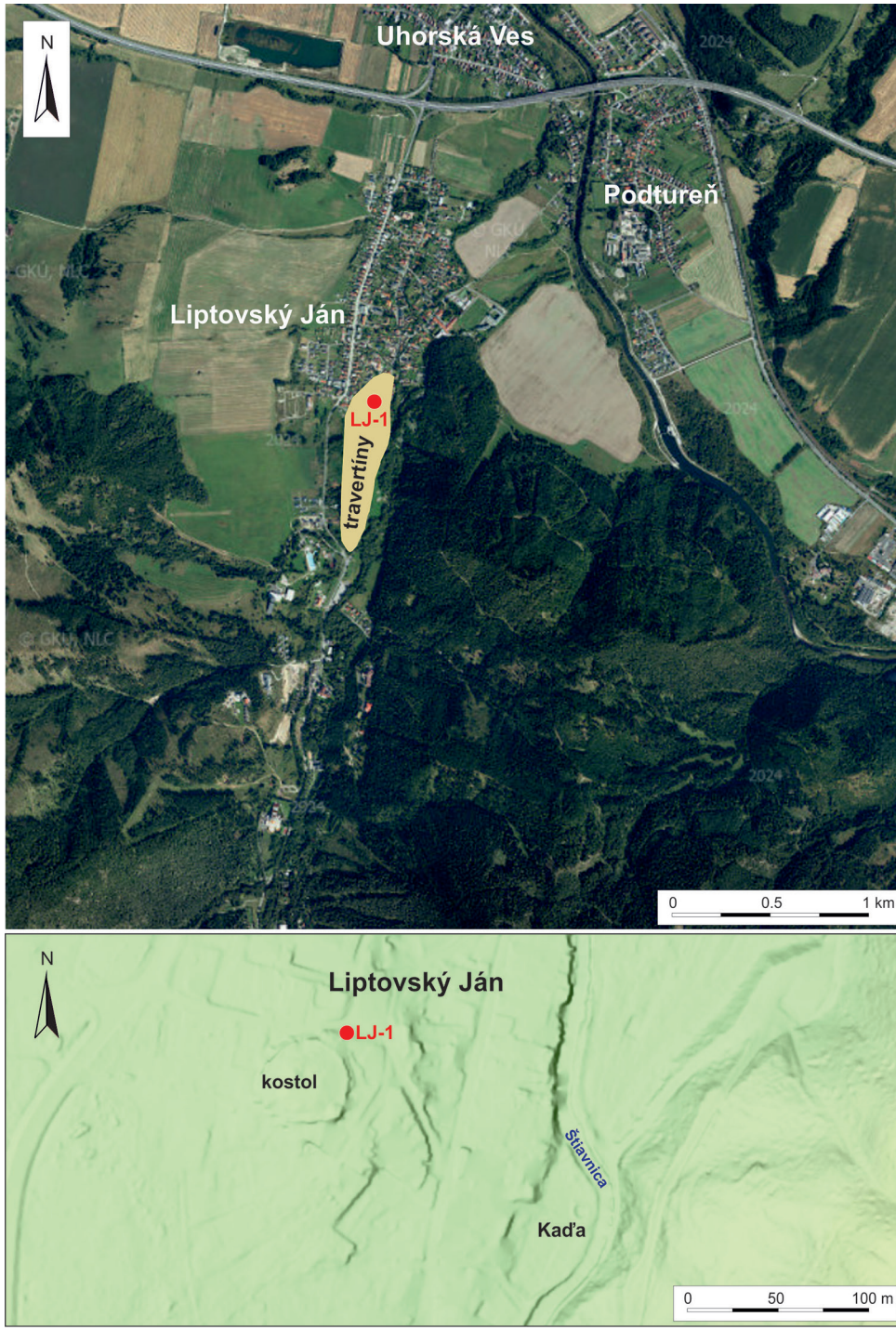
Skorému holocénu zodpovedá vek travertínu určený rádioizotopovým datovaním (10 891 ± 218 rokov, MIS 1, preboreal) zo vzorky odobranej z vrcholu travertínovej kopy pri rímskokatolíckom kostole (Vieira et al., 2023). Na tom istom mieste, avšak z nižšej polohy, (obr. 2) sme už v auguste 2012 odobrali vzorku travertínu na datovanie. Výsledok však nebol doteraz publikovaný. V nadväznosti na datovanie od Vieira et al. (2023) podáva údaj o staršom veku tamojších travertínov, ktorý spadá do konca pleistocénu.

Nižšie položené vrstvy travertíny sú staršie, najmä na báze sa vekom môžu približovať strednej časti posledného glaciálu Weichsel (=Vislanian, Würm). Na základe izotopu ^{14}C Franko (2001) a Franko et al. (2008) určili vek minerálnej a termálnej vody z vrtu Rudolf na 26 000 ± 710 rokov, čo takisto poukazuje na predholocénny vek tamojších travertínov, ktoré sa vytvárali z takýchto vôd.

V tomto príspevku podávame údaje o rádioizotopovom datovaní vzorky travertínu z roku 2012 vrátane základnej interpretácie výsledkov.

ŠTRUKTÚRNO-TEKTONICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ POMERY, MORFOLÓGIA TRAVERTÍNOVÝCH ÚTVAROV

Travertínové a penovcové útvary na južnom okraji obce Liptovský Ján (okres Liptovský Mikuláš) sa viažu na vývery termálnych a minerálnych vôd na pomedzí Liptovskej kotliny a Nízkych Tatier (obr. 1). Žriedelná oblasť termálnych a minerálnych vôd leží na pozdĺžnej zlomovej línii v. – z. smeru v mieste križovania sa s priečnym s. – j. zlomom. Termálne vody vyvierajúce v Liptovskom Jáne majú hlbokú cirkuláciu, ich infiltračnou oblasťou sú južnejšie vystupujúce skrasovatené karbonátové horniny (sklonené prevažne na sever až severovýchod) na severnom svahu Nízkych Tatier. Hlbko cirkulujúce vody migrujú na sever a na povrch vystupujú pozdĺž zlomov, kde sa tektonicky stýkajú karbonáty (silne tektonicky narušené) a menej priepustné mezozoické a eocénne pieskovcovce až ílovce (Porubský et al., 1959; Porubský, 1968; Hanzel, 1973, 1974, 1977; Droppa, 1975). Infiltráciu vôd pravdepodobne usmerňujú najmä zlomy vjv. – zsz. smeru, ktoré tektonicky rozčleňujú severnú časť Nízkych Tatier, napr. stanišovský zlom (pozri Hók et al., 2000; Littva a Hók, 2014).



Obr. 1. Liptovský Ján a okolie, miesto odberu travertínu (vzorka LJ-1) na rádioizotopové datovanie (ortofoto: https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis/sk).
Fig. 1. The village of Liptovský Ján and its surroundings, travertine sampling site (sample LJ-1) for radioisotope dating (ortophoto: https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis/sk).

Na štyroch lokalitách sa v miestach výverov termálnych a minerálnych vôd vyzrážali sladkovodné vápence, ktoré vytvárajú kopy alebo doskovité pokrovy (Volko-Starohorský, 1931; Vaškovský, 1980). Uložené sú na stredných riečnych terasách T-III (Riss-1) a T-II (Riss-2), ako aj na nízkej terase T-Ic (Würm-1), ktoré Droppa (1964, 1968, 1975) zoradil chronostratigraficky na základe výškovej polohy ich bázy a povrchu. Počas hydrogeologického prieskumu v rokoch 1958 – 1959 sa vrtmi zistilo, že riečne štrky, prevažne žulové s piesčito-hlinitou výplňou, sú prekryté mladšími súvrstviami travertínov, ktoré dosahujú hrúbku 1,6 až 3,5 m (Porubský et al., 1959; Porubský, 1968). Volko-Starohorský (1931) opisuje vrt z roku 1930, v ktorom hrúbka travertínu bola 2 m. Pivko (2022) uvádza Liptovský Ján v súvislosti s tvorbou travertínov v doline s výrazným vodným tokom, kde vápnitý sediment najskôr tmelí riečne štrky a neskôr sa vytvárali travertínové kopy, ktoré boli počas povodní sčasti riečne erodované.

Výverový kráter travertínovej kopy na južnom okraji obce bol už v stredoveku známy ako „veľká vaňa na liečebné kúpanie“ – Kúpeľný prameň (P-1) s výdatnosťou 2 až 6 $l.s^{-1}$ a teplotou vody 21 až 26 °C (Volko-Starohorský, 1931; Porubský, 1968; Droppa, 1975; Franko a Hanzel, 1980). V súčasnosti je v tomto priestore upravený termálny výver zvaný Kaďa s prírodným kúpaliskom. Neďaleko sa nachádza prameň Teplica upravený na odber minerálnej pitnej vody pre verejnosť.

Vody hlbokej cirkulácie sa dostávajú na povrch cez hydrogeologické vrty z triasových dolomitov a dolomitických vápencov hronika pokrytých kvartérnymi sedimentmi (Porubský, 1968). Predstavujú studené a veľmi nízko termálne (s teplotou 14,8 až 29,4 °C), stredne mineralizované, slabo kyslé, uhličité, sulfánové (sírovodíkové), hydrouhličitanovo-síranové a vápenato-horečnaté vody (Porubský, 1968). Termálnou vodou teplou 29,4 °C z vrtu Rudolf LM-141, ktorý je hlboký 95 m a dosahuje výdatnosťou 25 $l.s^{-1}$ (Porubský, 1968; Droppa, 1975; Franko a Hanzel, 1980), sa plnia bazény kúpaliska SOREA a vnútorný bazén hotela SOREA Máj.

Juhozápadne od obce, v oblasti zásobovanej dostatočným množstvom minerálnych solí a splavovaním živín, najmä z priľahlých západných svahov, vzniklo rašelinisko s plochou asi 15 ha, priemernou hrúbkou 194 cm a maximálnou hrúbkou 580 cm (Raučina, 1963).



Obr. 2. Liptovský Ján, miesto odberu travertínu na rádioizotopové datovanie (vzorka LJ 1), hornú vzorku (žltá značka) datovali Vieira et al. (2023). Foto: P. Bella
Fig. 2. Liptovský Ján, travertine sampling site for radioisotope dating (sample LJ 1), upper sample (yellow label) dated by Vieira et al. (2023). Photo: P. Bella

DATOVANIE A VEK TRAVERTÍNU

S cieľom presnejšie určiť absolútny vek travertínov (U/Th datovaním) sme v auguste 2012 odobrali vzorku z travertínovej kopy v južnej časti obce Liptovský Ján, na ktorej postavili Rímskokatolícky kostol sv. Jána Krstiteľa (obr. 1 a 2). Miesto odberu vzorky LJ-1 je asi 0,8 m pod vrcholom travertínovej kopy, na spodku výkopu na južnom okraji cesty na Ulici Fraňa Kráľa (pri jej napojení na Ulicu Jána Čajaka). Datovanie travertínu sa vykonalo v laboratóriu Ústavu geologických vied Poľskej akadémie vied vo Varšave α-spektrometrickou metódou $^{230}Th/^{234}U$ (Ivanovich a Harmon, 1992) na spektrometri OCTETE PC vyrobenom Ortec EG&G. Vek datovaného travertínu je 16,6 ± 1,9-tisíc rokov (tabuľka 1). Travertín v predmetnej časti travertínovej kopy sa vytvoril koncom MIS 2 v neskorom pleniglaciáli (obr. 3). Na datovanie sme odobrali vzorky travertínu aj z iných miest, avšak obsahovali detrickú prímes a neboli vhodné na U/Th datovanie.

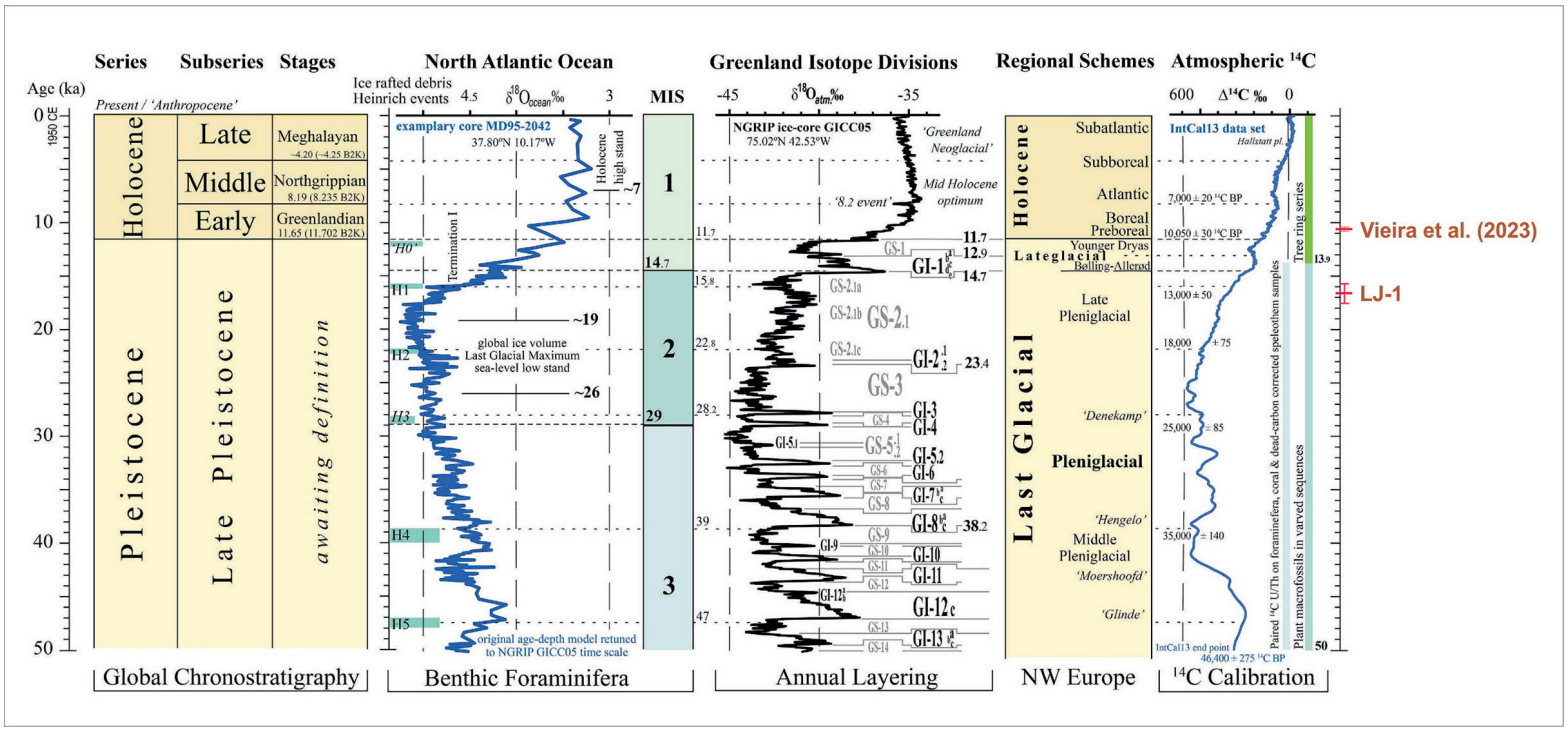
Tabuľka 1. Výsledky datovania travertínu (vzorka LJ-1), Liptovský Ján, travertínová kopa pod kostolom.
Table 1. Results of travertine dating (sample LJ-1), Liptovský Ján, the travertine mound under the church.

Vzorka Sample	Lab. číslo Lab. No.	U [ppm]	$^{234}U/^{238}U$	$^{230}Th/^{234}U$	$^{230}Th/^{232}Th$	Vek [tisíc rokov] Age [ka]
LJ-1	W 3135	0.035 ± 0.002	1.49 ± 0.09	0.14 ± 0.02	74	16.6 ± 1.9

INTERPRETÁCIA A DISKUSIA

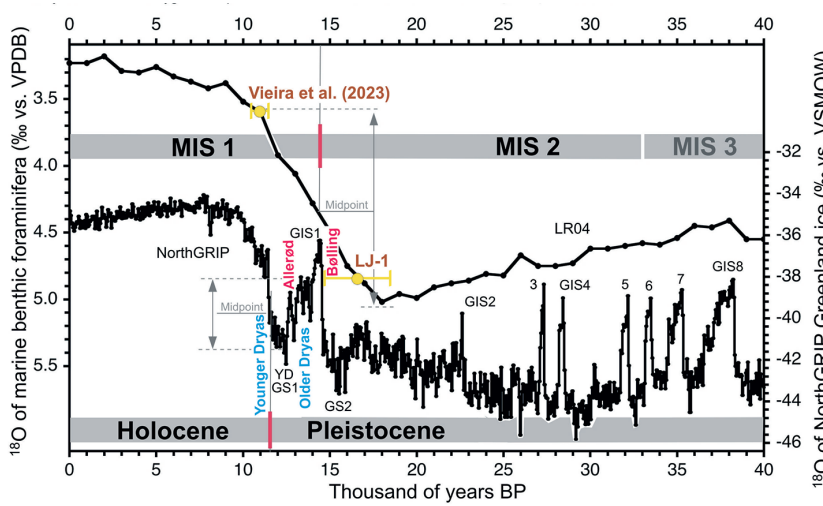
Na základe doterajších datovaní (Vieira et al., 2023 a nami prezentované výsledky) možno konštatovať, že travertíny v Liptovskom Jáne, na lokalite rímskokatolíckeho kostola, sa vytvorili v skorom holocéne (pred 10 891 ± 218 rokmi, začiatkom MIS 1) a koncom neskorého pleistocénu, resp. glaciálu Weichsel (Würm) pred 16,6 ± 1,9-tisíc rokmi (koncom MIS 2). Starší vek datovaného travertínu predchádza interštadiálu Bølling-Allerød (pred 14,6 až 12,9-tisíc rokmi; pozri Cohen a Gibbard, 2019; Naughton et al., 2022b), resp. neskorému pleniglaciálu posledného glaciálu Weichsel (obr. 3 a 4). Interštadiál Bølling-Allerød, prvá teplá udalosť poslednej deglaciácie na severnej pologuli, bol pôvodne opísaný tak, že pozostával z troch po sebe nasledujúcich fáz alebo chronozón: teplého interštadiálu Bølling, studeného štadiálu starší dryas (jeho morským ekvivalentom je štadiál Heinrich 1) a teplého interštadiálu Allerød (Mangerud et al., 1974; pozri tiež Naughton et al., 2022a). Podľa pôvodného členenia nami datovaná vzorka sa vytvorila pred interštadiálom Bølling.

V staršej literatúre sa uvádzalo, že postupné otepľovanie od posledného glaciálneho maxima (pred 27 až 24-tisíc rokmi) bolo prerušené dvoma chladnými obdobiami – starším dryasom (pred asi 14-tisíc rokmi, trval asi 400 rokov) a mladším dryasom (pred asi 12,9 až 11,65-tisíc rokmi). V tomto kontexte sa travertín z datovanej vzorky LJ-1 vytvoril pred štadiálom starší dryas. Vzhľadom na miesto odberu datovanej vzorky LJ-1, ktoré je asi 0,8 m pod vrcholom travertínovej kopy, nižšie uložené travertínové vrstvy sa mohli vytvoriť po poslednom glaciálnom maxime. Vzhľadom na hrúbku travertínových súvrství 1,6 až 3,5 m, potvrdenú vrtmi B-1 a B-2 (Porubský et al., 1959), ich najspodnejšie časti môžu byť staršie. Franko (2001) uvádza travertínovú kopu vytvorenú údajne až v interglaciáli Riss-Würm, čo zatiaľ nebolo datovaním travertínu preukázané.



Obr. 3. Vek datovaných travertínov z Liptovského Jána, znázornený v chronostratigrafickej korelačnej tabuľke posledných 50 000 rokov (Cohen a Gibbard, 2019).

Fig. 3. Age of the dated travertines from Liptovský Ján, shown in a chronostratigraphical correlation table for the last 50,000 years (Cohen and Gibbard, 2019).



Obr. 4. Vek datovaných travertínov z Liptovského Jána, znázornený v schéme B. Railsbacka z roku 2017.
Fig. 4. Age of the dated travertines from Liptovský Ján, shown in B. Railsback's scheme from 2017.

ZÁVER

Dodatočne prezentované staršie datovanie doplňuje údaje o veku travertínov v Liptovskom Jáne. V nadväznosti na datovania travertínu od Vieiru et al. (2023) potvrdzuje, že travertíny sa na tejto lokalite nevytvárali iba v holocéne, ale už aj koncom pleistocénu (koncom MIS 2). Vzhľadom na väčšiu hrúbku travertínu sa vrstvy pod vzorkou LJ-1 vytvárali v skorších fázach weichselu/würmu.

Narastajúca početnosť údajov o rádioizotopových vekoch travertínov v Liptovskej kotline (Gradziński et al., 2008; Vieira et al., 2023; Sala et al., 2025) umožňuje presnejšiu geochronologickú rekonštrukciu vývoja tamojších travertínových útvarov. Doterajšie datovania potvrdzujú, že travertíny v Liptovskom Jáne sú mladšie ako travertíny na Čerenách pri Ludrovej (Sala et al., 2025) a vo vyšších polohách pri Bešeňovej (Kaplnka) a na Lúčkach pri cintoríne (Gradziński et al., 2008). Kým liptovskojánske travertíny pochádzajú z konca neskorého pleistocénu a začiatku holocénu, travertíny z ostatných zmienených lokalít sa vytvorili zväčša v strednom pleistocéne, sčasti aj začiatkom neskorého pleistocénu počas interglaciálu Eemian (Riss-Würm).

Za cenné rady a pripomienky ďakujeme recenzentom doc. RNDr. J. Hókovi, CSc., a doc. RNDr. D. Pivkovi, PhD.

LITERATÚRA

Bella, P., 2012. Termálne vody a travertíny v Liptovskom Jáne na rozhraní Nízkych Tatier a Liptovskej kotliny. In Bella, P., Papčo, P. (Eds.): Geomorfológia a integrovaný výskum krajiny. Zborník abstraktov, Exkurzný sprievodca – 7. vedecká konferencia Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV, Ružomberok 10. – 12. 9. 2012. KU, Ružomberok, 76–79.

Biely, A., Beňuška, P., Bezák, V., Bujnovský, A., Halouzka, R., Ivanička, J., Kohút, M., Klinec, A., Lukáčik, E., Maglay, J., Miko, O., Pulec, M., Putiš, M., Vozár, J., 1992. Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000. GUDŠ, Bratislava.

Cohen, K. M., Gibbard, P. L., 2019. Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2019 QI-500. Quaternary International, 500, 20–31. https://doi.org/10.1016/j.quaint.2019.03.009

Droppa, A., 1964. Výskum terás Váhu v strednej časti Liptovskej kotliny. Geografický časopis, 16, 4, 313–325.

Droppa, A., 1968. Prírodné pomery Liptovského Mikuláša a okolia. In Kufčák, E. (Ed.): Liptovský Mikuláš. Monografický zborník. Stredoslovenské vydavateľstvo, Banská Bystrica, 10–38.

Droppa, A., 1975. Minerálne pramene Liptova. In Kufčák, E., Považanová, V., Petráš, M. (Eds.): Liptov 3, Vlastivedný zborník. Osveta, Martin, 49–81.

Franko, O., 2001. Pôvod a vývoj minerálnych a termálnych vôd Slovenska v priestore a čase z pohľadu veku travertínov a izotopov O, H a ^{14}C. Podzemná voda, 7, 2, 26–44.

Franko, O., Hanzel, V., 1980. Hydrogeologické pomery Liptovskej kotliny. In Gross, P., Köhler, E. a kol.: Geológia Liptovskej kotliny. GÚDŠ, Bratislava, 126–137.

Franko, O., Šivo, A., Richtáriková, M., Povinec, P. P., 2008. Radiocarbon ages of mineral and thermal waters of Slovakia. Acta Physica Universitatis Comeniana, 49, 111–124.

Gradziński, M., Duliński, M., Hercman, H., Stworzewicz, E., Holúbek, P., Rajnoga, P., Wróblewski, W., Kováčová, M., 2008. Facies and age of travertines from Spiš and Liptov regions (Slovakia) – preliminary results. Slovenský kras, 46, 1, 31–40.

Hanzel, V., 1973. Puklinovo-krasove vody Janskej doliny v Nizkych Tatrách. Geologický průzkum, 15, 7/175, 208–211.

Hanzel, V., 1974. Podzemné vody chočskeho prikrovu a série Veľkého boku na severovýchodných svahoch Nizkych Tatier. Západné Karpaty, séria Hydrogeológia, inžinierska geológia, 1, 7–64.

Hanzel, V., 1977. Puklinovo-krasové vody severovýchodných svahov Nizkych Tatier a vplyv skrasovatenia na ich režim. Slovenský kras, 15, 31–52.

Hók, J., Bielik, M., Kováč, P., Šujan, M., 2000. Neotektonický charakter územia Slovenska. Mineralia Slovaca, 32, 5, 459–470.

Ivan, Ľ., 1943. Výskyty travertínov na Slovensku. Práce Štátneho geologického ústavu, 9, Bratislava, 1–71.

Ivanovich, M., Harmon, R. S., 1992. Uranium-Series Disequilibrium: Applications to Earth, Marine, and Environmental Sciences. Second edition. Clarendon Press, Oxford, 910 s.

Jäger, K.-D., Ložek, V., 1968. Beobachtungen zur Geschichte der Karbonatdynamik in der holozänen Warmzeit. Československý kras, 19, 7–22.

Kettner, R., Šťastný, V., 1931. Geologická mapa severního svahu Nízkých Tater v okolí Liptovského Hrádku. Knihovna Statního ústavu geologického Československé republiky 13, A, mapa 12.

Kovanda, J., 1971. Kvartérní vápence Československa. Anthropozoikum, řada A, 7, 7–236.

Littva, J., Hók, J., 2014. Neotectonics of the Inner Western Carpathians: Liptovský Ján area, case study northern slopes of the Nízke Tatry Mts., Slovakia). Acta Geologica Slovaca, 6, 2, 123–134.

Mangerud, J., Andersen, S. T., Berglund, B. E., Donner, J. J., 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. Boreas, 3, 3, 109–126. https://doi.org/10.1111/j.1502-3885.1974.tb00669.x

Naughton, F., Sánchez-Goñi, M. F., Landais, A., Rodrigues, T., Vazquez Riveiros, N., Toucanne, S., 2022a. Heinrich Stadial 1. In Palacios, D., Hughes, P. D., García-Ruiz, J. M., Andrés, N. (Eds.): European Glacial Landscapes. The Last Deglaciation. Elsevier, 37–44. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91899-2.00049-8

Naughton, F., Sánchez-Goñi, M. F., Landais, A., Rodrigues, T., Vazquez Riveiros, N., Toucanne, S., 2022b. The Bølling–Allerød Interstadial. In Palacios, D., Hughes, P. D., García-Ruiz, J. M., Andrés, N. (Eds.): European Glacial Landscapes. The Last Deglaciation. Elsevier, 45–50. https://doi.org/10.1016/B978-0-323-91899-2.00015-2

Pivko, D., 2021. A review of Slovak travertine and tufa facies and their environment. Acta Geologica Slovaca, 13, 2, 129–166.
Pivko, D., 2022. Slovenská terminológia travertínov, penovcov a príbuzných terestrických vápencov. Geologické práce, Správy 138, 29–54.
Pivko, D., Vojtko, R., 2021. A review of travertines and tufas in Slovakia: Geomorphology, environments, tectonic pattern, and age distribution. Acta Geologica Slovaca, 13, 1, 49–78.
Porubský, A., 1968. Liptovskojánska žriedelná štruktúra a krasové vody (Vplyv krasových vôd na minerálne a termálne vody). Slovenský kras, 6, 28–36.
Porubský, A., Pavúr, K., Malý, J., 1959. Hydrogeologický výskum minerálnych prameňov v Liptovskom Jáne. IGHP, Žilina, 75 s. Geofond, Bratislava, archívne číslo: 4936.
Railsback, B., 2017. Railsback's Fundamentals of Quaternary Science. The Holocene and MIS 1: not quite the same. http://railsback.org/FQS/FQSHolocene&MIS1-01.pdf
Raučina, Š., 1963. K ochrane rašeliniska v Liptovskom Jáne. Československá ochrana prírody, 1, 165–172.
Řetkovský, R., 1936. Minerální vody a vegetace v Liptovském Sv. Jáně a Bojnicích na Slovensku. Bratislava, 10, 234–238.
Sala, P., Bella, P., Gradziński, M., Bosák, P., Hercman, H., Pruner, P., Šlechta, S., Stworzewicz, E., Wróblewski, W., 2025. Depositional environment, age and geomorphic significance of a Pleistocene spring-related carbonate complex, Liptov Basin, Central Western Carpathians. Annales Societatis Geologorum Poloniae, 95, 4, 259–289. https://doi.org/10.14241/asgp.2025.18
Stur, D., 1859. Úber die Kohlensäure-Ouelle im Kirchhofe zu Sz. Iván in der Liptau. Verhandlungen der k. k. geologischen Reichsanstalt, 10, 36.
Stur, D., 1868. Bericht über die geologische Aufnahme im oberen Waag- und Gran-Thale. Jahrbuch der kaiserlich-königlichen Geologischen Reichsanstalt, 18, 337–426.
Vaškovský, I., 1977. Kvartér Slovenska. GÚDŠ, Bratislava, 247 s.
Vaškovský, I., 1980. Geológia kvartérnych sedimentov. In Gross, P., Köhler, E. a kol.: Geológia Liptovskej kotliny. GÚDŠ, Bratislava, 96–115.
Vieira, D. S. C., Pivko, D., Rinyu, L., Palcsu, L., Kiss, G. I., Hu, H.-M., Shen, C.-C., Kele, S., 2023. Age and Depositional Temperature of Quaternary Travertine Spring Mounds from Slovakia. Minerals**,** 13, 6, 794. https://doi.org/10.3390/min13060794
Volko-Starohorský, J., 1922. Minerálne pramene Liptova. Sborník Československé společnosti zeměpisné, 28, 7–8, 219–220.
Volko-Starohorský, J., 1924. Prírodné bohatstvo Liptova. Lipt. Sv. Mikuláš, 175 s.
Volko-Starohorský, J., 1927. Sedimenty „Liptovskej paňvy" a jej úžitkové prírodniny. II. zjazd słowiańskich geografów i etnografów w Polsce 1927, Sekcja II, 287–290.
Volko-Starohorský, J., 1931. Príspevok ku geológii Svätého Jána a termálne pramene (Liptov). Sborník Prírodovedného odboru Slovenského vlastivedného múzea v Bratislave, 1924–1931, Bratislava, 135–142.
Volko-Starohorský, J., 1933. Teplice (termy) Liptova a ich geologický podklad. Nákladom „Múzea Slovenského Krasu" v Lipt. Sv. Mikuláši, 16 s.
Wachtel, D., 1859. Ungarns Curorte und Mineralguellen. Oedenburg, 475 s.
Wilhelm, W. H., 1867. Die geologischen Verhältnisse des Liptauer- und Thuröczer Comitates am linken Ufer des Waagflusses zwischen den Orten Sučan und Hradek. Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 85–89.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	62/1 – 2	59 – 76	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2024

30 ROKOV MONITORINGU HIBERNUJÚCICH NETOPIEROV V JASOVSKEJ JASKYNI

MIROSLAV FULÍN[1] – ŠTEFAN MATIS[2]

[1] Puškinova 15, 083 01 Sabinov; miro.fulin@gmail.com
[2] Višňová 13,045 01 Mokrance; stefan.matis7@gmail.com

M. Fulín, Š. Matis: 30 years of monitoring of hibernating bats in Jasovská Cave

Abstract: The paper describes the methodology and results of the 30-year monitoring of hibernating bats in Jasovská Cave in the Slovak Karst. 17 species of hibernating bats were recorded in the cave during the mentioned period. The permanent and dominant species are the greater horseshoe bat (*Rhinolophus ferrumequinum*), the southern horseshoe bat (R. euryale), the lesser horseshoe bat (R. hipposideros) and the Geoffroy's bat (*Myotis emarginatus*). The abundance of other species has decreased significantly after 2010, especially in the common bat (*Myotis myotis*), and some have not occurred in the cave at all in recent years.

Key words: Jasovská Cave, hibernation, Chiroptera

ÚVOD

Jasovská jaskyňa sprístupnená na Slovensku od roku 1846 je najvýchodnejšou sprístupnenou jaskyňou u nás. Verejnosti je známa svojou unikátnou sintrovou výzdobou, archeologickými nálezmi osídlenia z obdobia paleolitu a neolitu, nálezmi kostí jaskynného medveďa (*Ursus spelaeus*), jaskynnej hyeny (*Crocuta spelaea*), historickým nápisom (údajne z roku 1452), popisujúcim víťazstvo Jiskrových vojsk nad Jánom Huňadym pri Lučenci, ako aj početným výskytom netopierov. O netopieroch v Jasovskej jaskyni sa zmieňuje vo svojom cestopise v roku 1887 Károly Siegmeth (Siegmeth 1887). T. Kormos, maďarský archeológ, pri vykopávkach v jaskyni vo svojich zápisoch uvádza vyletujúce netopiere z jaskyne, ktoré určil ako *Rhinolophus euryale* a *Miniopterus schreibersii* (Kormos 1917). Volko-Starohorský v roku 1925, počas svojho pobytu v jaskyni, konštatuje výskyt kolónií netopierov, odvolávajúc sa na Kormosovu determináciu druhov *R. euryale a M. schreibersii* (Volko-Starohorský 1929). Od polovice 20. storočia začal cielený výskum netopierov v jaskyni. Spoločenstvá druhov v rokoch 1954 – 1960 tu študoval Vachold (Vachold 1956, 1957, 1960). Druhové zloženie v rokoch 1955 – 1956, 1964, 1965, 1968 – 1970 po svojich prieskumoch v jaskyni spracovali Gaisler a Hanák (1972). V rokoch 1952 a 1955 realizoval Mošanský zber netopierov v jaskyni pre zbierkový fond Východoslovenského múzea v Košiciach (Mošanský 1981 . Letný výskyt netopierov v jaskyni z rokov 1979 – 1982 popisuje Horáček (Horáček et al. 1995). V letnom období 1982 sledovala výskyt kolónie *R. euryale* v jaskyni Bauerová (in verb). Mladí jaskyniari Petrík a Perlík v rámci študentskej odbornej činnosti popísali v rokoch 1982 a 1983 hibernujúce *R. ferrumequinum* v Starom dóme (Petrík 1982, Petrík & Perlík 1983). Danko a Mihók uvádzajú z návštevy jaskyne v roku 1989 nesčítané množstvá troch druhov podkovárov (Danko, Mihók 1989). Na prepojenosť jesenného výskytu *R. euryale* v horných priestoroch jaskyne na kláštor Premonštrátov v Jasove a na Drienovskú jaskyňu

poukazujú vo svojich prácach (Matis 1998, 2000 a Matis et al. 2002). Ďalšie publikované údaje o netopieroch do roku 1993, kedy sme začali systematicky sledovať zimný výskyt netopierov v podzemí Jasovskej skaly sme nezaznamenali (tabuľka 1).

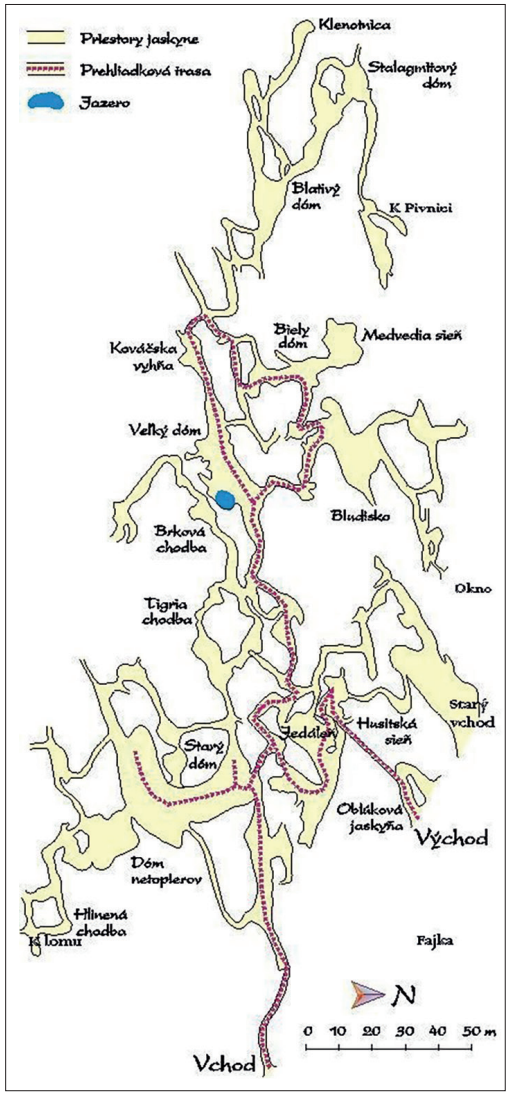
V príspevku sumarizujeme a hodnotíme údaje o zistenej prítomnosti zimujúcich netopierov za 30 rokov monitoringu od roku 1993 do roku 2024, ktoré boli sčasti aj priebežne publikované odborných periodikách (Fulín 1995, 1998; Fulín & Matis 2000, 2002,2006 a 2007; Fulín & Poremba 1998, Matis et al. 2000). Výbrané druhy boli separátne publikované (Uhrín 1994, Uhrín et al. 1996 a Uhrín et al. 1997).

Tabuľka 1. Prehľad publikovaných údajov o počte netopierov v Jasovskej jaskyni do roku 1993.
Table 1. Overview of published data on the number of bats in Jasovská Cave until 1993.

Dátum/druh*	R. fer.	R. hip.	R. eur.	M. myo.	M. bly.	M. bech.	M. ema.	E. ser.	B. bar.	P. aus.	M. schr.	spolu
8.12.1956	50	20		40	20		1		1			132
5.2.1957	158	15										273
14.2.1958	151	15	1									167
3.3.1964	77	+	1	+	2						48	+128
16.2.1968	43	50		9	8							110
14.2.1969	203	70	2	17	25				1		1	319
4.2.1970	133	50		12	13				1	1		210
8.2.1972	68	50	4	6	7						1	136
22.2.1979	83	55		9	2		2					151
21.2.1980	83	31			2		1					117
9.1.1982	80	22		3	2	1		1				109
19.3.1987	121	32		1	1		5					160
3.2.1988	75	48		1	1		3					127
17.12.1988	70-140	+										+70-140

CHARAKTERISTIKA PODZEMNÝCH PRIESTOROV JASOVSKEJ JASKYNE

Do monitoringu netopierov sme zahrnuli okrem samotnej Jasovskej jaskyne aj priestor Oblúkovej jaskyne, ktorý sa stal jej súčasťou po tom, ako bol prerazený umelý východ z jaskyne. Bezprostredne vedľa výstupu z jaskyne je malý podzemný priestor nazývaný Jaskyňa Fajka. V strednej časti Jasovskej skaly je Jasovská jaskyňa prepojená s vonkajším prostredím cez tzv. Jaskyňu Okno. Samotnú Jasovskú jaskyňu tvorí systém chodieb a dómov o dĺžke 2811 metrov (Droppa 1965 in Zacharov 1996), ktorá nie je konečná a je predmetom meraní členmi speleologického klubu Cassovia. Prehliadková trasa pre verejnosť má dĺžku 620 metrov. Vstup do podzemia pre verejnosť je na úpätí skaly, na úrovni hladiny rieky Bodva, vo výške 251 m n. m. Vchádza sa k nemu cez vstupnú halu. Cesta do jaskyne pokračuje chodbou, prebudovanou kvôli bezpečnosti na štôlňu v skalnej suti. Samotná jaskyňa je morfologicky horizontálne i vertikálne viacúrovňová, rozvetvená s kľukatými úsekmi a výraznou vertikálnou disekciou (Bella 1997, Zacharov & Thuroczy 1986). Priestory jaskyne sú popísané v troch poschodiach vo vertikálnom rozpätí 48 m od nadmorskej výšky



Obr. 1. Mapka Jasovskej jaskyne
Fig. 1. Map of Jasovská jaskyňa Cave

251 m n. m. do 299 m n. m. (Ložek 1956 in Zacharov 1996). Droppa (1965, 1971 in Zacharov 1996) popisuje päť vývojových úrovní. Priestory jaskyne sú rozčlenené podľa charakteru profilu na dómy, siene, oválne chodby, korytá tokov v strope, slepo končiace pukliny, plazivky, navonok otvorené portály ai. Pôvodný vletový otvor netopierov do jaskyne, popisovaný pri archeologických prácach Kormosom (1917) je v súčasnosti uzavretý mrežami s okrúhlym, rúrkovitým profilom konštrukcie s rozpätím mreží 25 × 75 cm na výšku. Desať metrov za nimi sú kovové dvere s ponechaným otvorom 50 × 20 cm na prelety netopierov do podzemia. Pri archeologických prácach bol odkrytý ďalší otvor na bočnej strane portálu do najvyššieho poschodia jaskyne, ktorý bol po odhalení tiež využívaný netopiermi. V súčasnosti je zmenšený na štrbinu 25 × 50 cm, aby sa znemožnil prístup do jaskyne nevítaným návštevníkom. V najnižšie položenej a verejnosti neprístupnej časti jaskyne registrujeme štrbinový otvor ústiaci do kedysi aktívneho kameňolomu na východnej strane Jasovskej skaly.

METODIKA

Monitoring hibernujúcich netopierov sme realizovali v mesiacoch október až marec. Návštevy sme rozvrhli tak, aby sa opakovali v dvojtýždňových intervaloch bez prísnej väzby na konkrétny dátum a prispôsobovali sme ich poveternostným podmienkam a možnostiam vstupu do podzemia zo strany správy jaskyne.

Systém podzemných priestorov z hľadiska ich charakteru sme si rozčlenili na 42 dielčích úsekov s pracovným pomenovaním, ktoré sa nie vždy zhoduje s oficiálnym názvom priestoru uvádzaného v legendách k mapám jaskyne. Uvádzame ich v poradí v akom sme monitoring jaskyne realizovali aj s bližším vymedzením úseku.

Vstupná chodba-štôlňa – umelá štôlňa od vstupu do jaskyne po kovové dvere.
Vstupná chodba-jaskyňa – od kovových dverí po znížený prechod do Starého dómu.
Pištov priestor – úsek vľavo hore, v prvej tretine Vstupnej chodby-jaskyne.
Za balvanmi – vpravo do priestoru (Cesta do neba) v polovici Vstupnej chodby-jaskyne.
Starý dóm – od zníženého prechodu po vstupe do priestoru vpravo hranicu tvorí schodište, vľavo stalaktit a vpredu zábradlie chodby pod úrovňou dómu.
Pod Starým dómom – priestor za zábradlím pod úrovňou Starého dómu.

Prechod do Dómu netopierov – od stalagmitu vľavo v Starom dóme po vstup do Bielej siene vpravo pred Dómom netopierov.
Biela sieň – priestor vpravo pred Dómom netopierov.
Dóm netopierov – priestor, kde prebieha speleoterapia.
Pod Dómom netopierov – priestor vzadu za baldachýnom (Za kamenným vodopádom).
Chodba k lomu – z Dómu netopierov vľavo hore od otvoru všetky priestory (K studni, Hlinená chodba).
Schodište zo Starého dómu k rozvádzaču – úsek schodov hore k medziposchodiu.
Od rozvádzača po rozvádzač – z medziposchodia úsek vľavo po najbližší rozvádzač smerom do Veľkého dómu.
Od rozvádzača po Žigmundovu kaplnku – úsek dolu schodmi až po chodbu s rovným plafónom, kde sa cesty rozchádzajú i schádzajú.
Od Žigmundovej kaplnky po Veľký dóm – chodba dolu schodmi po tunel do Veľkého dómu.
Veľký dóm – je to priestor až za hlavu slona a nepoužívaný prechod vpravo do Melčovej siene.
Rozprávková sieň – pokračovanie priestoru s výzdobou aj do zníženého priestoru s tektonickým zrkadlom.
Kováčska vyhňa – samostatný priestor.
Spojovacia chodba – za prechodom z Kováčskej vyhne je doprava chodba s výzdobou do Melčovej siene.
Chodba do Blativého dómu – úsek vľavo zo Spojovacej chodby po sál v Blativom dóme.
Sál v Blativom dóme – Otvorený priestor rozvetvujúci sa na dve chodby.
Pravá chodba v Blativom dóme – (Stalagmitový dóm).
Chodba k Pivnici (tiež Pivnica) – pokračovanie z pravej chodby vpravo cez malý otvor.
Ľavá chodba v Blativom dóme **–** priestor za plazivkou až do Klenotnice.
Melčova sieň (Biely dóm) – priestor s veľa drobnými brčkami po odbočku vľavo do Medvedej siene.
Medvedia sieň – samostatný priestor vľavo od chodníka.
Chodba do Hudobnej siene – schodište dolu i hore po Hudobnú sieň.
Hudobná sieň – samostatný priestor vľavo od chodníka s „hrajúcimi kvapľami".
Bludisko – je vybetónovaná plocha a priestor za zábradlím so zrútenými balvanmi.
Bludisko vzadu pri vykopávkach – plazivka z Bludiska vľavo do veľkej sály s vykopávkami jaskynného medveďa a späť do Bludiska.
Chodba k a v jaskyni Okno – z Bludiska odbočka k Jaskyni Okno.
Od Bludiska do Veľkého dómu – šikmá úpadnica, chodba od Studne lásky do Veľkého dómu.
Schodište do Jedálne – z medziposchodia nad Starým dómom schody nahor, až na koniec schodišťa.
Jedáleň – (Gajdov dóm) priestor pred a za zábradlím vybetónovanej plochy po rozdvojenie ciest.
Starý vchod po dvere – úzka, znížená chodba vybiehajúca z Jedálne vľavo pokračuje strmým schodiskom k Starému vchodu do jaskyne, po kovové dvere s vletovým otvorom.
Od dverí po mrežu – priestor medzi kovovými dverami s vletovým otvorom a mrežou.
Netopierie poschodie – najvyššie poschodie, do ktorého je prístup rebríkom vpravo v chodbe.
Pred Husitskou sieňou – schodisko z Jedálne vpravo po vybetónovaný priestor s ukážkami kostí medveďa a nálezov v jaskyni.
Husitská sieň – samostatný priestor vľavo hore s historickým nápisom.

Oblúková jaskyňa – podkovovitý priestor za kovovými dverami súčasného východu z jaskyne s portálmi ústiacimi navonok.
***Jaskyňa Fajka* –** priestor 10 m vpravo za zábradlím po východe z jaskyne.
Starý vchod zvonku – priestor od schodiska starého vchodu pod portálom **jaskyne po mrežu**.
Poznámka: priestory písané kurzívou neboli stálou súčasťou monitoringu z dôvodu vysokého stavu vodnej hladiny.

Monitorované boli pravidelne všetky priestory na návštevníckej trase a vymedzené priestory mimo trasy, v ktorých sme v prechádzajúcom období zaznamenali výskyt netopierov. Z pravidelných kontrol boli vynechané plazivky, v ktorých sa netopiere vyskytovali iba sporadicky.

Pri prechode monitorovanými priestormi sme zaznamenávali výskytové údaje jednotlivých druhov pre každý priestor samostatne. Okrem počtu jedincov, viedli sme záznam o výške zavesenia (do úrovne dosiahnutia rukou), ďalej počty jedincov v agregáciách a miesto zavesenia pre kontrolu, či došlo v porovnaní s predošlým záznamom k premiestneniu netopierov. Na prieskum sme s postupom vývoja ručného osvetlenia za uvedené roky využívali od klasických banských lámp postupne všetky vyvíjané typy svietidiel až po súčasné nabíjacie led svietidlá.

Z početných zoskupení netopierov a výnimočných situácií zavesenia jedincov sme pri jednotlivých návštevách zhotovovali fotodokumentáciu. O návštevách v podzemí sme viedli záznamovú knihu, získané údaje sme neskôr zaznamenávali do databázy vytvorenej v počítači pre tento účel a sumarizovali do ročných správ, podľa požiadavky Správy slovenských jaskýň (SSJ).

V rokoch 1996 – 1998 sme vykonali v mesiaci september – október aj 8 odchytov netopierov do nárazovej ornitologickej siete pred vletovým otvorom do jaskyne so zámerom označenia jedincov ornitologickými krúžkami (Fulín & Matis, 2007).

V zime 2014/2015 sme k monitoringu použili dve infrakamery s pevnou ohniskovou vzdialenosťou, ktorých využitie sme testovali pre Správu slovenských jaskýň.

Monitoring sme realizovali s povolením a na žiadosť Správy slovenských jaskýň, Slovenskej speleologickej spoločnosti a v súlade s výnimkou MŽP SR. Podmienka sa vzťahovala na prítomnosť maximálne dvoch mapovateľov a prípadne aj ďalších troch účastníkov.

VÝSLEDKY

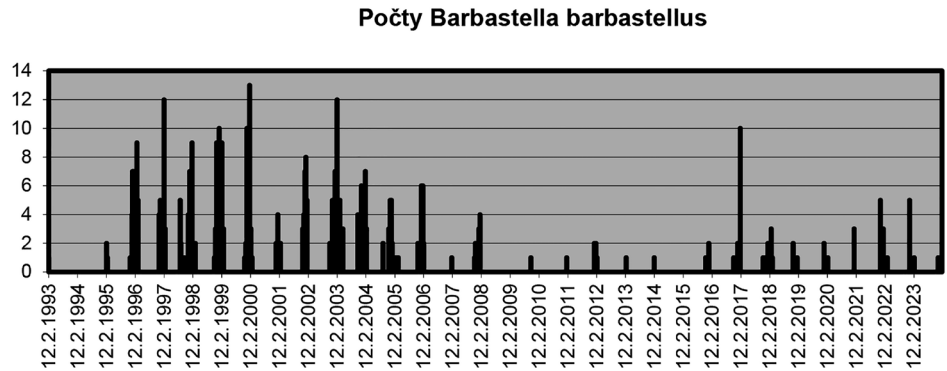
Monitoring netopierov sme v zimnom období rokov 1993 – 2024 realizovali celkovo 250-krát. Priemer na jedno zimné obdobie predstavuje viac ako 8 návštev jaskyne. Najskorší termín zimného sčítania máme zo 6. 10. 1999 a najneskorší 31. 3. 1996. Za uvedené monitorovacie obdobie sme získali 15427 záznamov o výskyte jednotlivých druhov netopierov vo vyčlenených, samostatných priestoroch jaskyne. Mapovanie sme vykonávali vo dvojici, výnimočne aj individuálne s prípadnými spoločníkmi. Fulín navštívil jaskyňu celkovo 247-krát, Matis 146-krát. Z ďalších 37 účastníkov len štyria účastníci boli v jaskyni viac ako 10-krát.

Za celé monitorované obdobie sme v Jasovskej jaskyni zaznamenali výskyt 17 druhov netopierov. Zaznamenaný bol aj ojedinelý výskyt druhu večernica pestrá (*Vespertilio murinus*), raniak hrdzavý (*Nyctalus noctula*) a večernica parková (*Pipistrellus nathusii*) v Oblúkovej jaskyni a Jaskyni Fajka no v čase pred zazimovaním, resp. skoro na jar. Zmieňujeme sa o nich samostatne pri analýze početnosti netopierov v týchto priestoroch.

Poznámka ku grafickému vyjadreniu početnosti. Hrúbka stĺpca narastá s počtom pribúdajúcich a zaznamenaných jedincov a kontrol počas zimnej hibernácie v príslušnom roku. Deň a mesiac nezodpovedajú reálnemu dátumu monitoringu, tak ich vygeneroval počítač pri tvorbe grafu.

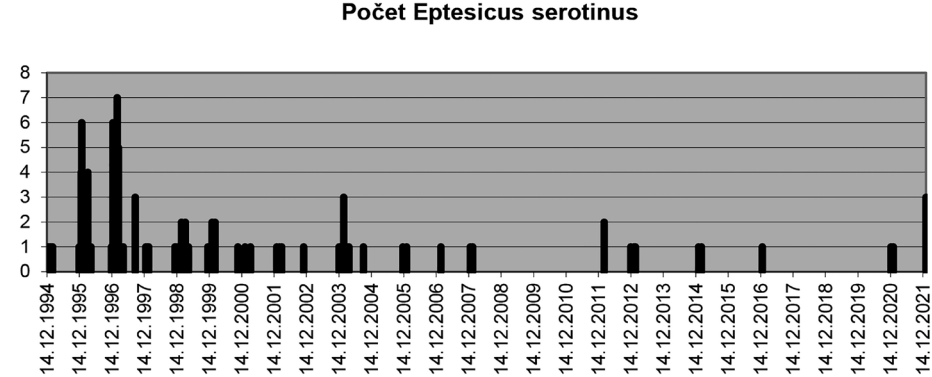
Uchaňa čierna – *Barbastella barbastellus*

Zaznamenali sme ju 120-krát z celkového počtu návštev v jaskyni. Výskyt druhu je viazaný na skalné pukliny v otvorených, mikroklimaticky chladnejších portáloch Oblúkovej jaskyne a Starého východu z jaskyne. Prítomnosť jedincov bola zakaždým podmienená výrazným ochladením a zimným počasím. Počty jedincov sú väčšinou jednotkové. Maximálny počet 13 ex. sa vyskytol dňa 28. 1. 2000.



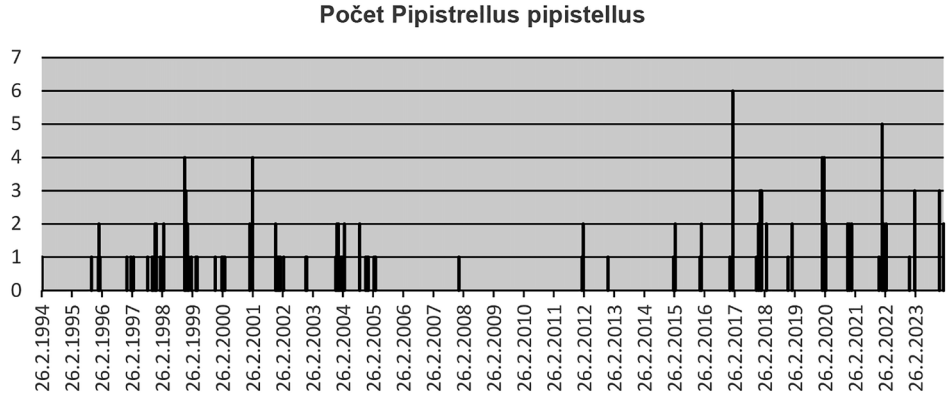
Večernica pozdná – *Eptesicus serotinus*

Podobne ako predošlý druh sme ho v priestoroch podzemia zaznamenali 121-krát. Vyskytoval sa jednotlivo s nástupom zimného počasia v skalných štrbinách Starého východu z jaskyne. Maximálny počet 7 jedincov sme zaznamenali 9. 2. 1997.



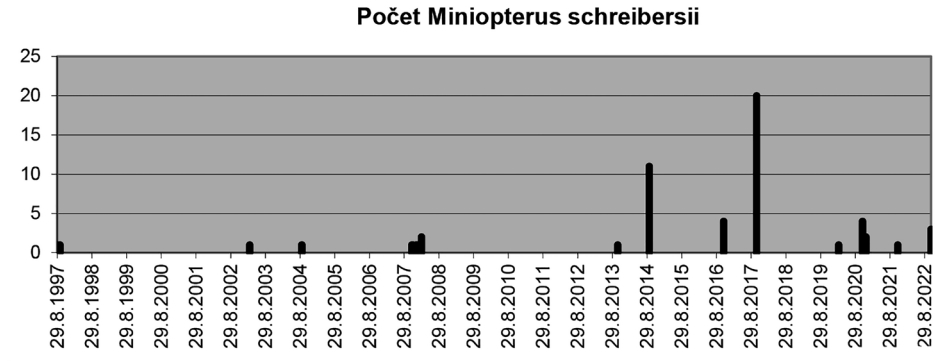
Večernica hvízdavá – *Pippistrellus pipistrellus*

Druh zaznamenaný 81-krát v jednotkových počtoch. Maximálny počet 6 jedincov bol zaznamenaný 2. 2. 2017. S nástupom mrazov sa objavuje v skalných štrbinách pri Starom východe z jaskyne. V útrobách jaskyne so stabilnou mikroklímou sme ho nezaznamenali.



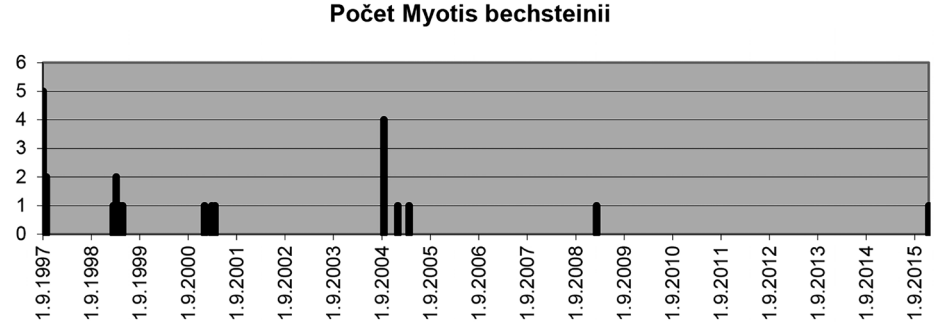
Lietavec sťahovavý – *Miniopterus schreibersii*

Prítomnosť druhu sme zaznamenali 20-krát. Väčšina záznamov pochádza z obdobia pred zazimovaním. Aj maximálny počet 20 jedincov je z 24. 10. 2017, ešte pred nástupom zimy.



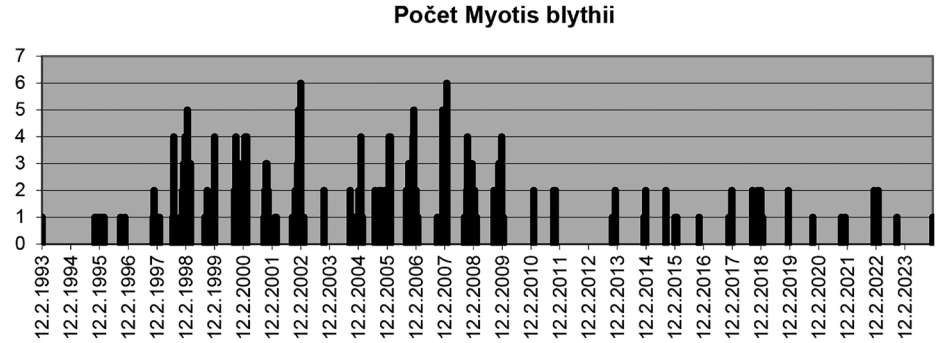
Netopier Bechsteinov – *Myotis bechsteinii*

Ojedinelý výskyt evidujeme od začiatku monitoringu do roku 2015 iba v 15 prípadoch. Dva najpočetnejšie výskyty sa viažu na obdobie pred zazimovaním, kedy sme zaznamenali 5 jedincov na konci septembra v otvorenom priestore Starého vchodu.



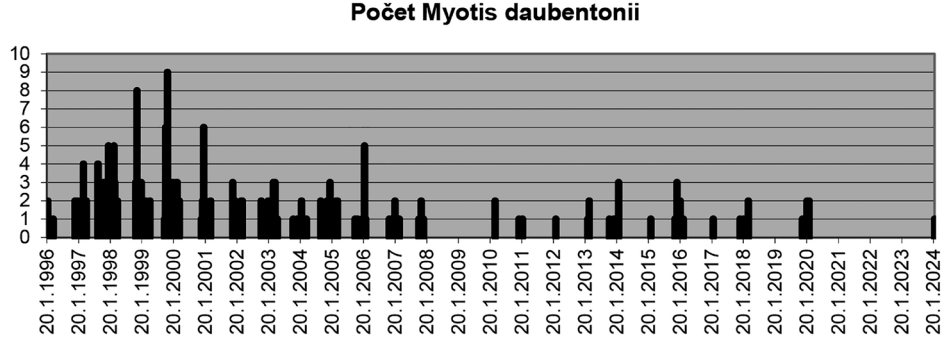
Netopier Blythov – *Myotis blythii*

Druh sme zaznamenali celkovo pri 268 návštevách podzemia. Málopočetný výskyt do 6 jedincov (9. 2. 2002 a 9. 3. 2007) po roku 2010 klesol na maximálne 2 jedince.



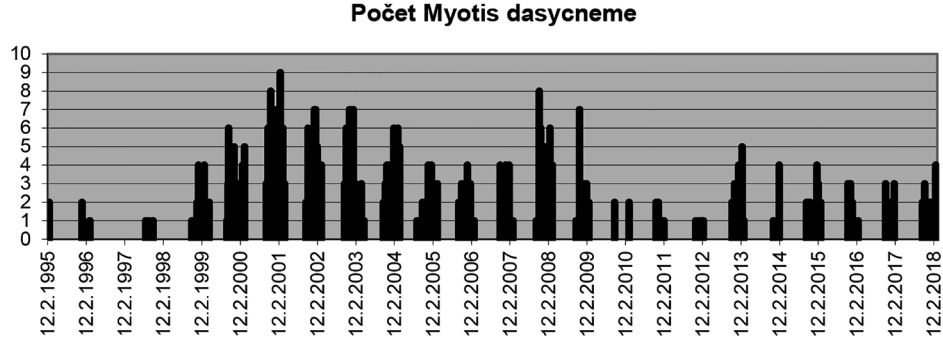
Netopier vodný – *Myotis daubentonii*

Pravidelný výskyt v prvých rokoch monitoringu s maximálnym výskytom aj 9 jedincov (9. 11. 1999), po roku 2006 sa stal sporadickým. Zaznamenali sme ho pri 125 kontrolách jaskyne.



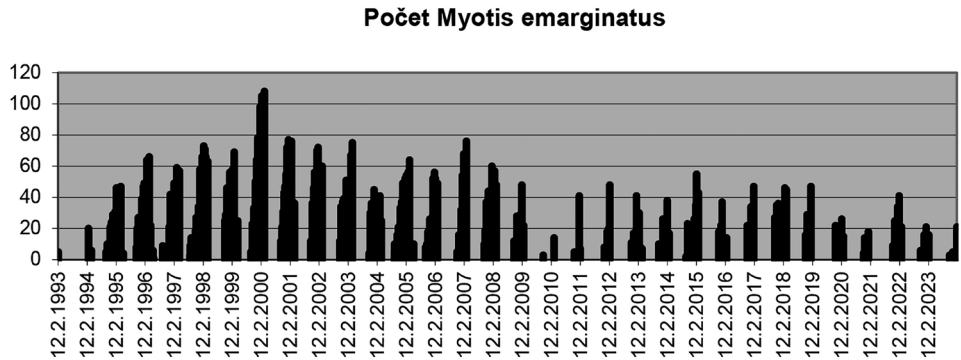
Netopier pobrežný – *Myotis dasycneme*

Od začiatku monitoringu do roku 2018 patril k druhom so stálou prítomnosťou v jaskyni počas celého obdobia hibernácie. Zaznamenali sme ho pri 166 kontrolách s maximálnym počtom aj 9 jedincov (24. 2. 2001). V posledných rokoch monitoringu sme ho nezaznamenali.



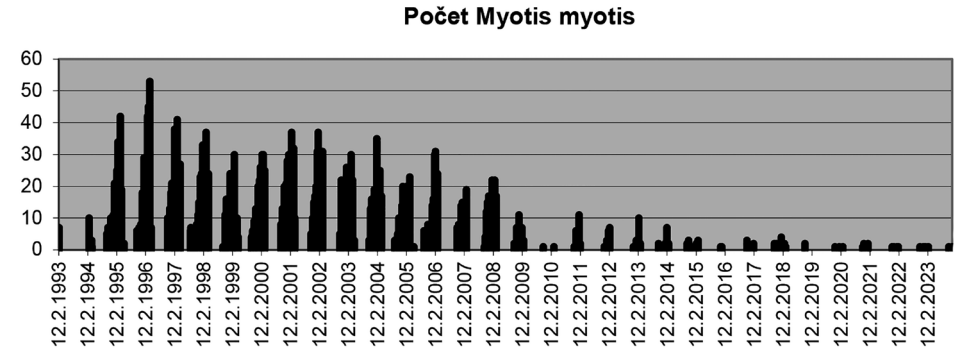
Netopier brvitý – *Myotis emarginatus*

Stály monitorovaný druh v jaskyni. Zaznamenali sme ho pri 237 kontrolách. Maximálne počty viac ako 100 jedincov sa v jaskyni vyskytli na začiatku roka 2000 (108 ex.). Od roku 2010 je jeho výskyt v jaskyni krátkodobejší a menej početný.



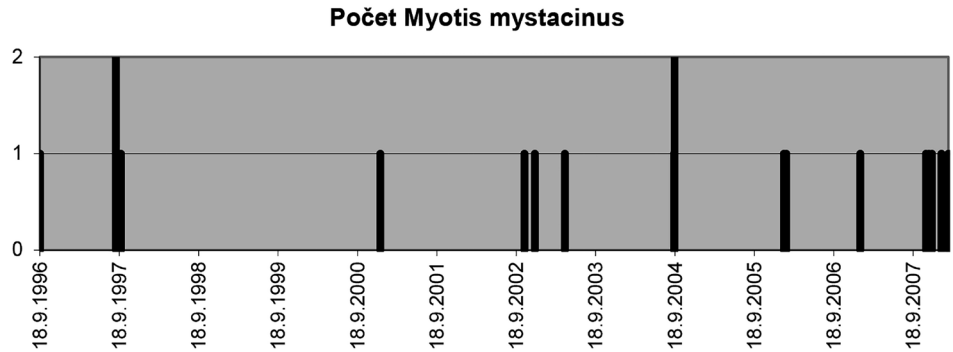
Netopier veľký – *Myotis myotis*

Patrí k druhom so stálym výskytom v zimnom období v jaskyni. Zaznamenali sme ho pri 223 kontrolách podzemia. Od roku 1996, kedy dosiahol maximálny počet 53 jedincov (31. 3. 1996) má početnosť zimujúcich jedincov v jaskyni klesajúci trend. Súčasný výskyt je už iba ojedinelý.



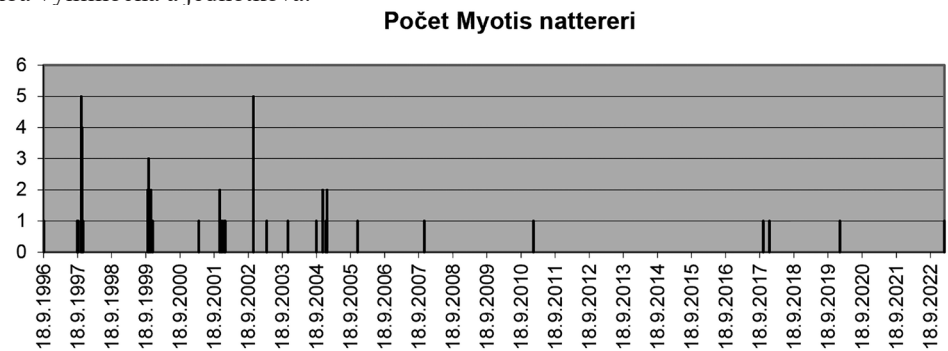
Netopier fúzatý – *Myotis mystacinus*

Vyskytoval sa 17-krát v počte 1 až 2 jedince do roku 2008 počas výrazných zím s dlhšími obdobiami mrazivých dní. Odvtedy sme ho v podzemí Jasovskej skaly nezaznamenali.



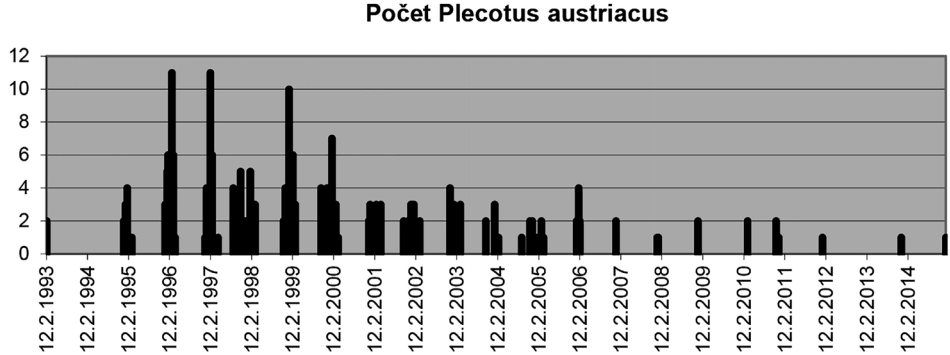
Netopier riasnatý – *Myotis nattereri*

Vzácny výskyt, zaznamenaný celkovo 31-krát s najviac jedincami počas zím 1997 a 2002 v počte 5 jedincov. V posledných dvadsiatich rokoch je jeho prítomnosť ako hibernanta už iba výnimočná a jednotková.



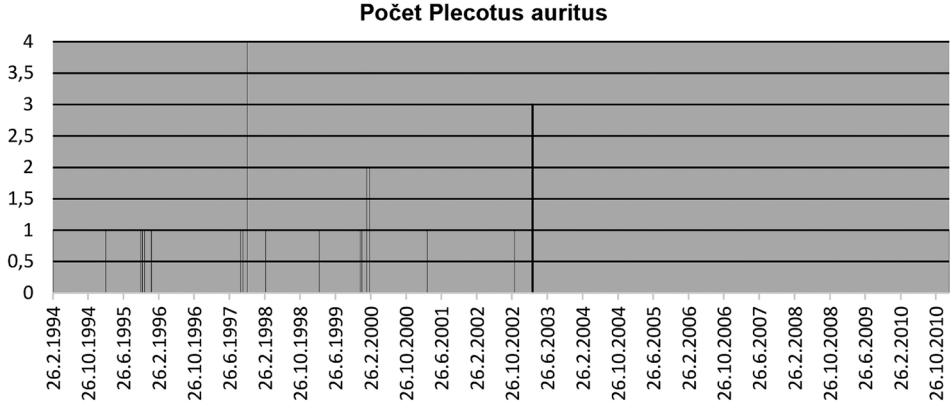
Ucháč sivý – *Plecotus austriacus*

V minulosti pravidelne hibernoval v počte aj 11 jedincov v skalných štrbinách Oblúkovej jaskyne a Starého východu. Zaznamenali sme ho celkovo 89-krát. Od roku 2015 sme už jeho výskyt v podzemí nepotvrdili.



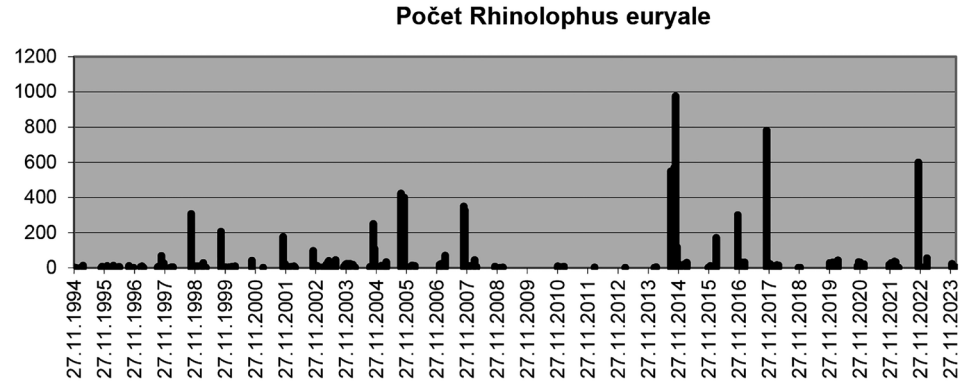
Ucháč svetlý – *Plecotus auritus*

Zaznamenaný bol iba 21-krát medzi rokmi 1994 – 2003 v počte 1 – 4 jedince. Vyskytoval sa pod klenbou Oblúkovej jaskyne a v priestore pri starom vchode. S odstupom rokov sme naposledy zaznamenali jedného jedinca v zime 2011.



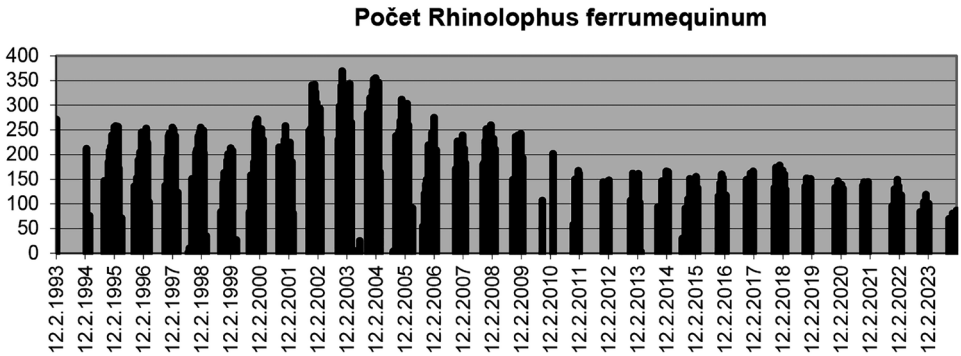
Podkovár južný – *Rhinolophus euryale*

Zaznamenali sme jeho prítomnosť v podzemí celkom 173-krát. Koncom októbra kedy sa sem presúva kolónia druhu z kláštora Premonštrátov jeho počet dosahuje aj niekoľko sto jedincov – max. 976 jedincov (21. 10. 2014). No počas zimných mesiacov, kedy sa prevažná časť kolónie presunie do Drienovskej jaskyne sa stav zredukuje na 30 – 50 jedincov. Ich výskyt bol takmer vždy izolovaný v najvyššom poschodí jaskyne a len málokedy bol v spoločenstve s podkovárom veľkým aj v iných priestoroch podzemia.



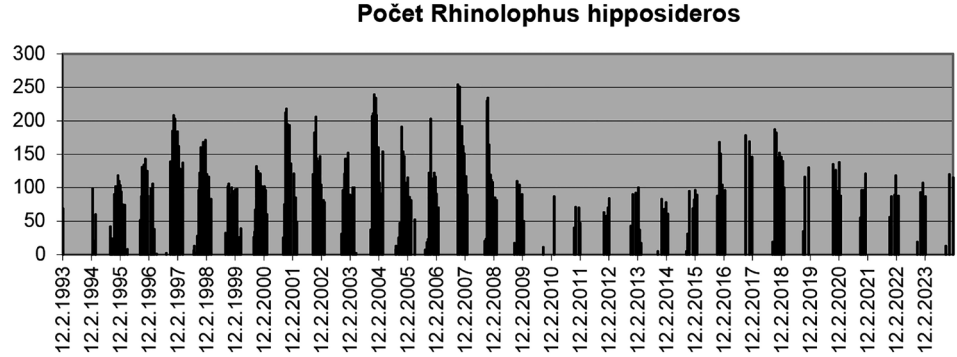
Podkovár veľký – *Rhinolophus ferrumequinum*

Pre Jasovskú jaskyňu je to charakteristický druh, ktorý tu pravidelne hibernuje. Zaznamenali sme ho 240-krát počas monitoringu. V prvých rokoch bola jeho početnosť vyššia a každoročne takmer rovnaká. Od zimy 2002 počet výrazne stúpol až na 369 jedincov (12. 12. 2002). V nasledujúcej zime nastal pokles, ktorý po dvanástich rokoch stagnácie opäť začal klesať. V jaskyni sa zoskupuje do menších i väčších agregácií a s postupom zimy sa premiestňuje od stanovišťa pri vletovom otvore do najnižších poschodí jaskyne.



Podkovár malý – *Rhinolophus hipposideros*

Stály druh netopiera, ktorý hibernuje v jaskyni. Zastihli sme ho v 237 prípadoch pri mapovaní. Počet jedincov v jednotlivých rokoch mal kolísavý priebeh. Spočiatku narastal od 100 do 254 jedincov (11. 11. 2006). Od zimy 2008/2009 počet opätovne klesol a vzápätí stúpol. V posledných rokoch počet jedincov má klesajúci trend. Každoročné maximá dosahuje už v predvianočnom období a s pokračujúcou zimou počet jedincov v jaskyni klesá.



POZNÁMKY K ROZMIESTNENIU A ZOSKUPENIAM NETOPIEROV

Podľa charakteru zavesenia na návštevníckej trase najviac ohrozeným druhom z hľadiska dostupnosti k potenciálnemu návštevníkovi bol *R. hipposideros*. Zo získaných dát o jeho výskyte sa v 22 % prípadov najčastejšie vyskytoval v dostupnej výške v počte 1 – 50 kusov vo všetkých chodbových prechodoch so zníženým stropom a v Jedálni. Druhým najčastejšie dostupným netopierom bol *R. ferrumequinum* s 11 % zastúpením z počtu záznamov o jeho výške zavesenia. Tretím, s 3 % zastúpením vo výške dostupnosti k návštevníkovi bol *M. emarginatus*. Ostatné druhy sa na dosah návštevníkovi vyskytli v 1 % z celkového počtu záznamov o ich výskyte.

Druhým sledovaným znakom výskytu netopierov bolo vytváranie zoskupení netopierov. Pre druh *R. euryale* sa uvádza, že vytvára kolónie, v ktorých nikdy nie sú jedince zabalené do lietacích blán (Feriancová-Masárová, 1965). Tento poznatok platí aj pre nami pozorované zoskupenia v Jasovskej jaskyni. O to viac sme boli zaskočení pri prvotných kontrolách situáciou, kde zaznamenané zimujúce kolónie s rovnakým popisom správania tvorili jedince *R. ferrumequinum*. Ich identifikáciu sme spočiatku overovali meraním antebrachia a rozlišovaním výrastkov na nose. Počet záznamov o výskyte skupín, v ktorých sa jedince navzájom dotýkali, predstavoval pre druh *R. ferrumequinum* 40 %. Počet jedincov v agregácii bol aj 126 ex. Druhým najčastejšie zaznamenaným druhom v tesnom spoločenstve jedinca toho istého druhu bol *M. emarginatus* (36 % záznamov). Početnosť sa pohybovala od 2 do 17 jedincov. *Myotis myotis* sa v 11 % záznamov vyskytoval v skupinke 2 – 8 jedincov. V 3 % záznamov výskytových údajov zo zimovania sa v skupinke počítajúcej do 30 jedincov vyskytoval *R. euryale. R. hipposideros* v 31 prípadoch vytvoril početné zoskupenie aj do 107 jedincov (v Jedálni), no jedince sa nikdy vzájomne nedotýkali. Ostatné druhy ako *M. dasycneme*, *B. barbastellus*, *P. pipistrellus* či *P. auritus* občas vytvorili dvojicu či trojicu v skalnej štrbine pod portálom Starého vchodu alebo v Oblúkovej jaskyni.

Výsledky záznamov o zotrvaní netopierov na tom istom mieste počas viacerých kontrol hovoria o vyššej, až 65 % vernosti k pôvodne zaujatému miestu na zimovanie, pozorovanému opakovane dve aj štyri kontroly po sebe u *M. emarginatus*. Nižšiu vernosť k pôvodnému miestu zavesenia mali *R. hipposideros* (59 %). Kratší interval (53 % záznamov) v zotrvaní na pôvodnom mieste po prvotnom zaujatí stanovišťa vykazoval *R. ferrumequinum*. U neho sme registrovali aj hromadný postupný presun celej agregácie po prvotnom vstupe do jaskyne a vytvorení zoskupenia na skalnej stene Starého vchodu za kovovými dverami či v priestore Vzadu za Bludiskom. Postupne prenikli do Bludiska, Veľkého dómu, neskôr v januári do Starého dómu a nakoniec do priestoru Chodby k lomu. *Myotis myotis* tým, že do jaskyne vstupoval až v priebehu zimy zotrval na pôvodnom stanovišti opakovane v 49 %

záznamov. U všetkých ostatných druhov sme zaznamenali opakovaný výskyt na tom istom stanovišti v 36 % záznamov. Zotrvanie na tom istom mieste bolo u nich individuálne dlhé a často podmienené vonkajším počasím.

Po spracovaní všetkých 15427 záznamov výskytu netopierov v jednotlivých úsekoch jaskyne sme získali prehľad o najčastejšie a dlhodobo netopiermi využívaných priestoroch podzemia na zimovanie. Samostatne je v tabuľke 3 uvádzaných ďalších 378 záznamov o výskyte netopierov v Oblúkovej jaskyni, Jaskyni Fajka a Okno.

Prepočítaním na percentuálnu obsadenosť jednotlivých priestorov jaskyne sme zostavili rebríček desiatich najviac vyhľadávaných a súčasne aj dlhodobo využívaných priestorov na zimovanie netopierov v Jasovskej jaskyni (tabuľka 2). Najvyššiu hodnotu majú odľahlé priestory Blativého dómu, kde sme zaznamenali spolu 9 druhov netopierov, z ktorých v priestore dominujú ani nie počtom, ale dlhodobým zimným pobytom *M. emarginatus*, *R. ferrumequinum* a *R. hipposideros*. Druhým významným priestorom sú otvorené, pripovrchové priestory Starého vchodu po mrežu. Tu nie dlhodobý pobyt netopierov, ale druhová početnosť počas zimy (zaznamenaných všetkých 17 druhov) sú tým, čo priestor favorizuje. Na neho, aj keď nie tak vysokou hodnotou obsadenosti, ale počtom vyskytujúcich sa druhov (14 druhov), nadväzuje pokračovanie priestoru od Dverí po mrežu. Tretím, čo do významnosti v obsadzovaní priestoru, je Dóm netopierov. Pravidelne ho uprednostňujú s dlhším pobytom v ňom *M. dasycneme*, *M. daubentonii*, *M. emarginatus* a *M. myotis.* Druhy *R. ferrumequinum* a *R. hipposideros* v súčasnosti majú priestor iba za prechodné stanovište, a to pravdepodobne z dôvodu speleoklimatických pobytov, ktoré sa tu nepravidelne realizujú. Priestory ako Veľký dóm, Starý dóm a Chodba k lomu sú z pohľadu obsadzovania na jednej úrovni, čo do počtu druhov (9 druhov), ale aj čo do dĺžky pobytu netopierov v nich. Chodba k lomu sa po tom, ako netopiere prestali využívať na zimovanie Dóm netopierov, stala novým miestom pre agregácie na konci zimy. Podobne vyššiu hodnotu v obsadzovaní i početnosti má Prechod do Dómu netopierov. Toto postavenie mu dodávajú dlhšie pobyty druhov *M. myotis*, *M. emarginatus* a *M. dasycneme.* Osobitné a z pohľadu prechodného pobytu významné priestory sú Bludisko a Vzadu za Bludiskom. Sú to miesta, kde dochádza k vytváraniu početnej agregácie po vniknutí netopierov (*R. ferrumequinum*) do podzemia pravdepodobne jaskyňou Okno. K zaujímavým výsledkom patrí poznatok, že priestory, ktoré môžeme charakterizovať ako prechodové chodby medzi jednotlivými sieňami, komorami či dómami, majú málopočetné druhové zastúpenie (s nízkou hodnotou početnosti záznamov o výskyte), ale vysokú hodnotu využitia druhom *R. hipposideros*, menej už *R. ferrumequinum*, ktoré tu vystupujú ako jednotlivci, nie sú súčasťou stálej agregácie. Ak porovnávame výskyt *R. hipposideros* a *R. ferrumequinum* konštatujeme, že sa vyskytovali počas monitoringu v každom vymedzenom priestore jaskyne bez ohľadu na početnosť. Ak posudzujeme častosť obsadzovania jednotlivých priestorov vidíme isté rozdiely v percentuálnom vyjadrení, kde sa častejšie (resp. dlhšiu dobu) v niektorých priestoroch vyskytoval jeden z týchto druhov. Takým preukazným priestorom je Schodište zo Starého dómu k rozvádzaču a Starý vchod po dvere s dominanciou a dlhodobým pobytom *R. hipposideros*. Druh *M. emarginatus* sme nezaznamenali v troch z uvedených priestorov, *M. myotis* v šiestich, *M. dasycneme* v desiatich a *M. daubentonii* v trinástich vyčlenených priestoroch jaskyne.

Dlhodobý monitoring s podrobne vedenými záznamami priniesol aj niekoľko zaujímavých poznatkov poukazujúcich na vek netopierov. Registrujeme jedince *M. emarginatus*, ktoré sme v tých istých štrbinách zaznamenávali vždy v rovnakom období zimy aj dva mesiace v rokoch 1994 – 2008 (15 rokov) v priestore Starý dóm, hneď za vstupom vpravo, v rokoch 1995 – 2008 (14 rokov) v priestore Medvedia sieň a v rokoch 1997 – 2007 (11 rokov) v priestore Od rozvádzača po Žigmundovu kaplnku. Z rokov 1997 – 1998, kedy sme označovali netopiere ornitologickými krúžkami pred nalietavaním do podzemia sme posledného

Tabuľka 2. Obsadenosť jednotlivých priestorov Jasovskej jaskyne netopiermi počas hibernácie.
Table 2. Occupancy of individual areas of Jasovská jaskyňa Cave by bats during hibernation.

Priestor	% obsadenosť priestoru	Využitie priestoru jednotlivými druhmi vyjadrené % (počez záznamov o výskyte druhu v priestore prepočítaná na celkový počet zaznamenaných dát v danom priestore)																
		B.bar	E.ser	M.schr	M.bech	M.bly	M.mys	M.das	M.dau	M.ema	M.myo	M.nat	P.pip	P.aur	P.aus	R.eur	R.fer	R.hip
Vstupná chodba-štôlňa*	0,5							3									43	54
Vstupná chodba-jaskyňa	2,6							0,2		0,7	2,8				0,2		45,3	50,5
Pištov priestor	1,3							0,5	2,5	13,5	1						30,6	51,7
Za blavanmi	1,9								0,3	6,8	10,6				0,3		36,3	45,5
Starý dóm	4,9					1,7		12,3	22	21	7,4	0,2				0,9	27,1	25,9
Pod Starým dómom	1,8				0,3			0,7	1,4	15,3	5,3						37	39,5
Prechod do Dómu netop.	4					10,1		4,2	2,3	18,5	10,7						29,5	33,5
Biela sieň	1,6							0,4	0,4	7,3%	0,8						33,4	57,5
Dóm netopierov	5,2					1,9	0,3	11,9	8,8	25	11		0,1				24,5	25,7
Pod Dómom netopierov	3,5					0,3		0,5	2	27	7,3						28,9	33,6
Chodba k lomu	4,7				0,4	13,2		0,7	1,4	12	19					0,4	27,6	24,8
Sch.zo St. dómu k rozv.	1,4																35	65
Od rozv. k rozv.	2									2,2			0,3			0,3	37,2	59,8
Od rozv. po Žigm. kapl.	2,4									20	0,8					0,2	31,3	47,6
Od Žig. kapl. po Veľ.dóm	2							2,3	0,6	20,7	6,6						24,7	44,8
Veľký dóm	4,7					0,4		2,9	2,8	27,6	9,3					1,8	24,6	30,2
Rozprávková sieň	2,1							2,2	1,8	13,8							34,3	47,6
Kováčska vyhňa	1,8							1,7		14,2	0,3					0,7	35,5	47,3
Spojovacia chodba	1,3									7,8							34,9	57,1
Blativý dóm celý **	8,1					0,1		0,5	0,5	34,4	6,9	0,1				0,4	29,9	26,9
Melčova sieň	2,4				0,2			2,2	0,2	23,8	1,1					0,2	22,5	49,4
Medvedia sieň	2,4						0,2		0,2	39,3	3					0,8	20,4	36,6
Chodba do Hudob. siene	1,8					0,3				20,3	2,5					0,3	31	45,3
Hudobná sieň	0,9							0,6		10,3	1,2			0,6			37.9	48.9
Bludisko	3,3					0,8		0,8	1,6	23,2	8,2					1,8	33	30,6
Blud. vzadu pri vykop.	3,9					1,3		1	0,5	25,7	19,8					0,1	25,2	26
Chodba k a v jask. Okno	1,2							0,1		5,3	8,1						37	48,3
Od Blud. do Veľ. dómu	1,6							0,4	0,8	12,5	2						31,5	52,6
Schodište do Jedálne	2,4					0,5			0,2	8,4	7,3					6,8	31,4	45,7
Jedáleň	3,9					0,5		0,3	0,3	13,2	18,6					2,5	27,6	36,7
Starý vchod po dvere	2,3				0,2	0,2	0,2			10,2	3,1					1,4	26,1	58,2
Od dverí po mrežu	2,3	8,1	0,8				0,8	2,9	1,4	2	8,4	0,2	0,2	0,6	13	1,4	36,9	22,3
Netopierie poschodie	2,3										0,5					27	35,4	35,8
Pred Husitskou sieňou	1,8							4	0,3	10,9	7,3				0,3	3	22,3	51,6
Husitská sieň	1,5				0,4			0,4		9,2			0,4			15	15	59,2
Starý vchod zvonku	6,3	14,2	6	2,2	0,7	0,7	0,8	4,7	1,7	1,7	19,2	2,5	5,3	1	10,4	2	11,3	14,8

* Výskyt netopierov vo Vstupnej chodbe-štôlni je podmienený ponechaním otvorených prechodových dverí do jaskyne ; **Priestor Blativého dómu je uvádzaný celý

Tabuľka 3. Početnosť záznamov o výskyte netopierov v Oblúkovej jaskyni, Jaskyni Fajka a Okno.
Table 3. Number of records of bat occurrence in Oblúková Cave, Fajka Cave and Okno Cave.

Druh / priestor	Oblúková jaskyňa	Jaskyňa Fajka	Jaskyňa Okno
Počet záznamov	252	90	36
B. barbastellus	109	26	
E. serotinus	19	18	
M. bechsteinii			1
M. dasycneme	8		
M. daubentonii	6		
M. emarginatus		4	1
M. myotis	35	1	5
M. mystacinus		2	1
M. natererii	10	1	
N. noctula	2		
P. nathusii		1	
P. pipistrellus	23	16	
P. auritus	6	3	
P. austriacus	31	10	1
R. ferrumequinum		4	10
R. hipposideros	1	3	17
V. murinus	2	1	

krúžkovaného netopiera zaznamenali ešte aj po 13 rokoch, v roku 2009. Samičku *R. ferrumequinum*, označenú ako dospelú v roku 1993 v Tokajskej oblasti v Maďarsku krúžkom Budapest 56049 sme každoročne zaznamenali zimovať v Starom dóme. Naposledy v roku 2020, kedy mala minimálne 28 rokov.

Z rušivých vplyvov na výskyt netopierov v jaskyni počas hibernácie sme zaznamenali predáciu kunou skalnou (*Martes martes*), plchom veľkým (*Glis glis*), mačkou domácou (*Felis catus*) a psom domácim (*Canis familiaris*). Z parazitických druhov nápadný bol v mieste početných aglomerácií podkovára veľkého výskyt kliešťa netopierieho (*Ixodes vespertilionis*). Z rušivých vplyvov prevádzkového charakteru v čase vrcholnej hibernácie to boli výmeny zábradlí spojené s rezaním zábradlia flexou a zváraním, zabezpečované z ústredia napriek upozorneniam a námietkam zo strany správy jaskyne na negatívny vplyv na zimujúce chránené druhy. Výrazným negatívnym vplyvom pre nalietavajúce netopiere do a z podzemia je svetlo so spínačom na pohyb v letovom koridore pri Starom vchode do jaskyne. Z ostatných vplyvov pôsobiacich na priebeh monitoringu spomenieme ešte vysoký stav vody v jarnom období v najnižšej úrovni, pre ktorý nebolo možné vykonať kontrolu odľahlých, zatopených častí jaskyne. Nezaznamenali sme poznatky o tom, že by sporadicky realizované speleoterapeutické pobyty pacientov kúpeľov Štós v Dóme netopierov mali nejaký výrazne rušivý dopad na spoločenstvo netopierov v tomto prostredí jaskyne.

Priestory týchto troch jaskyniek, ktoré považujeme za súčasť podzemia prislúchajúcu k Jasovskej jaskyni využívajú hlavne chladnomilnejšie druhy. Ich výskyt bol v priestoroch vzácny a viazaný na mrazivé dni zimy. Druhy ako *V. murinus* a *N. noctula* boli v priestoroch registrované pred zazimovaním (začiatok októbra), alebo skoro na jar (začiatok apríla). Rozširujú takto druhovú skladbu netopierov o tri nové druhy, ktoré sme zaznamenali v podzemných priestoroch Jasovskej skaly.

DISKUSIA

Výskyt 17 druhov zimujúcich netopierov potvrdzuje významnosť jaskyne pre chiropterofaunu na našom území. Poukazuje na dvojaký charakter využitia podzemia. Jeden pre teplomilné druhy, ktoré vstupujú hlboko do podzemia (*R. hiposideros*, *R. ferrumequinum*, *M. dasycneme*, *M. emarginatus*, *M. blythii* a *M. myotis*) a samostatne pre *R. euryale*, ktorého výskyt je v súčasnosti viazaný takmer výlučne na najvyššie poschodie v jaskyni, na Netopierie poschodie. Na druhej strane chladnomilné druhy využívajú skalné štrbiny v rozľahlom členitom priestore pod portálmi pri Starom vchode a v Oblúkovej jaskyni (*B. barbastellus*, *E. serotinus*, *P. austriacus*, *P. pipistrellus*). Ich počet v priestore narastá s poklesom teploty pod bod mrazu. U všetkých, no zvlášť u početnejšie sa vyskytujúcich druhov, je pri takto vedenom monitoringu nápadná výrazná zmena v trende početnosti. Zlom v početnosti je evidentný v grafoch u viacerých druhov v roku 2010. Predpokladáme, že mohol nastať výrazne nepriaznivými klimatickými podmienkami v čase rodenia mláďat. V roku 2010 prevládalo v tom období daždivé, chladné počasie, ktoré vyústilo do rozsiahlych povodní. Druhou možnou príčinou mohla byť infekcia plesne nazývaná Syndróm bieleho nosa, ktorá spôsobuje úhyn jedincov. V zime, na prelome rokov 2009/2010 bola potvrdená na netopieroch viacerých zimoviskách v Slovenskom krase (Matis in verb). V jaskyni sme v túto zimu zaznamenali s príznakmi Syndrómu bieleho nosa jedného jedinca *M. dasycneme*. Pokles, až absencia niektorých druhov netopierov v jaskyni v nasledujúcich rokoch je neodškriepiteľná. Jednou z príčin môžu byť aj mierne zimy bez trvalejších mrazov a snehovej pokrývky, čo pravdepodobne nenúti netopiere vyhľadávať zimné úkryty hlboko v podzemí jaskýň.

Jasovská jaskyňa svojimi útrobami, početnou prítomnosťou druhov a charakterom otvoreného podzemia Starého vchodu sa stala od roku 1997 ideálnym miestom pre poznávanie netopierov, osvetovú činnosť a propagáciu súčinnosti podzemia a netopierov. Od roku 2007 autori príspevku tu realizovali každoročné stretnutia s verejnosťou pod názvom Noc netopierov.

ZÁVER

Tridsať rokov systematického monitoringu tejto významnej lokality nám umožnilo spoznať stav a priebeh hibernácie viac ako jednej generácie netopierov. Počas monitoringu sme zaznamenali zimovanie 17 druhov netopierov v priestoroch Jasovskej jaskyne a ďalšie tri druhy sa vyskytovali v podzemných priestoroch otvorených jaskýň pri starom vchode a novom východe z jaskyne, ktoré považujeme za súčasť podzemného systému jaskyne. Z výsledkov záznamov o výskyte a početnosti jedincov na zimovisku konštatujeme, že trend početnosti takmer u všetkých zaznamenaných druhov má klesajúci charakter. Zo záznamov o pobyte netopierov v jednotlivých priestoroch jaskyne vieme posúdiť významnosť týchto priestorov pre zimujúce netopiere a predvídať prípadné kolízne situácie v nich počas hibernácie. Najdlhšie realizovaný systematický zimný monitoring netopierov u nás je významný z hľadiska poznania spoločenstiev hibernujúcich netopierov, trendu ich početnosti a priestorového využitia jaskynného podzemia. Považujeme preto za dôležité, aby pokračoval aj naďalej pod gesciou už druhého z autorov príspevku.

Poďakovanie: Za umožnenie realizovať tak dlhodobý, podrobný prieskum jaskyne, zameraný na netopiere ďakujeme Správe slovenských jaskýň a za ústretovosť, pohostinnosť a dôveru predovšetkým správcovi jaskyne Ing. Jozefovi Mendovi a lektorkám Dagmar Rektoríkovej a Veronike Herstekovej. Poďakovanie patrí aj všetkým našim spoločníkom a kolegom, ktorí nám pomáhali a sprevádzali nás počas monitoringu za uplynulých 30 rokov.

LITERATÚRA

Bella, P., 1997. Geomorfologické pomery a význam sprístupnených jaskýň na Slovensku. Slov. Kras, 35: 63–76.

Danko, Š., Mihók, J., 1989. Nové poznatky o výskyte netopierov na východnom Slovensku. Zborn. Východoslovenského múzea v Košiciach, Prír. vedy 29 (1988), 131–160.

Droppa, A., 1971. Vzťah horizontálnych chodieb Jasovskej jaskyne k terasám Bodvy, 99–106. In Problémy geografického výskumu, SAV Bratislava.

Feriancová-Masárová, Z., Hanák, V., 1965. Stavovce Slovenska IV, Cicavce. Vydavateľstvo SAV Bratislava, 336 .

Fulín, M., 1995. Výsledky výskumu netopierov v podzemných priestoroch Jasovskej skaly v období od roka1994. Netopiere 1, 7–18.

Fulín, M., 1998. Doterajšie poznatky o rozmiestnení *Rhinolophus ferrumequinum* v priestoroch Jasovskej jaskyne počas hibernácie. Vespertilio 3, 11–18.

Fulín, M., Matis, Š., 2000. Obsadzovanie jednotlivých priestorov Jasovskej jaskyne (Slovenský kras) podkovárom malým (*Rhinolophus hipposideros*) počas hibernácie. Vespertilio 4, 59–66.

Fulín, M., Matis, Š., 2002. Zimoviská netopierov vo východnej časti Slovenského krasu. Vespertilio 6, 183–188.

Fulín, M., Matis, Š., 2006. Výsledky výskumu netopierov (*Chiroptera*) v Jasovskej jaskyni v rokoch 1996 – 2006. Natura Carpatica XLVII, 187–196.

Fulín, M., Matis, Š., 2007. Doterajšie výsledky z krúžkovania netopierov pred Jasovskou jaskyňou. Natura Carpatica, 48, 191–196.

Fulín, M., Poremba, J., 1998. Počet a priestorové rozšírenie netopierov v Jasovskej jaskyni počas hibernácie, 61–68. In Urban P. (Ed.). Výskum a ochrana cicavcov na Slovensku 3. Zborník referátov, SAŽP Banská Bystrica, 112 pp.

Gaisler, J., Hanák, V., 1972. Netopýři podzemních prostorů v Československu. Sbor. Západoč. muzea Plzeň, Přír. 7, 1–46.

Horáček, I., Hanák, V., Zima, J., Červený, J., 1995. K netopýří fauně Slovenska I. – Letní nálezy 1979 – 1992. Netopiere 1, 39–54.

Kormos, T., 1917. A jászói Takács Menyhért barlang. Barlangkutatás 5, 1, 3–23.

Matis, Š., 1998. Nové poznatky o letnom výskyte netopierov na území Košickej kotliny. Natura Carpatica, 39, 251–262.

Matis, Š., 2000. Súčasný stav poznatkov o netopieroch Drienovskej jaskyne (Slovenský kras). Vespertilio 4, 117–126.

Matis, Š., Danko, Š., Pjenčák, P., Uhrin, M., Fulín, M., 2000. Ďalšie poznatky o výskyte netopiera pobrežného (*Myotis dasycneme*) na Slovensku. Vespertilio 4, 127–134.

Matis, Š., Pjenčák, P., Kürthy, A., Hapl, E., 2002. Prehľad letných nálezov netopierov (Chiroptera) v Národnom parku Slovenský kras. Natura Carpatica 43, 195–234.

Mošanský, A., 1980. Teriofauna východného Slovenska a katalóg mammaliologických . zbierok Východoslovenského múzea v Košiciach I. časť (*Insectivora, Chiroptera*). Zbor. Východosl. múzea v Košiciach, Prír. vedy 21 (1980), 29–87.

Petrík, E., 1983. Netopiere Jasovskej jaskyne. Biologická olympiáda. Nepubl. rukopis, Gymnázium Moldava n/B.

Petrík, E., Perlík, P., 1982. Netopiere Jasovskej jaskyne. Práca SOČ. Nepubl. rukopis, Gymnázium Moldava n/B.

Siegmeth, K., 1887. Az Abauj-Torna-Gömory Barlangvidék. I. Magyarországi kárpátgyesület évkönyve, 14, Igló: 1–48.

Uhrin, M., 1994. Poznámky k spoločenstvu netopierov (Chiroptera) zimovísk Slovenského krasu. Zbor. Východosl. múzea v Košiciach, Prír. vedy 34, 151–162.

Uhrin, M., Danko, Š., Obuch, J., Horáček, I., Pačenovský, S., Pjenčák, P., Fulín, M., 1996. Distributional patterns of bats (*Mammalia: Chiroptera*) in Slovakia, Part I, Horseshoe bats (*Rhinolophidae*), Acta soc. Zool. Bohem, 60, 247–279.

Uhrin, M., Lehotská, B., Benda, P., Lehotský, R., Matis, Š., 1997. Rozšírenie netopierov na Slovensku. Časť 3, *Miniopterus schreibersii*. Vespertilio 2, 113–130.
Vachold, J., 1956. K otázke výskytu a rozšírenia netopierov (*Chiroptera*) na Slovensku. Biol. práce SAV 2 [14], 1–68.
Vachold, J., 1957. Netopiere Jaskýň Jasovsko-zádielskeho krasu. Biológia 12, 195–202.
Vachold, J., 1960. Výskyt a rozšírenie netopierov na Slovensku s ekologickými dodatkami. Nepubl. rukopis, 113 pp.
Volko-Starohorský, J., 1929. Zpráva o výskume Jasovskej jaskyne. Sborn. muz. Slov. spoloč. 23, 1–2, 41–69.
Zacharov, M., Thuróczy, J., 1986. Geologický a geomorfologický charakter krasu severozápadnej časti Jasovskej planiny. Slov. kras 24, 115–127.
Zacharov, M., 1996. Geologické pomery Jasovskej jaskyne: 19–24. In Bella, P., (Ed.): Sprístupnené jaskyne, výskum ochrana a využívanie. Zborník referátov, SSJ Liptovský Mikuláš, 148 pp.
http://www.ssj.sk/sk/jaskyna/11-jasovska-jaskyna

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	62/1 – 2	77 – 91	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2024

PRÍNOS JÁNA TULISA A LADISLAVA NOVOTNÉHO PRI VÝSKUME KRASU A JASKÝŇ SLOVENSKÉHO RAJA

PAVEL BELLA[1, 2]

[1] Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; pavel.bella@ssj.sk
[2] Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita v Ružomberku, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok

P. Bella: The contribution of Ján Tulis and Ladislav Novotný to the research of the karst and caves of the Slovak Paradise, Slovakia

Abstract: The Slovak Paradise, which is part of the Spiš-Gemer Karst, is one of the most important karst areas in the Western Carpathians. The most notable feature of its underground is the Dobšinská Ice Cave, which is a part of the large Stratenská jaskyňa Cave system in the Duča Plateau. Since the mid-1960s, Ján Tulis (1935 – 2024) and Ladislav Novotný (1937 – 2015) have conducted geological and geomorphological research in the karst and caves of the Slovak Paradise. They dedicated their professional careers as geologists to expanding the exploration and research of poorly understood and unknown underground karst phenomena in this area. During their long-term systematic work, they measured, documented and conducted geoscientific research of caves in connection with the practical speleological exploration carried out by a local speleological club. They gradually became the leading specialists in the scientific study of the karst and caves in Slovak Paradise. Their knowledge of the Pliocene cave level of the Dobšinsko-Stratenský cave system was crucial in achieving a fuller understanding of the regional karst geomorphology in the Western Carpathians. This cave level is featured by large flat ceilings and a representative scale of solution forms and associated sedimentary formations that related to the paragenetic development of cave passages drained by allogenic streams. It is one of the most notable examples of paragenetic cave levels, which resulted in the formation of solution flat ceilings. L. Novotný and J. Tulis correlated the development of the largest evolution level of Stratenská jaskyňa, as well as that of some other caves (Okienková jaskyňa, Čertova jaskyňa, Kláštorná jaskyňa and Ružová jaskyňa caves), with the formation of the Late Pliocene pediment known as the "river-side level". Data on the volume of ice in the Dobšinská Ice Cave (more than 110,000 m³ as of 1995), its movement (2–4 cm per year) and the estimated mass turnover time of the deepest ice layer (2,700–3,000 years) are an integral part of presentations of this unique cave. The discovery of hemispheroids in the Stratenská jaskyňa Cave, which was described in 1989, was one of the earliest known occurrences of calcite spherulites in the world. J. Tulis and L. Novotný applied their scientific knowledge to speleological exploration when discovering new cave parts or caves. Thanks to their efforts, the Slovak Paradise has become one of the most extensively researched and explored karst areas in Slovakia and Central Europe.

Key words: karst, geology, geomorphology, speleology, cave level, ice cave

ÚVOD

Slovenský raj ako súčasť Spišsko-gemerského krasu patrí medzi najvýznamnejšie krasové územia Západných Karpát. Z jeho podzemia je najznámejšia Dobšinská ľadová jaskyňa, ktorá je súčasťou rozsiahleho systému Stratenskej jaskyne v planine Duča. Geolo-

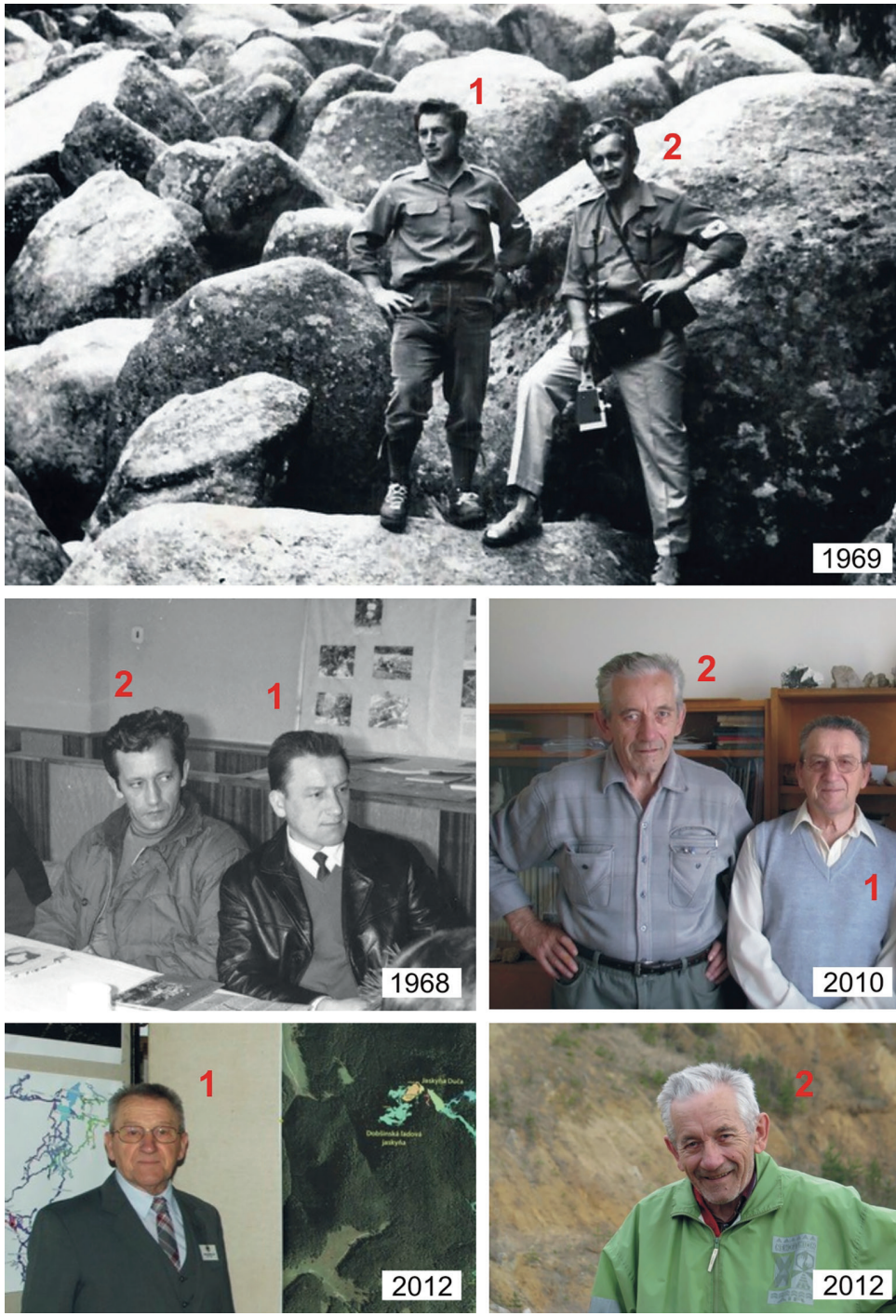
gickým a geomorfologickým výskumom krasu a jaskýň v Slovenskom raji sa v posledných desaťročiach (od polovice 60. rokov minulého storočia) zaoberali najmä Ján Tulis (1935 – 2024) a Ladislav Novotný (1937 – 2015), ktorí ako geológovia túto odbornú profesiu naplno rozvinuli v prospech speleologického prieskumu a výskumu nepoznaného a tajuplného podzemia Slovenského raja. Počas svojej dlhodobej systematickej činnosti sa podieľali nielen na objavovaní jaskýň, ale súbežne vykonávali aj ich meračskú dokumentáciu a geovedný výskum. Poznatky o tamojších treťohorných jaskynných úrovniach výrazne dotvorili západokarpatskú krasovú geomorfológiu. Údaje o objeme, pohybe a celkovej obmene ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyne sú neoddeliteľnou súčasťou prezentácie tejto výnimočnej jaskyne. Nález sintrových hemisféroidov v Stratenskej jaskyni, opísaný v roku 1989, bol jedným z prvých známych výskytov jaskynných sférolitov na svete. J. Tulis a L. Novotný svoje vedecké poznatky spätne aplikovali aj do speleologického prieskumu pri objavovaní ďalších jaskynných priestorov, resp. jaskýň. Ich zásluhou sa Slovenský raj zaradil medzi najviac vedecky prebádané a preskúmané krasové územia na Slovensku i v strednej Európe.

PREHĽAD VÝSKUMOV A DOSIAHNUTÝCH VÝSLEDKOV

Z hľadiska svojej profesie J. Tulis a L. Novotný upriamili svoju dlhodobú tvorivú a systematickú vedeckú činnosť najmä na geologický a geomorfologický výskum krasu a jaskýň v Slovenskom raji. V Dobšinskej ľadovej jaskyne sa z hľadiska jej unikátnosti zaoberali aj ľadovou výplňou. Nasledujúca stručná rekapitulácia približuje a sumarizuje ich dôležitý a nezabudnuteľný vklad do slovenskej speleológie.

Inventarizačný geologický a geomorfologický výskum jaskýň, typológia jaskýň a krasu Slovenského raja. J. Tulis a L. Novotný súbežne s ich aktívnou speleologickou činnosťou inventarizovali, skúmali, dokumentovali a opisovali jaskyne, objasňovali ich geologickú stavbu a vznik, ich genézu a dávali ich do súvislosti s vývojom okolitého povrchového reliéfu. V Slovenskom raji dĺžkou dominuje Stratenská jaskyňa, ktorá je speleologicky prepojená s jaskyňami Psie diery, Duča a Rysou jaskyňou. Spolu predstavujú tretiu najdlhšiu jaskyňu na Slovensku s celkovou dĺžkou 26,5 km. Geneticky do Dobšinsko-stratenského jaskynného systému patrí aj svetoznáma Dobšinská ľadová jaskyňa dlhá 1483 m, ďalej Zelená jaskyňa dlhá 32 m, Sintrová jaskyňa dlhá 32 m a Vojenská jaskyňa dlhá 53 m. Tento výnimočný jaskynný systém J. Tulis a L. Novotný opísali v známej knižnej monografii z roku 1989, v jednom z hlavných diel doterajšej slovenskej speleologickej literatúry.

V knižnej monografii o krase Slovenského raja z roku 2005 L. Novotný a J. Tulis kompletizujú a sumarizujú všetky poznatky a údaje o povrchových a podzemných krasových javoch, analyzujú a vysvetľujú ich vznik a vývoj v kontexte geologického a geomorfologického vývoja tohto pozoruhodného územia Západných Karpát (v tom čase bolo v Slovenskom raji známych 378 jaskýň). V Slovenskom raji, ktorý je jedným z našich najlepšie preskúmaných a zdokumentovaných krasových území, rozlíšili 18 genetických typov a subtypov jaskýň (korozívny, korozívno-výmrazový, korozívno-rútivý, korozívno-gravitačný, korozívno-erozívny, korozívno-erozívny výmrazový, korozívno-erozívny rútivý, erozívny, erozívno-korozívny, erozívno-korozívno-výmrazový, erozívno-výmrazový, korozívno-erozívny výmrazový rútivý, výmrazový, výmrazovo-korozívny, výmrazovo-erozívny, výmrazovo-rútivý, rútivý a gravitačný). V rámci typológie krasu Slovenského raja okrem dominujúceho úplného planinového krasu vymedzili aj menej zastúpený slabo rozvinutý kras monoklinálnych chrbtov na vápencoch a dolomitoch a sporadický kras eróznych brázd na evaporitoch a rauvakoch.



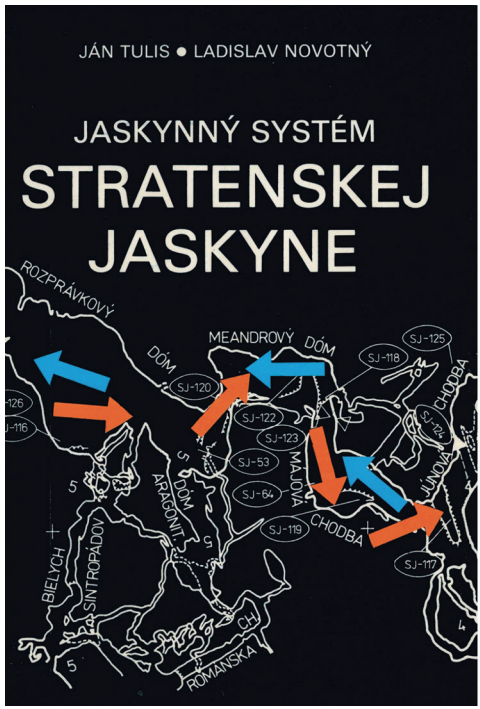
Ján Tulis (1) a Ladislav Novotný (2). Rodinný album, Branislav Tulis
Ján Tulis (1) and Ladislav Novotný (2). Family album, Branislav Tulis

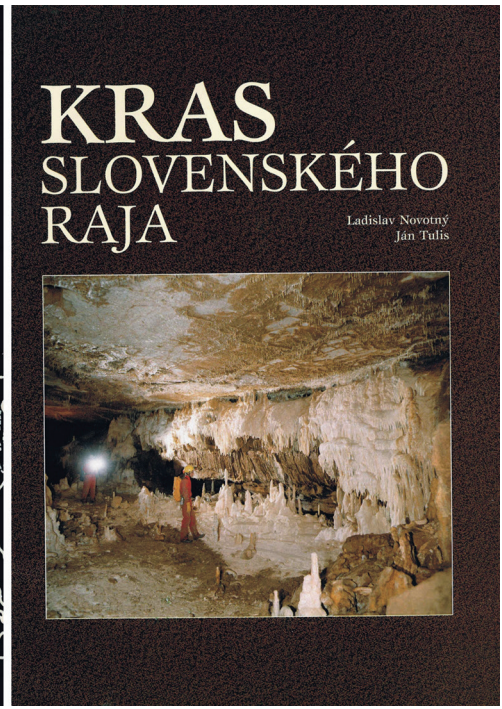
V Dobšinskej ľadovej jaskyni sa v nadväznosti na predchádzajúce výskumy zaoberali najmä jej geologickou stavbou, pričom vyhotovili detailnú geologickú mapu jej sprístupnených častí. Analyzovali statické pomery horninového nadložia a prejavy mrazového zvetrávania v horných zaľadnených častiach jaskyne. Ďalej bližšie zdokumentovali morfológiu a zrekonštruovali vývoj nezaľadnených častí Dobšinskej ľadovej jaskyne v kontexte celého Dobšinsko-stratenského jaskynného systému.

Pre Správu národného parku Slovenský raj vykonali inventarizačný speleologický výskum štátnych prírodných rezervácií Mokrá (1978), Vernárska tiesňava (1979), Kyseľ (1988), Sokol (1990) a Stratená (1992), následne aj inventarizačný geologický, geomorfologický a speleologický výskum národných prírodných rezervácií Piecky (2001) a Zejmarská roklina (2002).

Detailná analýza klastických sedimentárnych výplní a morfostratigrafie v systéme Stratenskej jaskyne. Vedecká monografia o systéme Stratenskej jaskyne z roku 1989 obsahuje výsledky množstva analýz alochtónnych fluviálnych sedimentov paleotokov Hnilca a Tiesňav, ako aj ich interpretáciu vo vzťahu k vývoju podzemných priestorov, najmä hlavnej pliocénnej vývojovej úrovne s dvoma generáciami zarovnaných stropov. V našich podmienkach ide doteraz o najucelenejší a vzorový prípad prepojenia sedimentologického a geomorfologického výskumu v speleológii s viacerými výstižnými a názornými ukážkami stratigrafických a morfostratigrafických vzťahov dôležitých pri riešení problematiky vývoja riečne modelovaných jaskýň. Prezentované morfologicko-sedimentologické priečne profily chodieb a dómov sú poučné a inšpiratívne aj pri výskume ďalších jaskýň.

Rekonštrukcia vývoja jaskýň a povrchového reliéfu v Slovenskom raji. Zdokumentovanie a detailný opis alochtónnych sedimentov a morfológie hlavnej pliocénnej jaskynnej úrovne v Dobšinsko-stratenskom jaskynnom systéme bol dôležitým vkladom nielen do





Knižné monografie z rokov 1989 a 2005.
Book monographs from 1989 and 2005.

regionálnej geomorfológie krasu, ale aj do celkovej rekonštrukcie vývoja reliéfu Západných Karpát v pliocéne. Z geomorfologického hľadiska je Dobšinsko-stratenský jaskynný systém známy najlepšie vyvinutou pliocénnou jaskynnou úrovňou so zarovnanými stropmi (Hnilecký koridor s pripájajúcou sa chodbou Tiesňav) a reprezentatívnou škálou skalných foriem a pridružených sedimentárnych útvarov, ktoré prislúchajú parageneticképmu (antigravitačnému) vývoju podzemných chodieb. Hlavná úroveň Dobšinsko-stratenského jaskynného systému je jednou z typových lokalít na riešenie parageneticképo vývoja zarovnaných stropov.

Okrem množstva poznatkov a údajov o jaskyniach a ostatných krasových javoch je hlavným prínosom vedeckej monografie L. Novotného a J. Tulisa o krase Slovenského raja z roku 2005 rekonštrukcia genézy jaskýň v kontexte geologického a geomorfologického vývoja územia. Okrem výškových pozícií jaskýň vzhľadom k zarovnaným povrchom a riečnym terasám pritom využili aj poznatky zo sedimentologického výskumu alochtónnych jaskynných výplní a reziduálnych sedimentov (bauxitu) na povrchu krasového územia z depresných i elevačných foriem povrchového reliéfu. Ďalej dokladajú výskyty paleogénnych hornín na povrchu krasu vo viacerých častiach Slovenského raja. Predpokladajú aj ich výskyt v jaskyniach na planine Glac, čo zásadne prejavilo v nimi predloženej geochronológii vývoja tamojších krasových plošín.



Slávnostné uvedenie knižnej monografie *Kras Slovenského raja* na 5. vedeckej konferencii *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň* v roku 2005. Zľava: J. Hlaváč, riaditeľ Správy slovenských jaskýň, B. Kortman, predseda Slovenskej speleologickej spoločnosti, L. Novotný a J. Tulis, autori monografie. Foto: P. Bella

The ceremonial launch of the book monograph *Karst of the Slovak Paradise* at the 5th scientific conference *Research, Use and Protection of Caves* in 2005. From left: J. Hlaváč, Director of the Slovak Caves Administration, B. Kortman, Chairman of the Slovak Speleological Society, L. Novotný and J. Tulis, authors of the monograph. Photo: P. Bella



L. Novotný a J. Tulis (zľava) na slávnostnom uvedení ich knižnej monografie *Kras Slovenského raja*. Foto: P. Bella, 2005
L. Novotný and J. Tulis (from left) at the ceremonial launch of their book monograph *Karst of the Slovak Paradise*. Photo: P. Bella, 2005

V rámci paleoalpínskej krasovej periódy L. Novotný a J. Tulis uvažujú o vývoji krasu v predgosauskej etape (spodná krieda až spodná časť vrchnej kriedy) a predvrchnoeocénnej etape (paleocén až stredný eocén). Do paleoalpínskej krasovej periódy radia komíny s vápencovo-lateritickou brekciou v Stratenskej jaskyni a jej najvyššie časti, ďalej Koniarovu jaskyňu a jaskyne Havranej scaly. V predvrchnoeocénnej etape podľa nich vznikol B. horizont a V. úroveň Stratenskej jaskyne, jaskyne Duča a Skalné okno, Medvedia jaskyňa, Vlčia jaskyňa a Jaskyňa v Skale. Predgosauskú a predvrchnoeocénnu etapu oddeľuje medziobdobie sedimentácie hornín gosauskej skupiny (stredná a vrchná časť vrchnej kriedy až najspodnejšia časť paleocénu). Po predvrchnoeocénnej etape územie Slovenského raja úplne pokryli horniny paleogénnej transgresie (vrchný eocén až oligocén). Podľa L. Novotného a J. Tulisa sa ich zvyšky „in situ" zachovali v Medvedej jaskyni a jaskyni Skalné okno na planine Glac. Predpokladajú, že predvrchnoeocénny krasový povrch sa spod hornín paleogénnej transgresie odkrýval postupne, približne od bádenu. Najskôr sa mali odkryť elevačné časti podložného krasu. Neskôr sa v hrubých rysoch údajne obnovila stará alochtónna a autochtónna riečna sieť, čo viedlo k aktivizácii cirkulácie vôd v podzemí. V pokročilejšom štádiu exhumácie uvažujú o remodelácii starších jaskýň (Medvedia jaskyňa, Vlčia jaskyňa, Jaskyňa v Skale), vzniku nových jaskýň a obnažení depresných, plytko vrezaných senilných dolín predvrchnoeocénneho reliéfu. Vcelku konštatujú, že reliéf na plošinách planín má mnohé znaky svedčiace o tom, že sa formoval už v predvrchnoeocénnom období. Podľa L. Novotného (1987) jedným z ďalších dôkazov o existencii predvrchnoeocénneho krasu vo východnej časti Slovenského rudohoria môže byť Jaskyňa v prepadlisku (východne od Novoveskej Huty) a jej fosílna výplň. L. Novotný a J. Tulis (2005) ďalej píšu, že na obnaženom povrchu, približne v úrovni už dávno založených krasových plošín, prebiehala lokálna pediplanácia a vytvárali sa ďalšie plytké fluviokrasové doliny. Zvyškové štádium exhumácie krasu Slovenského raja začleňujú do pliocénu až holocénu.

Tento názor a predstava o vytváraní krasových plošín sú výzvou pre ďalší výskum zameraný na rekonštrukciu vývoja krasu Slovenského raja, ako aj ostatných krasových planín a zarovnaných povrchov v Západných Karpatoch. Plošiny planinového krasu v Západných Karpatoch sa väčšinou priraďujú k panónskemu stredohorskému povrchu zarovnávania. Známe sú však aj štúdie, v ktorých sa nálezy štrkov na krasových plošinách považujú za rezídium po rozpadnutých paleogénnych zlepencoch. Na základe týchto nálezov sa predpokladá predpaleogénny zarovnaný povrch (vytvorený pred paleogénnou transgresiou a exhumovaný počas staršieho miocénu). Do tohto konceptu zapadajú aj závery výskumu L. Novotného a J. Tulisa.

Vývoj najvýraznejšej IV. vývojovej úrovne Stratenskej jaskyne (vedúcej z priľahlej Dobšinskej ľadovej jaskyne) a niektorých ďalších jaskýň (Okienková jaskyňa, Čertova jaskyňa, Kláštorná jaskyňa, Ružová jaskyňa) L. Novotný a J. Tulis korelujú s formovaním poriečnej rovne vo vrchnom pliocéne. Potvrdzuje to aj neskoršie datovanie veku pocho-

vania alochtónnych fluviálnych sedimentov v Dobšinskej ľadovej jaskyni pomocou kozmogénnych nuklidov (pozri Slovenský kras, roč. 52, č. 2, s. 101–110 z roku 2014). Vývoj viacerých nižšie položených jaskýň (napr. II. úroveň Stratenskej jaskyne, Okrajová jaskyňa, Horcová jaskyňa, Biela jaskyňa a Marekova diera) dávajú do súvisu s vytváraním kvartérnych riečnych terás. Okrem planiny Duča, v ktorej je vytvorený Dobšinsko-stratenský jaskynný systém, opísali aj krasové javy na susednej planine Pelc.

Hemisférické sintrové útvary. V monografii z roku 1989 o Stratenskej jaskyni J. Tulis a Novotný opísali pozoruhodné sintrové hemisférické útvary. Ide o jeden z prvých opisov takýchto útvarov vo svete. Neskoršie výskumy preukázali, že sférolity sú reprezentované rôzne zdeformovanými guľovitými alebo pologuľovitými útvarmi kryogénneho jaskynného vápenca, ktoré vznikajú vo vápencových jaskyniach pomalým mrznutím vôd s nízkym obsahom rozpustených pevných látok.

Pohyb a objem ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Do pozornosti J. Tulisa a L. Novotného padla aj ľadová výplň Dobšinskej ľadovej jaskyne. Na základe georadarového merania určili objem ľadu na 110 132 m^3 (najväčší objem ľadu v jaskyni vo svete). J. Tulis sa zaoberal aj problematikou gravitačného pohybu ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni – od vchodu, Malej a Veľkej siene smerom do Prízemia a Ruffínyho koridoru (horizontálny posun 2 až 4 cm za rok). Spolu s L. Novotným zhodnotili zmeny ľadovej výplne a na základe poklesávania stropu vysekaného ľadového tunela pri Kaplnke (menej ako 1 cm za rok) určili plynulú výmenu ľadovej výplne na 2700 až 3000 rokov (prepočítaním na maximálnu hrúbku podlahového ľadu). Rádiokarbónové datovanie organickej hmoty zachovanej v ľade poukazuje na najstarší vek ľadu okolo 2500 rokov. Na základe rekonštrukcie vývoja jaskynných úrovní a riečnych terás v doline Hnilca i samotnej Dobšinskej ľadovej jaskyne



J. Tulis, P. Bella a M. Gradziński (zľava) pred vchodom do Stratenskej jaskyne. Foto: B. Tulis, 2018
J. Tulis, P. Bella and M. Gradziński (from left) in front of the entrance to the Stratenská jaskyňa Cave. Photo: B. Tulis, 2018



83-ročný J. Tulis (vľavo) so synom Branislavom v Stratenskej jaskyni. Foto: P. Bella, 2018
83-year-old J. Tulis (left) with his son Branislav in Stratenská jaskyňa Cave. Photo: P. Bella, 2018

L. Novotný a J. Tulis vyslovili predpoklad, že zmena morfológie podzemných priestorov, ktorá umožnila zaľadnenie jaskyne, sa udiala asi v strednom pleistocéne.

Nominačný projekt na zaradenie Dobšinskej ľadovej jaskyne do svetového dedičstva ako súčasti systému Stratenskej jaskyne. J. Tulis a L. Novotný boli hlavnými autormi nominačného projektu na zaradenie Dobšinskej ľadovej jaskyne, vrátane celého

jaskynného systému Stratenskej jaskyne v podzemí planiny Duča, do svetového prírodného dedičstva. Pri zdôvodňovaní unikátnych hodnôt jaskyne a opodstatnenosti jej zaradenia do svetového dedičstva vychádzali nielen z predchádzajúcich výskumov, ale najmä z početných vlastných pozorovaní a výskumov. Dobšinská ľadová jaskyňa sa stala svetovým dedičstvom v roku 2000 v rámci rozšírenia bilaterálnej lokality Jaskyne Aggteleckého krasu a Slovenského krasu, ktorá bola do Zoznamu svetového prírodného dedičstva zaradená v roku 1995.

Atlas Dobšinsko-stratenského jaskynného systému. Posledným spoločným dielom J. Tulisa a L. Novotného je samostatný atlas (v knižnej podobe), ktorý podáva súbornú meračskú a mapovú dokumentáciu Dobšinskej ľadovej jaskyne, Stratenskej jaskyne, jaskyne Psie diery a ďalších vývojo súvisiacich jaskýň v planine Duča. Na základe teodolitových a kompasových meraní z rokov 1973 – 2015 ju v programe Therion spracoval J. Tulis. Hlavnú mapovú časť doplňuje prehľad základných údajov a poznatkov o tomto výnimočnom jaskynnom systéme. V nadväznosti na atlas, ktorý je súčasťou knižnej publikácie o systéme Stratenskej jaskyne z roku 1989, tento doplnený atlas v širšom rozsahu prezentuje výsledky dlhoročnej systematickej prieskumnej, meračskej i výskumnej činnosti jaskyniarov v Slovenskom raji. Jednotlivé časti jaskýň sú zobrazené detailnejšie, poskytujú viac údajov o priestorovej polohe, morfológii, rozmeroch a ostatných javoch v podzemí. Atlas je jedným z hlavných východísk pre ďalší prieskum a výskum tohto neobyčajného jaskynného systému.

Sadrovcový kras na južnom okraji Slovenského raja. L. Novotný (1985) súborne opísal krasové javy v síranoch a kavernóznych karbonátoch (závrty, pramene a vyvieračky) v úzkom pásme tiahnucom sa južne od planiny Pelc, cez Dobšinskú Mašu, Dedinky a Biele Vody až po Novoveskú Hutu. Ide o dosiaľ najucelenejší opis sadrovcového krasu na Slovensku, ktorý sa u nás vyskytuje ojedinele. L. Novotný a J. Tulis (2005) ho klasifikujú ako sporadický kras eróznych brázd na evaporitoch a rauvakoch.

Travertínové jaskyne a krasové javy v okolí Slovenského raja. L. Novotný a J. Tulis upriamili pozornosť aj na kras a jaskyne v travertínoch v okolí Slovenského raja – v Hranovnici-Hincave pri Hranovnickom plese na východnom okraji Nízkych Tatier a na Dreveníku vo východnej časti Hornádskej kotliny. Okrem súbornej inventarizácie jaskýň v travertínoch je dôležitá aj ich genetická klasifikácia. V Hornádskom podolí, nadväzujúcom na severný okraj Slovenského raja, preskúmali a opísali Tomášovskú jaskyňu, ktorá je našou najdlhšou jaskyňou vytvorenou v paleogénnych karbonatických zlepencoch.

ZÁVER

Viaceré poznatky a názory L. Novotného a J. Tulisa, najmä tie, ktoré sa týkajú vývoja krasových plošín, vysokopoložených jaskýň Slovenského raja či úrovní Stratenskej jaskyne, presahujú regionálny rámec Slovenského raja a sú významné a dôležité aj z hľadiska celkového pohľadu na geologický a geomorfologický vývoj reliéfu Západných Karpát. Ich početné pôvodné publikácie o krase a jaskyniach Slovenského raja veľkou mierou obohatili fond slovenskej speleologickej literatúry.

Vedecké poznatky o vývoji krasu a jaskýň Slovenského raja získané po preskúmaní Stratenskej jaskyne (a vývojovo súvisiacich jaskýň), najmä zásluhou J. Tulisa a L. Novotného, sa stali základnou odbornou bázou neskorších výskumov založených na novších alebo inovovaných metódach výskumu. Na základe datovania veku pochovania alochtónnych fluviálnych sedimentov pomocou kozmogénnych nuklidov sa spresnila geochronológia vývoja Dobšinsko-stratenského jaskynného systému, ďalej sa dotvoril pohľad na genézu Dobšinskej ľadovej jaskyne a hlavnej vývojovej úrovne Stratenskej jaskyne, monitorujú sa

zmeny ľadovej výplne v Dobšinskej ľadovej jaskyni, pribúdajú údaje o veku a tvorbe ľadu v tejto výnimočnej jaskyni. Hlavná úroveň Dobšinsko-stratenského jaskynného systému je dôležitým speleogenetickým markerom vývoja reliéfu Západných Karpát v pliocéne.

Sme vďační J. Tulisovi a L. Novotnému za ich významný vedecký prínos do slovenskej speleológie a krasovej geomorfológie. Natrvalo zostanú zapísaní v pamäti slovenských jaskyniarov a ochrancov prírody Slovenského raja.

VÝBER BIBLIOGRAFIE JÁNA TULISA A LADISLAVA NOVOTNÉHO

Vedecké, odborné a prezentačné monografie

Tulis, J., Novotný, L., 1989. Jaskynný systém Stratenskej jaskyne. Osveta, Martin, 464 s.

Novotný, L., Tulis, J., 2005. Kras Slovenského raja. Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš – Slovenská speleologická spoločnosť – Knižné centrum, Žilina, 175 s.

Tulis, J., Novotný, L., Balážik, P., Daniel, V., Greisel, M., Košel, V., Kucharič, Ľ., Miháľ, F., Miháľová, O., 2014. 50 rokov Speleologického klubu Slovenský raj. Speleologický klub Slovenský raj – Georg, Žilina, 104 s.

Tulis, J., Novotný, L., 2020. Atlas Dobšinsko-stratenského jaskynného systému. Speleologický klub Slovenský raj Spišská Nová Ves – GEORG Žilina, 210 s.

Vedecké články v časopisoch

Tulis, J., 1974. Príspevok k problému rádioaktívneho žiarenia v karbonátových horninách. Slovenský kras, 12, 97–114.

Kucharič, Ľ., Novotný, L., Steiner, A., Tulis, J., 1980. Geologicko-geofyzikálny prieskum medzi Stratenskou jaskyňou a Dobšinskou ľadovou jaskyňou a niektoré otázky genézy týchto jaskýň. Slovenský kras, 28, 29–57.

Kucharič, Ľ., Novotný, L., Steiner, A., Tulis, J., 1982. Geologicko-geofyzikálny prieskum a krasové javy na hornej nádrži prečerpávacej vodnej elektrárne Čierny Váh. Slovenský kras, 20, 69–98.

Novotný, L., 1985. Krasové javy v síranoch a kavernóznych karbonátoch na južnom okraji Slovenského raja. Slovenský kras, 23, 15–43.

Novotný, L., 1987. Fosílny kras pri Novoveskej Hute. Slovenský kras, 25, 145–152.

Novotný, L., Miháľ, F., 1987. Nové litostratigrafické jednotky krompašskej skupiny. Mineralia Slovaca, 19, 2, 97–113.

Novotný, L., 1989. Krasové javy v travertínoch pri Hranovnickom plese. Slovenský kras, 27, 123–139.

Tulis, J., 1990. Anthropogenic Impact on Karst Regions in the National Park „Slovak Paradise". Studia Carsologica, 3, 133–136.

Novotný, L., 1992. Terciérne sedimenty v jaskynnom systéme Stratenskej jaskyne. Slovenský kras, 30, 103–108.

Novotný, L., 1993. Treťohorné jaskynné úrovne a zarovnané povrchy v Slovenskom raji. Slovenský kras, 31, 55–59.

Novotný, L., Tulis, J., 1996. Výsledky najnovších výskumov v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Slovenský kras, 34, 139–147.

Novotný, L., Tulis, J., 1998. Krasová planina Pelc v Národnom parku Slovenský raj – geologická, gemorfologická a speleologistická charakteristika. Slovenský kras, 36, 35–58.

Novotný, L., Tulis, J., 1999. Statické pomery horninového nadložia a mrazové zvetrávanie v horných zaľadnených častiach Dobšinskej ľadovej jaskyne. Aragonit, 4, 17–18.

Novotný, L., Tulis, J., 2000. Najnovšie poznatky o litologických a štruktúrno-tektonických pomeroch v sprístupnenej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne. Slovenský kras, 38, 19–32.

Tulis, J., Novotný, L., 2003. Medvedia jaskyňa – paleokrasový fenomén. Slovenský kras, 41, 91–95.

Tulis, J., Novotný, L., 2003. Zmeny zaľadnenia v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Aragonit, 8, 7–9.

Tulis, J., Novotný, L., 2008. Geologické a geomorfologické pomery NPR Dreveník. Slovenský kras, 46, 1, 5–30.
Haviarová, D., Tulis, J., Pristaš, P., 2009. Nové poznatky k odvodňovaniu jaskynného systému Stratenskej jaskyne. Slovenský kras, 47, 2, 217–230.
Bella, P., Tulis, J., 2020. Morfológia a genéza klesajúcich častí Dobšinskej ľadovej jaskyne. Slovenský kras, 58, 1, 5–15.

Publikácie z vedeckých konferencií a odborných seminárov

Kucharič, Ľ., Novotný, L., Steiner, A., Tulis, J., 1980. Zistenie možnosti vyrazenia II. vchodu do Stratenskej jaskyne. In Aplikace geofyzikálních metod při průzkumu krasu a ve speleologii. Sborník referátů semináře, Jedovnice 1. – 3. 10. 1980. Geofyzika, Brno, 52–53.
Kucharič, Ľ., Novotný, L., Steiner, A., Tulis, J., 1980. Geologicko-geofyzikálny prieskum na PVE Čierny Váh. In Aplikace geofyzikálních metod při průzkumu krasu a ve speleologii. Sborník referátů semináře, Jedovnice 1. – 3. 10. 1980. Geofyzika, Brno, 54–62.
Tulis, J., 1981. Razvitie i genezis sistemy Stratenskja peščera – Dobšinskaja ledjanaja peščera. Proceedings, 2, European Regiuonal Conference of Speleology, Sofia, 227–231.
Tulis, J., 1983. 10 rokov Stratenskej jaskyne. Speleofórum ´83, ČSS, Brno, 6–7.
Tulis, J., Košík, M., 1989. Speleological Research of the Stratenská jaskyňa Cave. Communication, International Symposium on Physical, Chemical and Hydrological Research of Karst, Communications, Košice 10. – 15. 5. 1988. SSS, Liptovský Mikuláš, 146–151.
Tulis, J., 1989. Značenie razryvnoj tektoniky v razvitii podzemnogo karsta (na primere Stratenskoj peščery). In Kósa, A. (Ed.): Proceedings, 2, 10. International Congress of Speleology, Budapest 13 – 20 August 1989, 454–456.
Tulis, J., 1989. Izobraženie složnoj peščernoj sistemy (na primere Stratenskoj peščery). In Kósa, A. (Ed.): Proceedings, 2, 10. International Congress of Speleology, Budapest 13 – 20 August 1989, 457–459.
Novotný, L., 1989. Tretičnye otloženija v peščernoj sisteme Stratenskoj peščery. In Kósa, A. (Ed.): Proceedings, 2, 10. International Congress of Speleology, Budapest 13 – 20 August 1989, 597–599.
Novotný, L., 1989. Tretičnye peščernye etaži i poverchnosti vyravnivanija v Slovackom raje. In Kósa, A. (Ed.): Proceedings, 2, 10. International Congress of Speleology, Budapest 13 – 20 August 1989, 600–601.
Tulis J., Novotný L., 1995. Čiastková správa o morfometrických parametroch v zaľadnených častiach Dobšinskej ľadovej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Ochrana ľadových jaskýň. Zborník referátov z odborného seminára, Dobšinská Ľadová Jaskyňa 21. – 22. 9. 1995. SSJ, Liptovský Mikuláš, 25–28.
Novotný, L., 1995. K veku jaskynného systému Stratenskej jaskyne, perspektívy jej ochrany a rozvoja. In Bella, P. (Ed.): Ochrana ľadových jaskýň. Zborník referátov z odborného seminára, Dobšinská Ľadová Jaskyňa 21. – 22. 9. 1995. SSJ, Liptovský Mikuláš, 37–41.
Tulis, J., 1995. Preskúmanosť jaskynného systému Stratenskej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Ochrana ľadových jaskýň. Zborník referátov z odborného seminára, Dobšinská Ľadová Jaskyňa 21. – 22. 9. 1995. SSJ, Liptovský Mikuláš, 43–45.
Tulis, J., 1996. Charakteristika krasových planín Pelc a Duča. In Bella, P. (Ed.): Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov z odborného seminára, Medzev 18. – 20. 9. 1996. SSJ, Liptovský Mikuláš, 114–119.
Tulis, J., 1996. Deštrukcia stalagmitov. In Lalkovič, M. (Ed.): Kras a jaskyne – výskum, využívanie a ochrana. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Liptovský Mikuláš 10. – 11. 10. 1995. SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 45–47.
Novotný, L., Tulis, J., 1996. Ľadová výplň v Dobšinskej ľadovej jaskyni. In Lalkovič, M. (Ed.): Kras a jaskyne – výskum, využívanie a ochrana. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Liptovský Mikuláš 10. – 11. 10. 1995. SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 49–56.
Tulis, J., 1996. Postup objavovania jaskynného systému Stratenskej jaskyne. Speleofórum ´96, 15, 44–45.

Novotný, L., Tulis, J., 1996. Nové údaje o ľadovej výplni v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Speleofórum ´96, 15, 45–49.
Tulis, J., Košík, M., 1998. Potvrdenie nálezu aragonitu v Bystrianskej jaskyni. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Mlynky 8. – 10. 10. 1997. SSJ, Liptovský Mikuláš, 21–23.
Novotný, L. 1998. Najväčší problém jaskynného systému Stratenskej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Mlynky 8. – 10. 10. 1997. SSJ, Liptovský Mikuláš, 53–54.
Tulis, J., 1998. Rekapitulácia prieskumu a výskumu jaskynného systému Stratenskej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Mlynky 8. – 10. 10. 1997. SSJ, Liptovský Mikuláš, 137–140.
Novotný, L., Tulis, J., 2000. Litologické a štruktúrno-tektonické pomery sprístupnenej časti Dobšinskej ľadovej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 16. – 19. 11. 1999. SSJ, Liptovský Mikuláš, 59–65.
Novotný, L., Tulis, J., 2000. Georadarový prieskum medzi Stratenskou, Vojenskou a Sintrovou jaskyňou. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 2. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 16. – 19. 11. 1999. SSJ, Liptovský Mikuláš, 95–98.
Novotný, L., Tulis, J., 2000. Speleologická činnosť členov SSS v Slovenskom raji. In Z. Hochmuth (Ed.): 50 rokov Slovenskej speleologickej spoločnosti. Zborník referátov z historicko-odborného seminára, Liptovský Ján 1999. SSS, Prešov, 123–128.
Novotný, L., Tulis, J., 2002. Nové poznatky o kvapľových častiach Dobšinskej ľadovej jaskyne. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie, Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001. SSJ, Liptovský Mikuláš, 36–49.
Pruner, P., Bosák, P., Kadlec, J., Man, O., Tulis, J., Novotný, L., 2002. Magnetostratigrafie sedimentární výplně IV. jeskynní úrovně ve Stratenské jeskyni. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie, Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001. SSJ, Liptovský Mikuláš, 50–57.
Novotný, L., Tulis, J., 2002. Skalné okno – predpaleogénny kras v Slovenskom raji. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie, Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001. SSJ, Liptovský Mikuláš,75–79.
Novotný, L., 2002. Fosílne závrty v severogemerickom perme. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 3. vedeckej konferencie, Stará Lesná 14. – 16. 11. 2001. SSJ, Liptovský Mikuláš, 80–83.
Tulis, J., Novotný, L., 2004. Medvedia jaskyňa v Slovenskom raji. In Bella, P. (Ed.): Výskum využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov zo 4. vedeckej konferencie, Tále 5. – 8. 10. 2003. SSJ, Liptovský Mikuláš, 48–56.
Tulis, J., 2006. Najvýznamnejšie tvary skalného georeliéfu IV. vývojovej úrovne Stratenskej jaskyne vytvorené činnosťou vody. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 5. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 26. – 29. 9. 2005. SSJ, Liptovský Mikuláš, 80–86.
Tulis, J., 2006. Štyridsaťpäťročná činnosť speleologického klubu Slovenský raj. In Bella, P. (Ed.): Výskum, využívanie a ochrana jaskýň. Zborník referátov z 5. vedeckej konferencie, Demänovská Dolina 26. – 29. 9. 2005. SSJ, Liptovský Mikuláš, 248–252.
Tulis, J., Novotný, L., 2007. Dobšinská ľadová jaskyňa ice cave – 136 years from its discovery. In Zelinka, J. (Ed.): Proceedings, 2nd International Workshop on Ice Caves, Demänovská Dolina May 8–12, 2006. SSJ, Liptovský Mikuláš, 8–14.
Tulis, J., Novotný, L., 2007. Súhrn poznatkov z výskumov národnej prírodnej rezervácie Dreveník. Aragonit, 12, 133–134.
Demko, R., Novotný, L., 2017. Bazalty v karbonátových horninách z doliny potoka Lesnica, Slovenský raj. In Šimon, L., Kováčová, M., Ozdinová, S., Michalík, J., Pivko, D., Goliáš, V., Bokr, P., Tomanová Petrová, P., Gilíková, H. (Eds.): Zborník abstraktov a exkurzný sprievodca Otvoreného geologického kongresu Vysoké Tatry 2017 (14. – 17. 6. 2017). Slovenská geologická spoločnosť, Bratislava, 19.

Tulis, J., Novotný, L., 2017. Spôsob vzniku a závislosť riečnych koridorov IV. vývojovej úrovne Dobšinsko-stratenského jaskynného systému od geologicko-tektonickej stavby. Aragonit, 22, 2, 71.
Bella, P., Tulis, J., 2022. Parageneticky vývoj hlavnej úrovne Stratenskej jaskyne. Aragonit, 27, 1, 39–40.

Odborné a prehľadové články v časopisoch a zborníkoch

Gríger, J., Novotný, L., 1966. Zlatá diera – neobjavené tajomstvo. Krásy Slovenska, 43, 10, 388–389.
Novotný, L., 1968. Niektoré poznatky o vývoji podzemných tokov vo východnej časti Stratenskej hornatiny. Vlastivedný zborník Spiš 2, Spišská Nová Ves, 307–310.
Tulis, J., 1970. Z činnosti speleologického klubu pri ZV ROH Československého uránového priemyslu, geologický prieskum, závod IX. v Spišskej Novej Vsi. Slovenský kras, 8, 142–146.
Tulis, J., 1970. Z činnosti oblastnej skupiny č. 2 – Spišská Nová Ves. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 1, 3–4, 27–28.
Novotný, L., Tulis, J., 1971. Tomášovská jaskyňa v Stratenskej hornatine. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 2, 4, 16–17.
Novotný, L., 1972. Jaskyňa pod Zelenou horou. Slovenský kras, 10, 139–140.
Tulis, J., 1972. Z činnosti oblastnej skupiny SSS č. 2 v Spišskej Novej Vsi. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 3, 3, 25–27.
Novotný, L., 1974. Jaskyniari po stopách SNP. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 5, 2, 21.
Novotný, L., 1974. Stratenská jaskyňa. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 5, 2, 22.
Novotný, L., Tulis, J., 1974. Predbežné výsledky prieskumu a výskumu Stratenskej jaskyne. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 5, 3, 9–17.
Tulis, J., 1974. Desať rokov činnosti oblastnej skupiny v Spišskej Novej Vsi. Spravodaj Slovenskej speleologickej společnosti, 5, 3, 18–21.
Tulis, J., 1974. Stratenská jaskyňa najväčšia jaskyňa v Slovenskom raji. Krásy Slovenska, 51, 6, 270–271.
Tulis, J., 1974. Stratenská jaskyňa – najväčší objav za posledných 20 rokov. Krásy Slovenska, 51, 12, 532–535.
Tulis, J., 1975. Stratenská jaskyňa – tretia najväčšia jaskyňa na Slovensku. Krásy Slovenska, 52, 7, 302–305.
Tulis, J., 1976. Ďalšie objavy v Stratenskej jaskyni. Krásy Slovenska, 53, 10, 436–441.
Novotný, L., 1977. Spomienky. Krásy Slovenska, 54, 12, 546–549.
Tulis, J., 1979. Problémy meračskej dokumentácie v podmienkach najväčšej jaskyne na Slovensku. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 10, 2, 104–108.
Kucharič, Ľ., Novotný, L., Steiner, A., Tulis, J., 1979. Geologicko-geofyzikálny prieskum medzi Stratenskou jaskyňou a Dobšinskou ľadovou jaskyňou. Geologický průzkum, 21, 1, 6–9.
Novotný, L., Tulis, J., 1980. Krasové javy v okolí Dubnice v Slovenskom raji. Slovenský kras, 18, 167–172.
Novotný, L., Tulis, J., 1980. Tomášovská jaskyňa. Slovenský kras, 18, 157–166.
Tulis, J., 1980. Kaskádová jaskyňa. Slovenský kras, 18, 173–176.
Tulis, J., 1981. Siene z vody a vápenca. Krásy Slovenska, 58, 7, 30–33.
Tulis, J., 1982. Desaťročné jubileum. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 13, 4, 38–41.
Tulis, J., 1983. 10 rokov Stratenskej jaskyne. Krásy Slovenska, 60, 3, 32–33.
Novotný, L., 1984. Geologické a geomorfologické črty pracovného územia oblastnej skupiny Spišská Nová Ves. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 15, 1, 6–15.
Tulis, J., 1984. Dvadsať rokov činnosti oblastnej skupiny Spišská Nová Ves. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 15, 1, 16–24.
Tulis, J., 1984. Metodika prieskumu a výskumu Stratenskej jaskyne. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 15, 1, 31–33.

Novotný, L., 1984. Prieskum – problémy a perspektívy. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 15, 1, 52–54.
Tulis, J., 1984. Dvadsaťročné jubileum. Krásy Slovenska, 61, 10, 44–45.
Tulis, J., 1986. Výskum Stratenskej jaskyne. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 17, 1–2, 12–16.
Tulis, J., 1988. Stratenská jaskyňa. Chránené územia Slovenska, 11, 36–38.
Novotný, L., 1989. Čo nového v Duči. Spravodajca Slovenskej speleologickej spoločnosti, 20, 2, 5–7.
Novotný, L., Tulis, J., 1990. Prehľad speleologickej preskúmanosti pracovného územia oblastnej skupiny Slovenskej speleologickej spoločnosti Spišská Nová Ves. Slovenský kras, 28, 215–236.
Novotný, L., 1993. Pred dvadsiatimi rokmi. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 24, 1, 29.
Tulis, J., 1994. Tridsiate výročie speleologického klubu Slovenský raj. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 25, 2, 29–32.
Tulis, J., 1996. Najnovšie poznatky o ľadovej výplni v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 27, 4, 11–15.
Novotný, L., 1997. Nominačný projekt „Rokliny Slovenského raja a Dobšinská ľadová jaskyňa“. Slovenský kras, 35, 175–176.
Tulis, J., 1997. Pohyb ľadu v Dobšinskej ľadovej jaskyni. Aragonit, 2, 6–7.
Tulis, J., 1998. Uplynulo 25 rokov od objavenia Stratenskej jaskyne. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 29, 1, 61–63.
Tulis, J., 1999. Zlato v jaskynných sedimentoch. Mineralia slovaca, 31, 3–4, 327–328.
Lalkovič, M., Novotný, L., Košík, M., 1999. Málo známe údaje z jaskýň Slovenského raja. Slovenský kras, 37, 149–158.
Novotný, L., Tulis, J., 2000. Farbiace skúšky v oblasti Pustého poľa. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 31, 1, 71–72.
Novotný, L., Tulis, J., 2000. Speleologické perspektívy prielomu Hornádu v Slovenskom raji. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 31, 1, 72.
Tulis, J., 2001. Ryžovalo sa zlato v jaskyni Zlatá diera? Slovenský kras, 39, 121–127.
Tulis, J., 2001. Netopiere v Stratenskej jaskyni. Slovenskej speleologickej spoločnosti, 32, 1, 44.
Tulis, J., 2001. Ryžovalo sa zlato v jaskyni Zlatá diera? Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 32, 4, 33–34.
Tulis, J., 2001. Výskum Dobšinskej ľadovej jaskyne. Aragonit, 6, 4.
Novotný, L., Tulis, J., 2002. Nálezy bauxitu v Slovenskom raji. Mineralia Slovaca, 34, 2, 145–146.
Tulis, J., Novotný, L., 2002. Stopovacie skúšky na krasovej planine Geravy v Slovenskom raji. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 33, 1, 44–45.
Tulis, J., 2003. 30 rokov Stratenskej jaskyne. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 34, 1, 52–54.
Tulis, J., 2005. 40 rokov činnosti Speleologického klubu Slovenský raj. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 36, 1, 69–71.
Novotný, J., Tulis, J. 2005. Nové speleologické objekty v Slovenskom raji. Mineralia Slovaca, 37, 1, 91–92.
Tulis, J., 2017. Dobšinsko-stratenský cave system. Bulletin of the Slovak Speleological Society, Issued for the purpose of the 17th Congress of the IUS, Sydney 2017, 39–48.
Tulis, J., Haviarová, D., 2008. Stopovacia skúška v Stratenskej jaskyni. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 39, 4, 36–38.
Tulis, J., 2015. Aktuálny stav prieskumu Dobšinsko-stratenského jaskynného systému. Aragonit, 20, 1, 53–54.
Tulis, J., 2019. Ladislav Novotný (1937 – 2015). Slovenský kras, 57, 1, 120–125.
Tulis, J., 2019. Spomienka na Ladislava Novotného. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 50, 2, 54–58.

Bella, P., Tulis, J., 2020. Unikátny ľadovec v podzemí Slovenského raja. Krásy Slovenska, 97, 7–8, 64–65.
Bella, P., Tulis, J., 2020. Jedinečný podzemný ľadovec. Quark, 26, 6, 48–49.

Nepublikované výstupy

Tulis, J., Novotný, L., Greisel, M., 1976. Dohovorené značky pre speleologické plány podzemných krasových javov. Múzeum slovenského krasu, Liptovský Mikuláš, 35 s.
Kucharič, Ľ., Novotný, L., Steiner, A., Tulis, J., 1977. Záverečná správa, Geologicko-geofyzikálny prieskum na hornej nádrži PVE Čierny Váh. Uránový prieskum, Spišská Nová Ves, 37 s., 14 príl.
Kucharič, Ľ., Novotný, L., Steiner, A., Tulis, J., 1978. Záverečná správa 2, Geologicko-geofyzikálny prieskum na hornej nádrži PVE Čierny Váh. Uránový prieskum, Spišská Nová Ves, 36 s., 17 príl.
Novotný, L., 1978. Správa o geologickom a geomorfologickom inventarizačnom prieskume ŠPR Mokrá. SSS, oblastná skupina Spišská Nová Ves (archív SMOPaJ Liptovský Mikuláš), 47 s.
Kucharič, Ľ., Novotný, L., Steiner, A., Tulis, J., 1979. Záverečná správa 3, Geologicko-geofyzikálny prieskum na hornej nádrži PVE Čierny Váh. Uránový prieskum, Spišská Nová Ves, 28 s., 11 príl.
Novotný, L., 1979. Správa o geologickom a geomorfologickom inventarizačnom prieskume ŠPR Vernárska tiesňava. SSS, oblastná skupina Spišská Nová Ves (archív SMOPaJ Liptovský Mikuláš), 66 s.
Tulis, J., Novotný, L., 1988. Inventarizačný speleologický výskum ŠPR Kyseľ, Slovenský raj. Záverečná správa. Správa NP Slovenský raj, Spišská Nová Ves, 31 s., 11 príl.
Tulis, J., Novotný, L., Miháľ, F., 1990. Inventarizačný geologický, geomorfologický a speleologický výskum ŠPR Sokol v národnom parku Slovenský raj. Záverečná správa. Správa NP Slovenský raj, Spišská Nová Ves, 96 + 25 s., 15 príl.
Tulis, J., Novotný, L., Miháľ, F., 1992. Inventarizačný geologický, geomorfologický a speleologický výskum ŠPR Stratená v národnom parku Slovenský raj. Záverečná správa. Správa NP Slovenský raj, Spišská Nová Ves, 68 + 58 + 17 s., 39 príl.
Novotný, L., Tulis, J., 1999. Dobšinská ľadová jaskyňa (sprístupnená časť). Geologicko-tektonická mapa, M = 1 : 250. Archív, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš.
Tulis, J., Novotný, L., Bella, P., 1999. Dobšiná Ice Cave – nomination for inscription on the World Heritage List. Manuscript, ECS Slovakia Ltd., Spišská Nová Ves – Slovak Caves Administration, Liptovský Mikuláš – Ministry of the Environment of the Slovak Republic, 41 s.
Novotný, L., Tulis, J., 2001. Inventarizačný geologický, geomorfologický a speleologický výskum NPR Piecky. Záverečná správa. Správa NP Slovenský raj, Spišská Nová Ves, 41 + 31 + 16 s., 16 príl.
Novotný, L., Tulis, J., 2002. Inventarizačný geologický, geomorfologický a speleologický výskum NPR Zejmarská roklina. Záverečná správa. Správa NP Slovenský raj, Spišská Nová Ves, 34 + 25 s., 5 príl.
Novotný, L., Tulis, J., 2002. Zostavenie geologickej mapy v M 1 : 5 000 Kopanecké lúky – Javorina v národnom parku Slovenský raj. Záverečná správa. Správa NP Slovenský raj, Spišská Nová Ves, 20 + 36 s., prílohy.

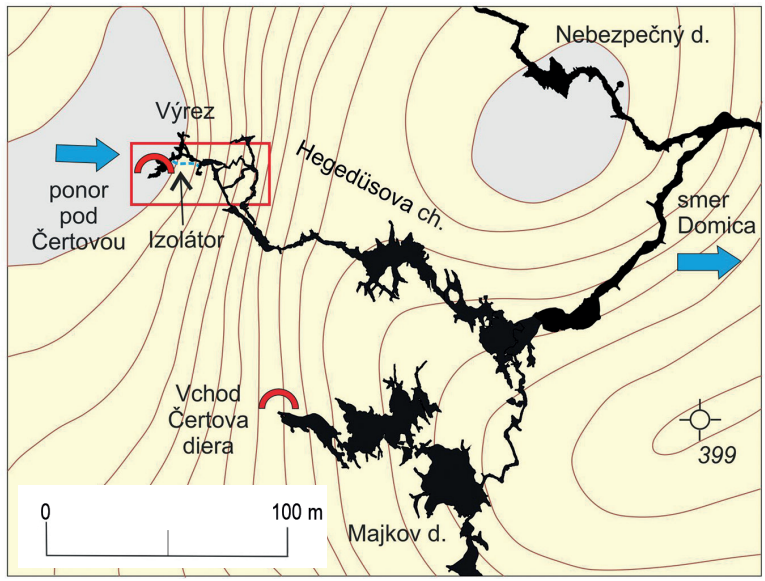
SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	62/1 – 2	92 – 95	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2024

PRÍSPEVOK K PROLONGÁCII SYSTÉMU DOMICA-BARADLA V ROKOCH 2024 – 2026

ZDENKO HOCHMUTH

Speleoklub Univerzity P. J. Šafárika, M. Nešpora 17 080 01 Prešov; zdenko.hochmuth@upjs.sk

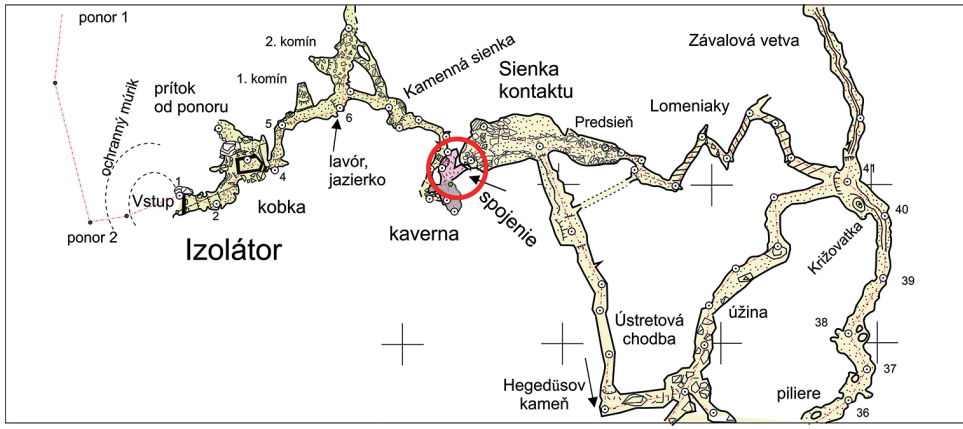
V systéme Domica-Čertova diera (obr. 1) ponory Styxu a jeho prítokov predstavovali možnosť korelácie s povrchovými formami (slepé doliny, závrty) ponory, avšak o ich prieskum nebol prílišný záujem. Asi preto, že nesľubovali priamo „objav“, hoci tu Droppa (1971) a neskôr Bella (2001) predpokladali existenciu voľných priestorov rádovo v stovkách metrov. V rokoch 2024 – 2026 sa podarilo dosiahnuť priestory Domice-Čertovej diery ktoré je prvým prienikom do tejto jaskyne od ponoru. Príspevok si kladie za cieľ informovať o pomeroch v depresnej časti systému.



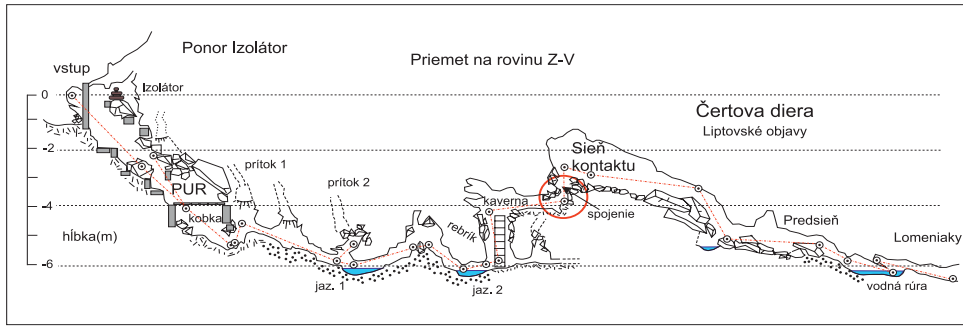
Obr. 1. Situačná mapa Čertovej diery a ponoru Izolátor.

PRIESKUMY A OBJAV

Prvé pokusy o prienik cez ponor prebehli zrejme v r. 2006, ale až po vydaní publikácie Domica – jaskyňa ktorá nás spája (Gaál a Gruber, Ed. 2014, s. 166) uvádzajú od Lešinského a Hetešiho (ústna informácia), že v roku 2006 v ponore objavili (vykopali) „Novú Domicu“ dlhú 100 m. Údaj ale bezprostredne nikde nepublikovali. V rámci prieskumu systému pracovníkmi Ústavu geografie sme v roku 2016 navštívili aj „Ponor pod Čertovou dierou“ kde



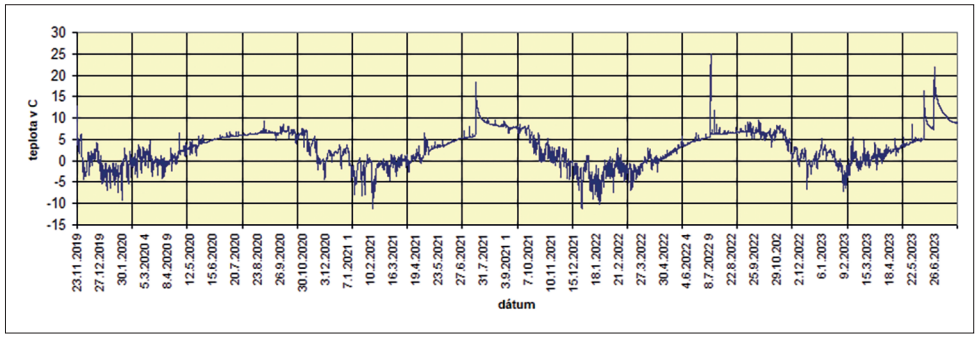
Obr. 2. Pôdorys ponoru Izolátor a priľahlej časti Čertovej diery.



Obr. 3. Bokorys ponoru Izolátor a priľahlej časti Čertovej diery.

sme v stave bez vodného toku konštatovali vývver chladného vzduchu zo sutiny. Následne sme v oblasti „Dobrej chodby“ (Hochmuth, 2014) identifikovali miesto pravdepodobného prítoku a na tomto mieste aj zriadili merný profil s automatickým zapisovačom MARS. Uskutočnili sme pokus „hydraulickým pulzom“ (Hochmuth a Gessert, 2016) a dokázali sme spojenie ponoru s prítokom Styxu v jaskyni. Následne sme ako členovia Spelekolubu UPJŠ začali s čistením od naplavením, v ktorých sme našli o. i. aj elektrický izolátor splavený z povrchu, podľa ktorého sme nazvali pracovisko. Konštatovali sme, že postupujeme po stopách našich predchodcov, ktorí sa sem dostali približne 30 m v nebezpečnej, závalmi ohrozenej nízkej chodbe. Intenzívnejšie sa na lokalite pracovalo v roku 2018. Prestávka bola počas ochorenia COVID-19 a veľkej povodni v roku 2021. Impulzom pre ďalší prieskum bol postup v jaskyni zo strany profilu v Dobrej chodbe, kde J. Šupinský 16. 4. 1922 objavil rozsiahle pokračovanie smerom k ponoru so známkami dávnej návštevy Š. Hegedüsa v roku 1938. Členovia Moldavského jaskyniarskeho klubu Adonis TEN publikovali o tom príspevok aj s mapou (Danko a Šupinský, 2022). Nasledujúce práce, spočívajúce najmä v zabezpečení závalových častí betónovaním viedli k tomu, že už 11. 10. 2022 sme sa dostali do akustického kontaktu s liptovskými jaskyniarmi (P. Holúbek, T. Kačmarčík, Z. Jurík a M. Regeš) v priestore Hegedüsovej chodby. Daždivé zimné a jarné obdobie prerušilo práce, takže speleologické spojenie sa dosiahlo až 10. 8. 2024 (obr. 2, 3).

Výsledky našej práce zo speleologického hľadiska sme publikovali v Spravodaji SSS č. 3 z roku 2024. V predkladanom príspevku sa sústredíme na geologické, geomorfologické, klimatologické a hydrologické pozorovania.



Obr. 4. Graf teplôt v ponore Izolátor za obdobie 11/2019 – 6/2023.

LITOLOGICKÉ A TEKTONICKÉ POMERY

Priestory západného okraja krasového územia nad priestormi Čertovej diery sú vytvorené v svetlých tzv. „wettersteinských" vápencoch veku ladin – kordevol, ako súčasť Kečovskej antiklinály. Sú charakteristické červenkastými žilkami (Mello, J., 2004) Sú masívne, vrstevnatosť nezreteľná. Avšak na povrchu sa nejedná o úplne kompaktný masív, skôr ide o rôzne veľké bloky a balvany. Najmä západný okraj územia je poznačený zosuvovými procesmi či blokovými pohybmi, čo je badateľné na detailnom 3D pohľade na reliéf, získanom napr. laserovým skenovaním (Šupinský et al., 2019). Takýto charakter majú aj priestory ponoru Izolátor.

MORFOLÓGIA JASKYNNÝCH PRIESTOROV

Vchod sa nachádza pod odkryvom v kompaktnom bloku, zľava vzpriečenom iným menším blokom (polyg. bod 1). Od vchodu dnes osadenom dvierkami klesá chodba po odstránených balvanoch až na hlinité dno, boky vyztužené betónovými stenami (tzv. Kobka). Strop nie je zreteľný, ide o skalnú sutinu zrejme korešpondujúcu s povrchom, v labilnom stave. Až po dosiahnutí najnižšieho bodu sa na pravej (južnej) strane objavuje zahĺbenie v kompaktnom vápenci a v ďalšom priebehu aj pendanty a stranové zárezy (obr. 5). Zaujímavý je výskyt voľných blokov, zo všetkých strán poznačených korózno-eróznymi jamkami, uložených v hlinitej matrici. Dno sa nepodarilo dosiahnuť. Prierez týchto chodieb, umelo zbavený blatistých hlín, nepresahuje 0,8 × 1 m. V období zvýšených zrážok a povrchového odtoku sa tu tvoria jazerá a prebieha aj voľný tok. Odbočka smerom na sever sa ukázala neproduktívna, je založená vyťaženými blokmi, avšak tadeto prúdi pri povodniach voda zo severnejšie ležiaceho ponoru č. 1.



Obr. 5. Riečna chodba Lomeniaky v blízkosti ponoru Izolátor.
Foto: Z. Jurík

Pokračovanie v chodbe s už výrazným zarovnaným stropom klesá na najnižšie miesto ponoru, stáča sa tu na juh a pokračuje horizontálne neprieleznými časťami, korešpondujúcimi zrejme s časťou „Lomeniaky". Tu sme našli posledné stopy činnosti našich predchodcov. Nakoľko sme ale počuli jaskyniarov

z druhej strany akoby zhora, vyliezli sme do komínika (dnes je tu rebrík) a tu sa dosiahlo spojenie v „Sienke kontaktu“. Ďalšiu nepríjemnú časť spojovacej chodby, viackrát zalomené freatické „lomeniaky“ sme následne obišli prekopom vedúcim k ku kameňu s podpisom Š. Hegedüsa.

KLIMATICKÉ POMERY

Jedným z primárnych dôvodov záujmu o lokalitu bol studený vzduch, ktorý vychádzal z polozasuteného otvoru približne 2 m nad dnom depresie ponoru. Až keď sme sa pri vyčisťovacích prácach v roku 2019 dostali hlbšie, inštalovali sme tu logger Comet. V zimnom období sa striedajú nízke teploty, často záporné, súvisiace s „natekaním, nasávaním“ studeného vzduchu. Sú to ale krátke rady a hneď po dosiahnutí minima sa vzduch rýchlo ohrieva. Podobné javy sme sledovali napr. v Silickej ľadnici alebo Líščej diere. V letnom období vanie prievan von, teplota je nízka, nižšia ako v priestoroch Domice. Začiatkom apríla dosahuje priemerne 3° C a postupne sa ohrieva na 7 – 8° C, to býva až na konci leta, v polovici septembra. Prudké zvýšenia teploty prebiehajú počas zrážkových a hydrologických „eventov“ keď do ponoru prúdi relatívne teplá voda (obr. 4).

Naše pozorovania môžu byť interpretované aj na iné prípady tzv. „ľadových dier“, napr. v Jánskej doline a inde. Z toho dôvodu sme inštalovali v blízkych priestoroch Čertovej diery ďalšie logery, ktoré po získaní dostatočne dlhých radov bude možné vyhodnotiť a zistiť ako prebieha otepľovanie či ochladzovanie týchto priestorov v súvise s kontaktom s vonkajšou atmosférou a celkovou cirkuláciou v jaskyni.

LITERATÚRA

Bella, P., 2001. Geomorfologické pomery okolia jaskyne Domica. Aragonit 6, 5–11.

Danko, S., Šupinský, J., 2022. New Discoveries in Domica – Čertova diera, Slovak Karst National Park. Bulletin od the Slovak Speleological Society issued for the purpose of the 18th International Congress of Speleology – UIS, Savoie 2022, 49–51.

Droppa, A., 1970. Príspevok k vývoju jaskyne Domica. Československý kras, 22, 65–72.

Gaál, J., Gruber, P., Ed., 2014. Jaskynný systém Domica Baradla. Jaskyňa ktorá nás spája. Aggteleki Nemzeti park, Aggtelek, 512.

Géczy, J., Kucharič, Ľ., 1997. Geofyzikálny prieskum ponornej oblasti jaskyne Domica Aragonit 2, 8–10.

Hochmuth, Z., 2014. Mapovanie prepojenia Čertovej diery a Domice Spravodaj SSS, 45, 3, 1–23.

Hochmuth, Z., Gessert, A., 2016. Povodne v Domici a hydraulický pulz. Spravodaj SSS 47, 3, 30–32.

Hochmuth, Z., 2015. Prieskum a mapovanie chodieb „Za Nebezpečným dómom“ v systéme Domice. Spravodaj SSS. 46, 4, 10–13.

Hochmuth, Z., 2024. Cez ponor do Čertovej diery. Spravodaj SSS 55, 3, 7–15.

Mello, J., 2004. Geologické prostredie jaskyne Domica a jej okolia. Aragonit 9, 3–8.

Šupinský, J., Hochmuth, Z., Kaňuk, J., Sedlák, V., Šašak, J., 2019. Spracovanie a zdieľanie dát z pozemného laserového skenovania komplexného jaskynného systému na príklade jaskyne Domica. Slovenský kras, 57, 2, 165–176.

Slovenský kras, ročník 62, číslo 1 – 2
Acta Carsologica Slovaca

Rok vydania:	august 2026
Vydanie:	prvé
Evidenčné číslo:	EV 3878/09
Vydavateľ:	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš
Sídlo vydavateľa a adresa redakcie:	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, Školská 121/4, 031 01 Liptovský Mikuláš, IČO: 361 45 114
Jazyková korektúra:	Mgr. Bohuslav Kortman; PhDr. Miroslav Kudla, PhD., Mgr. Miroslava Košťan Nekorancová
Anglické preklady:	autori príspevkov
Grafika:	Ing. Jiří Goralski
Tlač:	
Náklad:	200 ks
Obálka:	Horný vchod do jaskyne Hrča v zimnom období. Foto: P. Holúbek

ISSN 0560-3137

JAZERNÁ V KORENCI

(KLESAJÚCA DIERA)

K. Ú. DEMÄNOVSKÁ DOLINA

DĹŽKA: 659 m

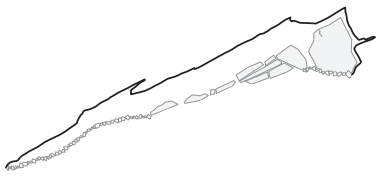
DENIVELÁCIA: 27 m

NADM. VÝŠKA: 914 – 940 m

OBJAVILI: P. HERICH, P. HOLÚBEK, L. DUŠEKOVÁ, M. STAROŇ, D. SZABO, MICH. STAROŇ, M. CIBUĽA, J. JALOVÝ, P. KUMIČÍK, M. MACKO, Z. CHRAPČIAK, Á. HORTOBÁGYI, M. JAŠEK, Z. JURÍK, V. KLÁSKOVÁ, I. KRÁL, P. SLIAČAN, T. KAČMARČÍK, M. ORAVEC, ANONYMUS ? – 2025

ZAMERALI: P. HERICH, P. HOLÚBEK, M. ORAVEC, I. BALCIAR 2023 – 2025

KRESLIL: P. HERICH 2025



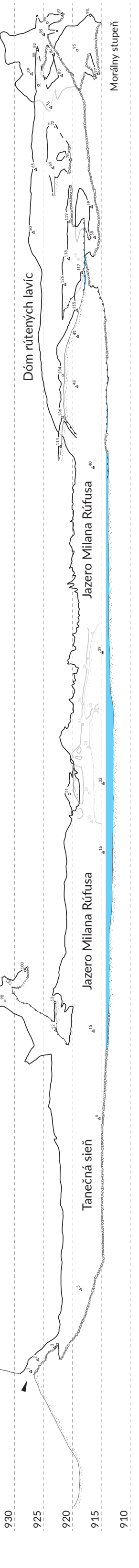
N

KOMP. MIERKA 1 : 450 UISv2 6-4-BCEF

0 5 10 15 20 25 m

- meračský bod
- polygónový ťah
- číslo meračského bodu
- vchod
- prepojenie máp
- stena
- stena nižšej úrovne
- predpokladaná stena
- stena tvorená suťou
- stena tvorená pieskom
- stena tvorená ílom
- nadmorská výška bodu na stene
- priečny rez
- možné pokračovanie
- neprielezné zníženie
- stupeň
- previs
- zmena výšky stropu
- komín
- sklon chodby
- hĺbka priepasti
- obrys kameňa
- hrany kameňa
- ohraničenie
- vodná plocha
- piesok
- íl
- štrk
- sintrové náteky
- náteky mäkkého sintra
- skalné bloky
- pevná skala
- vodný tok
- stalagmit
- stalagnát
- sintrové jazierko
- obrys brala
- občasná vodná plocha
- sintrové náteky stien





ISSN 0560-3137