

SLOVENSKÝ KRAS

ACTA CARSOLOGICA SLOVACA

ROČNÍK 57
ČÍSLO 2



100 ROKOV
ŠTÁTNEJ OCHRANY PRÍRODY
NA SLOVENSKU
1919 - 2019



2019

Liptovský Mikuláš

SLOVENSKÝ KRAS **ACTA CARSOLOGICA SLOVACA**

Vedecký karsologický a speleologický časopis

Časopis vychádza dvakrát ročne

Evidenčné číslo: EV 3878/09

ISSN 0560-3137



Environmentálny fond

Tento projekt bol finančne podporený Environmentálnym fondom MŽP SR

Editor / Editor

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

Výkonný redaktor / Executive Editor

Ing. Peter Holúbek

Redakčná rada / Editorial Board

Predseda / Chairman

doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc.

Členovia / Members

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

Recenzenti / Reviewers

RNDr. Miloš Briestenský, PhD., doc. Ing. Juraj Gašinec, PhD., Dr. hab. Michał Gradziński, doc. RNDr. Zdenko Hochmuth, CSc., RNDr. Vladimír Košel, CSc., prof. RNDr. Ľubomír Kováč, CSc., RNDr. Alexander Lačný, PhD., Mgr. Filip Tulis, PhD.

OBSAH – CONTENTS

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

Pavel Bella, Pavel Bosák, Juraj Littva:

Hypogénny pôvod jaskyne Pec (Plavecký kras, Malé Karpaty): tektonická predispozícia a morfológické znaky

Hypogene origin of the Pec Cave (Plavecký Karst, Malé Karpaty Mountains, western Slovakia): tectonic control and morphological features 133

Alexander Lačný, Lukáš Kubičina, Tamás Csibri:

Morfologická analýza závrťov Čachtickej planiny

Morphometric analysis of sinkholes on the Čachtická Plain 147

Jozef Šupinský, Zdenko Hochmuth, Ján Kaňuk, Vladimír Sedlák, Ján Šašák:

Spracovanie a zdieľanie dát z pozemného laserového skenovania komplexného jaskynného systému na príklade jaskyne Domica

Processing and sharing of terrestrial laser scanning data of complex cave system on example of the Domica Cave 165

Miroslav Kudla, Peter Holúbek, Ján Obuch, Juraj Littva:

Základná speleologická a zoologická charakteristika jaskýň v oblasti brál Malducha v Komorníckej doline, Nízke Tatry

Basic spelological and zoological characteristics of caves in the area of Mladucha cliff in Komornická Valley, Low Tatras 177

Jozef Psotka, Vladimír Papáč, Peter Imrich:

Výsledky speleologického prieskumu a mapovania jaskyne Stratený potok

Results of speleological exploration and survey of the Stratený potok Cave 199

Michal Rendoš, Martina Červená, Beáta Hal'ková, Patrícia Jakšová, Nikola Jureková, Ján Rudy, Tomáš Jászay, Natália Raschmanová, Andrej Mock, Peter Luptáčík, Lubomír Kováč:

Zalesnené sutinové svahy – pozoruhodný podzemný biotop Západných Karpát

Forested scree slopes – a noteworthy subterranean habitat of the Western Carpathians 231

Ján Lakota:

Nález behúnika *Duvaliopsis pilosella stobieckii* Csiki 1907, (Coleoptera, Carabidae) v priepasti v Sivom vrchu (Západné Tatry)

*A discovery of a ground beetle *Duvaliopsis pilosella stobieckii* Csiki, 1907, (Coleoptera, Carabidae) in the pit Priepasť v Sivom vrchu Mt. (Western Tatra Mountains)* 249

SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE

Peter Holúbek:

Pozdrav k sedemdesiatke Jozefa Hlaváča 253

RECENZIE – REVIEWS

Miloš Melega:

Vlastimil Růžička: A review of the spider genus *Porrhomma* (Araneae, Linyphiidae) 255

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	133 – 146	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

ŠTÚDIE A VEDECKÉ SPRÁVY – SCIENTIFIC PAPERS

HYPOGÉNNY PÔVOD JASKYNE PEC (PLAVECKÝ KRAS, MALÉ KARPATY): TEKTONICKÁ PREDISPOZÍCIA A MORFOLOGICKÉ ZNAKY

PAVEL BELLA^{1,2} – PAVEL BOSÁK³ – JURAJ LITTVÁ¹

¹ Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko; pavel.bella@ssj.sk, juraj.littva@ssj.sk

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

³ Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6, Česká republika; bosak@gli.cas.cz

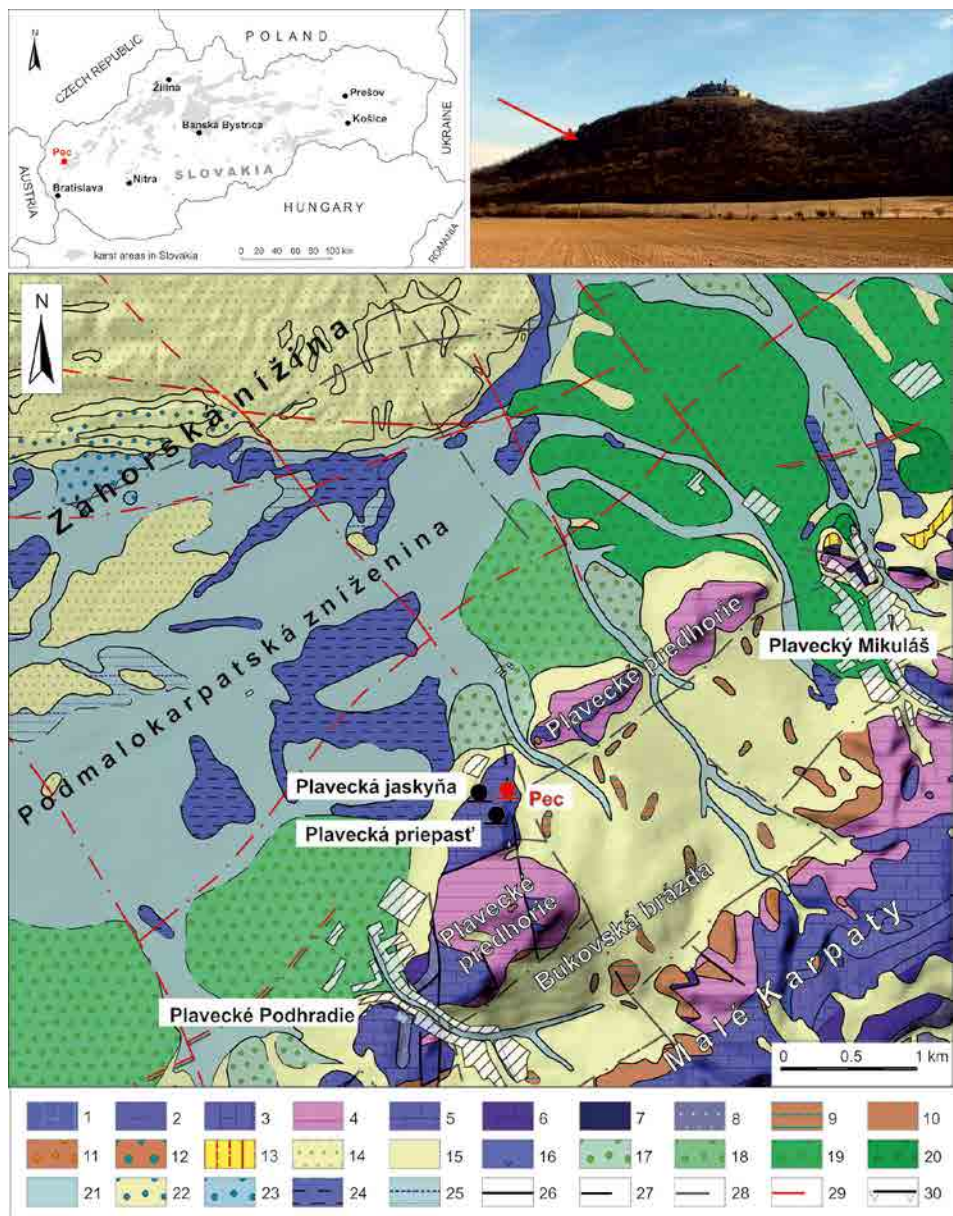
P. Bella, P. Bosák, J. Littva: Hypogene origin of the Pec Cave (Plavecký Karst, Malé Karpaty Mountains, western Slovakia): tectonic control and morphological features

Abstract: The hypogene origin of Plavecká jaskyňa Cave, Plavecká priepasť Shaft as well as the Pec Cave is indicated by morphological features. They are situated at the western fault edge of the Malé Karpaty Mountains near the village of Plavecké Podhradie. Active faults related to the horst-graben structure at the contact of Malé Karpaty Mountains and Záhorská nížina Lowland (the NE part of the Vienna Basin) controlled cave development. New characteristics of the specific morphology of the Pec Cave are presented in this research article. The cave consists of three subhorizontal passages and halls with cupolas, ceiling spherical holes, water table notches, flat corrosion bedrock floor surfaces (corrosion tables), wall niches as well as upward wall channels. These subhorizontal segments are interconnected by steep to vertical oval feeders. Allochthonous fluvial sediments are completely missing in all caves. Based on tectonic control, hydrogeological conditions and morphological features, the Pec Cave was originated by solution of carbonates of Triassic Wetterstein Formation (Hronic Unit) by probably slightly heated waters ascending along a marginal fault of the Malé Karpaty Mountains. Some morphologies (as cupolas above water table notches on the edges of corrosion tables, associated wall niches and upward wall channels, fissure discharge feeders) are identical with the morphology of sulfuric acid caves. The Pec Cave represents the highest-lying and oldest (probably Early Pleistocene or pre-Quaternary) known cave level segments in the Plavecký hradný vrch (Plavecký Castle Hill).

Key words: karst geomorphology, hypogene speleogenesis, feeder, water table notch, corrosion table, cupola, condensation corrosion, Western Carpathians

ÚVOD

Posledné výskumy poukazujú, že jaskyne v Plaveckom hradnom vrchu pri Plaveckom Podhradí (obr. 1) sú hypogénneho pôvodu. Vytvárali sa vodami vystupujúcimi pozdĺž okrajovej zlomovej zóny Malých Karpát, na rozhraní so Záhorskou nížinou, resp. severovýchodnou časťou Viedenskej panvy (Bella, 2010; Bella a Bosák, 2012; Bella a Gaál, 2017; Bella et al., 2018, 2019).



Obr. 1. Poloha jaskýň v Plaveckom hradnom vrchu a geologické pomery okolia (podľa Mahel'a a Cambela, 1972; Baňackého a Sabola, 1973; Poláka et al., 2011 a ďalších): **Trias**: 1 – raminské vápence (organodetritické alodapické vápence – stredný až vrchný trias), 2 – reiflínské vápence (hl'uznaté vápence s rohovcami – stredný až vrchný trias), 3 – steinalmské súvrstvie (biele vápence – stredný trias), 4 – wettersteinské dolomity (svetlé dolomity – vrchný trias), 5 – wettersteinské vápence (svetlé organodetritické vápence – vrchný trias), 6 – gutensteinské súvrstvie (tmavé karbonáty – stredný trias), 7 – šuňavské súvrstvie (pieskovce, bridlice a karbonáty – spodný trias), 8 – benkovské súvrstvie (červenasté pieskovce a bridlice – spodný trias). **Paleogén**: 9 – bukovské súvrstvie (ilovce a spodná časť pieskovcov – eocén), 10 – organogénne a organodetritické vápence súvrstvia Jelenej hory (eocén), 11 – karbonatické konglomeráty a pieskovce súvrstvia Jelenej hory

(eocén), 12 – bartalovská brekcia (karbonatické brekcie a konglomeráty). **Neogén:** 13 – skalické súvrstvie (konglomeráty, piesky a íly – miocén). **Kvartér:** 14 – eolické piesky, 15 – deluviálno-fluviálne sedimenty, 16 – rašelina; **Proluviálne sedimenty:** 17 – holocénno-pleistocénne kužele, 18 – vrchnopleistocénne kužele, 19 – mladšie strednopleistocénne kužele, 20 – staršie strednopleistocénne kužele; **Fluviálne sedimenty:** 21 – nerozčlenené sedimenty poriečnych nív, 22 – vrchnopleistocénne terasy s eolickým pokryvom, 23 – vrchnopleistocénne terasy, 24 – humusové hliny, 25 – povodňové hliny. **Tektonika:** 26 – zlomy, 27 – predpokladané zlomy, 28 – pokryté zlomy, 29 – predpokladané kvartérne zlomy, 30 – sekundárne príkrovové prešmyky

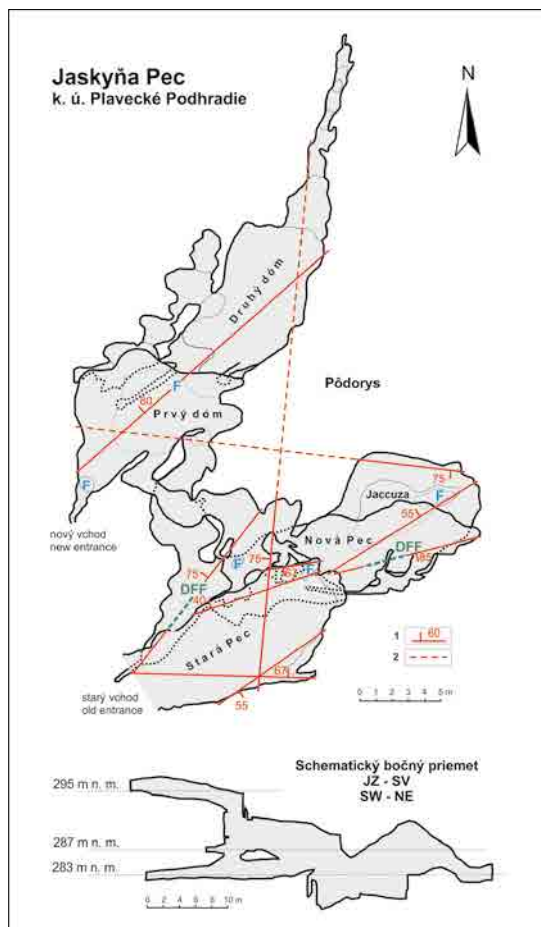
Fig. 1. Location of caves in the Plavecký hradný vrch (Plavecký Castle Hill) and geological setting of the surroundings (after Maheľ and Cambel, 1972; Baňacký and Sabol, 1973; Polák et al., 2011 and others). **Triassic:** 1 – Raming Limestone (organodetritic allodapic limestones – Middle to Upper Triassic), 2 – Reifling Limestone (nodular limestones with cherts – Middle to Upper Triassic), 3 – Steinalm Formation (white limestones – Middle Triassic), 4 – Wetterstein dolomite (pale dolomites – Upper Triassic), 5 – Wetterstein limestone (pale organodetritic limestones – Upper Triassic), 6 – Gutenstein Formation (dark carbonates – Middle Triassic), 7 – Šuňava Formation (sandstones, shales and carbonates – Lower Triassic), 8 – Benková Formation (reddish sandstones and shales – Lower Triassic). **Paleogene:** 9 – Buková Formation (claystones and lower amount of sandstones – Eocene), 10 – organogenic and organodetritic limestones of Jelenia hora Formation (Eocene), 11 – carbonatic conglomerates and sandstones of Jelenia hora Formation (Eocene), 12 – Bartalová Breccia (carbonatic breccias and conglomerates). **Neogene:** 13 – Skalica Formation (conglomerates, sands and clays – Miocene). **Quaternary:** 14 – aeolian sands, 15 – deluvial-fluvial sediments, 16 – peats; **Proluvial sediments:** 17 – Holocene-Pleistocene fans, 18 – Upper Pleistocene fans, 19 – younger Middle Pleistocene fans, 20 – older Middle Pleistocene fans; **Fluvial sediments:** 21 – undivided sediments of alluvial plains, 22 – Upper Pleistocene terraces with aeolian cover, 23 – Upper Pleistocene terraces, 24 – humic loams, 25 – flood loams. **Tectonics:** 26 – faults, 27 – supposed faults, 28 – covered faults, 29 – supposed Quaternary faults, 30 – secondary nappe thrusts

Jednou z týchto pozoruhodných jaskýň je jaskyňa Pec, ktorá pôvodne dosahovala dĺžku iba 13 m. Tamojšie archeologické nálezy potvrdili, že bola paleolitickým sídliskom Bárta, 1982). Mitter (1983) ju uvádza pod názvom Jaskyňa č. 3. Po objavoch v roku 2013 vzrástla dĺžka jaskyne Pec na 208 m a prevýšenie na 15 m (obr. 2). O objave nových častí jaskyne píše Velšmid (2013). Podáva aj ich základný opis spolu s mapou a priestorovým modelom. Detailnejšou morfológiou podzemných priestorov, ako problematikou genézy jaskyne, sa však nezaoberal.

V roku 2018 sme po dopĺňujúcom geologickom a geomorfologickom výskume Plaveckej jaskyne (Bella et al., 2018, 2019) predbežne preskúmali aj jaskyňu Pec. V tomto príspevku opisujeme jej morfológiu a tektoniku, ako aj podávame prvotné názory na jej vznik a vývoj.

POLOHA

Jaskyňa Pec (k. ú. Plavecké Podhradie) sa nachádza na západnom okraji Malých Karpát, v Plaveckom krase, v severnej časti Plaveckého hradného vrchu (431 m n. m.) pri okrajovom ostrom skalnom hrebeni stúpajúcom k Plaveckému hradu. Jej vchod leží v nadmorskej výške asi 295 m (Velšmid, 2013). Plavecký hradný vrch je súčasťou Plaveckého predhoria, ktoré od hlavného chrbta Malých Karpát, resp. Pezinských Karpát, oddeľuje Bukovská brázda. Pozdĺž úpätia Malých Karpát, vrátane Plaveckého hradného vrchu, tvorí okraj Záhorskej nížiny Podmalokarpatská zníženia.



Obr. 2. Mapa a schematický bočný priemet jaskyne Pec (podľa Velšmida, 2013; upravené): F – oválny prírodný kanál, DFF – prírodná štrbina, 1 – orientácia najvýznamnejších diskontinuit, 2 – predpokladané pokračovanie diskontinuit

Fig. 2. Map and schematic side projection of the Pec Cave (after Velšmid, 2013; modified): F – oval feeder, DFF – discharge fissure feeder, 1 – orientation of most significant discontinuities, 2 – supposed continuation of discontinuities

Západný okraj Malých Karpát, vrátane skúmanej časti Plaveckého krasu (Plavecký hradný vrch; obr. 1), leží na výraznom zlomovom rozhraní so Záhorskou nížinou, ktorá zaberá severovýchodnú časť Viedenskej panvy. Litavské zlomy (pozri Marko a Jureňa, 1999; Fordinál et al., 2012b a ďalší) vedúce týmto rozhraním sú súčasťou sústavy výrazných zlomov (*Vienna Basin Transform Fault*), ktorá vybieha od okraja rakúskych Východných Álp (Decker et al., 2005; Beidinger a Decker, 2011 a ďalší).

Jaskyňa Pec patrí k vyššie položeným jaskyniam Plaveckého hradného vrchu (obr. 1). Nachádza sa vo svahu nad Plaveckou jaskyňou, ktorej pôvodný úzky vchod leží vo výške 236 m n. m. Ústie vstupnej štólne vedúcej do Plaveckej jaskyne, pri úpätí Plaveckého hradného vrchu, je vo výške 221 m n. m. (Tencer, 1991; Hubek a Magdolen, 2008). Vertikálne prevýšenie Plaveckej jaskyne je 33 m (Šmída, 2010). Vchod do juhozápadne ležiacej Plaveckej priepasti, hlbokjej 70 m, je vo výške 270 m n. m. (Butaš, 2003). Vo svahu nad Plaveckou priepaťou sa nachádza Stenlyho jaskyňa, ktorej vchod leží vo výške 295 m n. m. Medzi Stenlyho jaskyňou a jaskyňou Pec sa vo výške 305 m n. m. nachádza jaskyňa PHV-5 (Šmída, 2010).

GEOLOGICKÁ STAVBA

Geologické pomery okolitého územia

Malé Karpaty patria medzi jadrové pohoria Centrálnych Západných Karpát. Ich tatrický kryštalicý fundament pokrýva autochtónny mladopaleozoicko-mezozoický sedimentárny obal, na ktorý sa nasunuli príkrovové jednotky fatrika a hronika. Miestami je pokrytý popríkrovovými sedimentmi (Mahel' a Cambel, 1972; Mahel', 1986, 1987; Plašienka et al., 1991; Polák et al., 2011, 2012 a ďalší). Malé Karpaty v podobe hráste JZ – SV smeru oddeľujú neogénnu Viedenskú a Dunajskú panvu.

Viedenská panva, vrátane Záhorskej nížiny, predstavuje subsidenčnú miocénnu panvu typu *pull-apart* (Royden, 1985; Fodor, 1995; Decker, 1996; Arzmüller et al., 2006 a ďalší) s plytkou tektonikou v severnej časti a hlbšími zlomami, resp. celokôrovou ex-tenziou v centrálnej a južnej časti panvy (Lankreijer et al., 1995; Kováč et al., 1997; Kováč, 2000). Neskoršou tektonickou aktivitou sa Viedenská panva rozčlenila na sústavu čiastkových depresí a elevácií (Lankreijer et al., 1995; Arzmüller et al., 2006; Fordinál et al., 2012b; Lee a Wagreeich, 2017 a ďalší). Panva je vyplnená najmä morskými, la-kustrickými a terestrickými sedimentmi (miocén – kvartér).

Mezozoické karbonáty, v ktorých sú vytvorené jaskyne v Plaveckom hradnom vrchu, budujú úzky, okrajovými zlomami vymedzený hrebeň Plaveckého predhoria SV – JZ smeru. Na viacerých miestach je rozčlenený priečnymi zlomami. Juhovýchodne, para-lelne s Plaveckým predhorím, prebieha Bukovská brázda vyplnená paleogénnymi plytko- až hlbekomorskými siliciklastickými horninami (Polák et al., 2011, 2012; Fordinál et al., 2012a, b). Bukovská brázda je tektonickou depresiou medzi hlavným chrbtom Malých Karpát a Plaveckým predhorím (Maglay et al., 1999 a ďalší).

Litológia a tektonika jaskyne

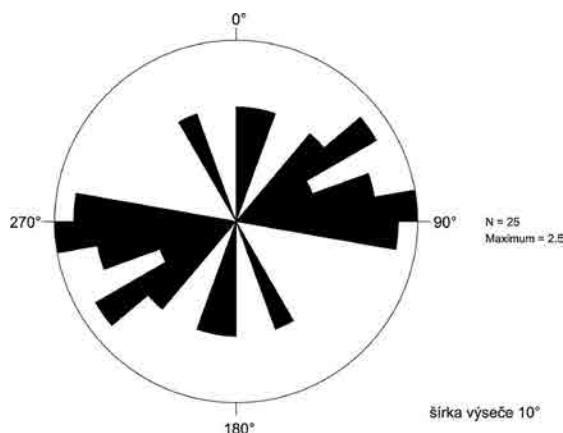
Jaskyňa Pec je vytvorená v triasových karbonátoch wettersteinského súvrstvia hro-nika (pozri Polák et al., 2011, 2012; Fordinál et al., 2012a, b; obr. 1). Tektonicky jej vznik predisponovali najmä poruchy smeru SV – JZ až VSV – ZJZ (obr. 3). V podruž-nom množstve v jaskyni vystupujú aj diskontinuity s generálnou orientáciou S – J. Tie sú zastúpené predovšetkým systémami tektonických puklín. Z porovnania lokalizácie a orientácie tektonických porúch a jaskynnej mapy je zjavné, že tento typ diskontinuit mal na speleogenézu len veľmi malý vplyv.

MORFOLÓGIA JASKYNE

Subhorizontálne segmenty a strmé prírodné kanály

Jaskyňa Pec pozostáva z troch subhorizontálnych segmentov (chodieb a siení, resp. dómov) navzájom prepojených strmými oválnymi prírodnými kanálmi (obr. 2), cez kto-ré bývalé vody vytvárajúce jaskyňu prúdili odspodu nahor (angl. *feeders*; pozri Klim-chouk, 2007 a ďalší). Tieto prírodné kanály sa vytvorili pozdĺž porúch v smere SV – JZ až VSV – ZJZ (obr. 3).

Najvyššie ležiaci segment vo výške okolo 295 m n. m. tvorí chodba pôvodnej jaskyne (Stará Pec), ktorá bola známa do objavu nižšie položených častí jaskyne v roku 2013 cez prírodný kanál medzi horným a stredným subhorizontálnym segmentom. Stredný seg-ment vo výške 286 až 288 m n. m. zaberá Novú Pec a Prvý dóm s prepojavacou chodbou. Do Prvého dómu možno z povrchu zostúpiť cez ďalší oválny, vertikálny prírodný kanál (nový otvor na povrch prekopaný z komína nad juhozápadným okrajom Prvého dómu v roku 2013). Prírodné kanály medzi stredným a spodným segmentom sa nachádzajú medzi Prvým a Druhým dómom a medzi Novou Pecou a chodbou spájajúcou Jacuzzu s Prvým dómom. Segmentu s najnižšou polohou vo výške okolo 283 m n. m. prislúcha sieň s Jacuzzou (pod Novou Pecou), chodba západne od Jacuzzu a Druhý dóm. Na spod-nom segmente ústi strmý prírodný kanál do Jacuzzu, pravdepodobne aj do Druhého dómu (zasypaný *feeder* v juhozápadnej časti dómu). Údaje o výškovej polohe subhori-zontálnych segmentov sú odčítané z mapy a priestorového modelu jaskyne od Velšmida (2013).



Obr. 3. Ružicový diagram s ekvalizovanou plochou znázorňujúci priebeh diskontinuit v jaskyni Pec, spracované v programe Stereo32 (Röller a Trepmann, 2003)

Fig. 3. Equal-area rose diagram showing the strike of the discontinuities in the Pec Cave, processed in Stereo32 program (Röller and Trepmann, 2003)

skalná podlahová plocha poukazuje, že vznikol dosť intenzívnou laterálnou koróziou v plytkom vodnom prostredí, t. j. pozdĺž hladiny podzemného jazera. Šikmá stropná plocha zárezu stúpa a postupne prechádza do stropnej kupolovitej časti siene (obr. 4). Skalná podlaha tejto vaňovitej vyhlbeniny mierne klesá k severovýchodnému okraju, kde do nej ústi výrazný strmý prívodný kanál (obr. 5). V tomto, strmo nadol vedúcom, oválnom kanáli sondujú jaskyniari miestnej oblastnej skupiny Slovenskej speleologickej spoločnosti (pokračuje severovýchodným smerom k blízkemu skalnému hrebeňu). Keďže na skalnom strope nad prívodným kanálom nie je stropný komín alebo iná oválna vyhlbenina (nad ním iba okrajová časť kupoly postupne stúpajúca do centrálnej časti siene), voda vystupujúca z prívodného kanála ústila do podzemného jazera. Podlaha vaňovitej vyhlbeniny od prívodného kanála smerom k jej opačnému okraju mierne stúpa cez ryhovitú depresiu a zálivovito vybieha na juhozápad, čo predurčila tektonická porucha SV – JZ smeru.

Nižšie, menej výrazné hladinové zárezy sa pozorujú v prepojavacích chodbách medzi sieňami, najmä na spodnom subhorizontálnom segmente západne od Jacuzzi. Previsnuté časti skalných stien nad hladinovými zárezmi sú zväčša rozčlenené stenovými výklenkami, z ktorých miestami nahor vedú plytké stúpajúce kanály (obr. 7). Výraznejšie nahor vedúce kanály, viac zahĺbené do previsnutých stien, sa vytvorili nad okrajmi podlahových prívodných štrbín (angl. *fissure discharge feeders*, nazývané tiež *feeder slots*, resp. *discharge slots* – pozri Egemeier, 1981; Audra, 2008; Audra et al., 2009a, b; De Waele et al., 2016 a ďalší). Tieto predstavujú úzke štrbiny (trhliny), ktorými vystupujúca voda vytekala do jaskynnej chodby. Zaplavovala jej podlahu a do skalných stien laterálne vyhlbovala hladinové zárezy.

V jaskyni Pec sa jedna z prítokových štrbín vyskytuje na konci chodby vedúcej juhozápadne od Jacuzzi, za zalomením chodby vedúcej do Prvého domu (obr. 7, vľavo). Táto podlahová výtoková trhlina súvisí so spomenutou tektonickou poruchou SV – JZ smeru, ktorá prechádza cez Jacuzzi. Po jej stranách sčasti vidieť rovnú koróznou skalnú podla-

Morfológia subhorizontálnych segmentov

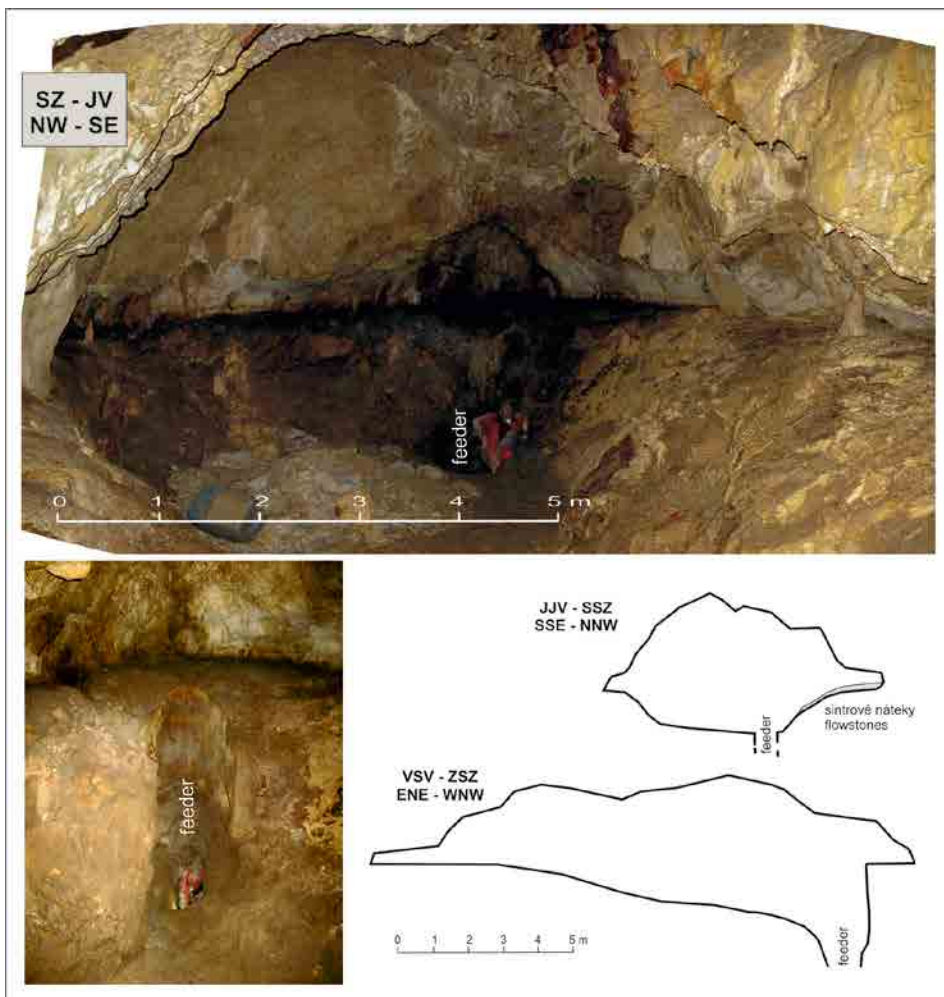
Pôvodné skalné korózne tvary v Starej Peci sú remodelované mrazovým zvetrávaním, v nižšie položených segmentoch jaskyne sa však zachovali.

Na bývalú stabilizovanú hladinu podzemnej vody, resp. podzemné jazera v strednom i spodnom úrovňovom segmente, miestami poukazujú hladinové bočné zárezy vyhlbené do skalných stien (Jacuzzi, Prvý a Druhý dóm; obr. 4 a 5). Najvýraznejší hladinový zárez je po obvode Jacuzzi, ktorá predstavuje vaňovitú vyhlbeninu s rozmermi pôdorysu $8,7 \times 7,2$ m, hlbokú zväčša 1,3 až 1,5 m (obr. 5 a 6). Šírka hladinového zárezu je 0,5 až 2 m. Jeho rovná



Obr. 4. Prvý dóm (hore) na strednej vývojovej úrovni, Druhým dóm (dole) na spodnej vývojovej úrovni. Foto: P. Bella

Fig. 4. Prvý dóm Chamber (up) in the middle evolution level, Druhý dóm Chamber (down) in the lower evolution level. Photo: P. Bella



Obr. 5. Jacuzzi na spodnej vývojovej úrovni. Foto: P. Bella

Fig. 5. Jacuzzi in the lower evolution level. Photo: P. Bella

hu (angl. *corrosion table*), ktorú zväčša pokrývajú infiltračné jemnozrnné sedimenty splavené z povrchu a sintrové kôry. Rovnú skalnú podlahu Novej Pece pokrývajú hlinité sedimenty, splavené najmä cez komín (oválny prírodný kanál) ústiaci do Starej Pece (najväčšia hrúbka sedimentov je pod komínom). Pôvodnú rovnú skalnú podlahu v Novej Peči pozorovať po obvode *feederu* stúpajúceho z nižšie ležiacej chodby. Podlahová prírodná štrbina je sčasti odkrytá vo východnej časti Novej Pece.

Na kupolovitých stropoch Prvého a Druhého dómu i nad Jacuzziou sa husto vedľa seba vyskytujú drobné polsférické vyhlbeniny s priemerom niekoľko centimetrov (obr. 8).

DISKUSIA KU GENÉZE JASKYNE

Morfologické tvary jaskyne Pec v prevažnej miere zodpovedajú hypogénnym jaskyniam, ktoré vznikajú výstupnými hlbinnými, spravidla termálnymi vodami obohaté-



Obr. 6. Hladinový zárez s rovnou koróznou skalnou podlahovou plochou po obvodu bývalého jazera Jacuzzi. Foto: P. Bella

Fig. 6. Water table notch with a flat corrosion bedrock floor surface around the Jacuzzi former pool. Photo: P. Bella



Obr. 7. Výklenky a nahor vedúce kanály vyhlbené do previsnutých stien nad hladinovými zárezmi, rovná korózná skalná podlaha horizontálnej chodby prerušená prítokovou štrbinou (vyznačená čiarkovanou čiarou, vľavo). Foto: P. Bella

Fig. 7. Niches and upward channels deepened into overhanging walls above water table notches, a flat corrosion bedrock floor of horizontal passage breached by fissure discharge feeder (marked by dashed line, left). Photo: P. Bella

nými o CO_2 , resp. H_2S (Ford a Williams, 1989; Palmer, 1991, 2007, 2013; Dublyansky, 2000; Palmer a Hill, 2005; Klimchouk, 2007 a ďalší). Takisto tektonická predispozícia a tamojšie hydrogeologické pomery poukazujú na vytváranie jaskyne Pec (podobne ako Plaveckej jaskyne a Plaveckej priepasti) mierne ohriatymi vodami, ktoré vystupovali pozdĺž výrazného zlomového pásma na rozhraní Malých Karpát a Záhorskej nížiny.



Obr. 8. Drobné polsférické korózne vyhlbeniny na kupolovitom strope Druhého dómu pripomínajúce *replacement pockets*. Foto: P. Bella

Fig. 8. Small hemispherical corrosion depressions on the cupola-shaped ceiling of the Druhý dóm Chamber resembling *replacement pockets*. Photo: P. Bella

Uvedené subhorizontálne segmenty s pomerne výraznými stenovými hladinovými zárezmi možno považovať za vývojové úrovne. Vytvárali sa postupne odvrchu nadol (horný segment je najstarší, spodný segment najmladší) počas prerušenia poklesávania a stabilizácie hladiny podzemných vôd v závislosti od fáz stabilizácie eróznej bázy na zlomovom rozhraní predmetnej časti Malých Karpát a Záhorskej nížiny. Vody hlbšej cirkulácie vystupovali pozdĺž tektonických porúch na okraji Malých Karpát, pričom vymodelovali strmé prírodné kanály ústiace na jednotlivé subhorizontálne segmenty jaskyne, hydrograficky viažuce sa na vtedajšie erózne bázy (vtedajšie úpätie Malých Karpát a prilahlá časť Záhorskej nížiny bola v úrovni týchto subhorizontálnych segmentov). V jaskyni Pec sú najvyššie položené a najstaršie (pravdepodobne staropleistocénne alebo predkvartérne) doteraz známe jaskynné úrovňové úseky v Plaveckom hradnom vrchu.

Kupolovité časti siení, resp. dômov nad hladinovými zárezmi pravdepodobne vznikli kondenzačnou koróziou (vodná para uvoľňujúca sa z hladiny bývalých jazier s vystupujúcou, mierne ohriatou vodou sa na skalnom strope schladzovala a kondenzovala; kondenzačnou koróziou sa zväčšili a úplne pretvorili pôvodné, menej veľké freatické, dutiny). Hladinové zárezy s rovnými podlahovými plochami (*corrosion plates*) nasvedčujú, že na vytváraní jaskyne Pec sa mohla podieľať sulfurická korózia. Najvýraznejší hladinový zárez sa vytvoril po obvodě vaňovitej vyhlbeniny zv. Jacuzzi na spodnej vývojovej úrovni. Korózne zarovnané skalné podlahy prechádzajúce do stenových zárezov sú známe z viacerých sulfurických jaskýň vrátane Plaveckej jaskyne (Bella et al., 2019).

Vznikajú intenzívnou laterálnou koróziou pozdĺž vodnej hladiny, keď sa z vody uvoľňuje H_2S , ktorý na styku s jaskynným ovzduším oxiduje, čím vzniká H_2SO_4 rýchlejšie rozpúšťajúca vápenec (Hill, 1990; Galdenzi, 2012 a ďalší).

Stropné kupoly, ako aj stenové výklenky a nahor vedúce stenové kanáliky, pravdepodobne vznikli kondenzačnou koróziou v dôsledku stúpajúceho teplejšieho vzduchu, resp. vodnej pary nad hladinou jazera s termálnou vodou (Audra et al., 2007, 2009b; Audra, 2008; De Waele, 2016 a ďalší). Výraznejšie stenové kanáliky vznikli v miestach koncentrovanejších výstupov teplého a vlhkého vzduchu, zväčša nad okrajmi podlahových prírodných štrbín (*fissure discharge feeders*). Takéto tvary sa vytvárajú nielen v hydrotermálnych jaskyniach, ale aj v jaskyniach s miernej ohriatou vodou. Po poklese vodnej hladiny teplý vlhký vzduch vystupoval cez bývalé strmé prírodné kanály (*feeders*) a preto boli sčasti dotvorené kondenzačnou koróziou.

Drobné polsférické vyhlbeniny, ktoré sa vyskytujú na kupolovitých stropoch siení, resp. dómov (obr. 8), morfológicky pripomínajú tzv. *replacement pockets* vznikajúce sulfurickou koróziou na previsnutých skalných stenách účinkom vodnej pary obsahujúcej H_2S . Pri rozpúšťaní vápenca sa kalcit nahrádza mikrokryštalickým sadrovcom. Vo viacerých jaskyniach sulfurického pôvodu sú *replacement pockets* jediným dôkazom bývalej existencie sadrovcovej kôry, ktorá bola neskôr rozpustená presakujúcou vodou (Galdenzi a Maruoka, 2003). Z jaskyne Pec však nie sú zatiaľ známe žiadne mineralogické dôkazy potvrdzujúce jej sulfurickú speleogenézu. Preto nemožno vylúčiť ani vznik týchto početných korózných vyhlbenín vodou obohatenou o oxid uhličitý, pravdepodobne kondenzujúcou na kupolovitom strope nad bývalými podzemnými jazerami s vystupujúcou, mierne ohriatou, vodou.

V jaskyni vidieť dve viac-menej paralelné, tektonicky podmienené cesty strmých prírodných kanálov (Jacuzza – Nová Pec – Stará Pec, Druhý dóm – Prvý dóm – nový východ na povrch/terajší vchod z povrchu), v rámci ktorých sa nad stabilizovanou hladinou podzemnej vody vytvorili sieňovité priestory a väčšie chodby. Paralelne sú tieto dve cesty prepojené na strednom (chodba medzi Novou Pecou a Prvým dómom) i spodnom subhorizontálnom segmente (chodba medzi Jacuzzou a Druhým dómom).

V rámci klasifikácie genetických typov hypogénnych jaskýň (podľa Audru et al., 2009a) subhorizontálne segmenty jaskyne Pec predstavujú epifreatické chodby a siene vytvorené pozdĺž hladiny podzemnej vody v troch vývojových úrovniach. Ich vznik a vývoj usmernili strmé tektonické poruchy, pozdĺž ktorých vystupovali vody hlbšej cirkulácie. V súčasnosti mierne ohriate vody vystupujú na úpätí predmetnej časti Malých Karpát na povrch pozdĺž zlomov viacerými prameňmi a studňami s vodou teplejšou, ako je priemerná ročná teplota vzduchu v tejto oblasti (Hanzel et al., 1999, 2001 a ďalší).

ZÁVER

Hypogénny pôvod jaskyne Pec potvrdzujú najmä strmé až úplne vertikálne prírodné kanály (*feeders*), vytvorené nahor prúdiacou vodou a kupolovité stropy siení, resp. dómov, subhorizontálnych segmentov. Vyskytujú sa v nej aj hladinové zárezy s rovnými podlahovými plochami (*corrosion plates*), miestami i podlahové prírodné štrbiny (*fissure discharge feeders*), ktoré patria medzi morfológické indikátory hypogénnych jaskýň sulfurickej speleogenézy. V jaskyni Pec navyše absentujú alochtónne fluviálne sedimenty, ktoré by sa do podzemných priestorov dostali v čase jej vytvárania (vyskytujú sa iba pôdne sedimenty neskôr splavené zo svahu nad jaskyňou). Datovanie podlahových sintrových kôr vytvorených na korózných rovných skalných podlahách, resp. na jem-

nozzrnných klastických sedimentoch uložených na rovných skalných podlahách umožní geochronologicky rekonštruovať niektoré vývojové fázy jaskyne.

Poznanie speleogenézy v Plaveckom hradnom vrchu vrátane jej geochronológie je dôležité aj z hľadiska rekonštrukcie vývoja reliéfu na zlomovom rozhraní Malých Karpát a Viedenskej panvy, resp. Záhorskej nížiny.

Predmetný geologický a geomorfologický výskum jaskýň pri Plaveckom Podhradí sa realizoval v rámci vedeckého grantového projektu VEGA č. 1/0146/19 a Inštitucionálneho financovania Geologického ústavu AV ČR, v. v. i., č. RVO67985831. Za pomoc pri terénnych prácach ďakujeme Mariánovi Grúzovi, Miroslavovi Kudlovi, Milošovi Melegovi a Pavlovi Staníkovi. Za cenné rady a pripomienky ďakujeme recenzentom dr hab. Michalovi Gradzińskému a RNDr. Alexandrovi Lačnému, PhD.

LITERATÚRA

- Arzmüller G., Buchta Š., Ralbovský E. & Weselly G. 2006. The Vienna Basin. In Golonka J. & Picha F. J. (Eds.): *The Carpathians and Their Foreland: Geology and Hydrocarbon Resources*. AAPG Memoir, 84, American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, 191–204.
- Audra P. 2008. Hypogenic sulphidic speleogenesis. *Berliner Höhlenkundliche Berichte*, 26, 15–32.
- Audra P., Hobléa F., Bigot J.-Y. & Nobécourt J.-C. 2007. The role of condensation-corrosion in thermal speleogenesis. Study of a hypogenic sulfidic cave in Aix-les-Bains, France. *Acta Carsologica*, 36, 2, 185–194.
- Audra P., Mocochain L., Bigot J.-Y. & Nobécourt J.-C. 2009a. Hypogene cave patterns. In Klimchouk A. B. & Ford D. C. (Eds.): *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper, 1, Simferopol, 17–22.
- Audra P., Mocochain L., Bigot J.-Y. & Nobécourt J.-C. 2009b. Morphological indicators of speleogenesis: hypogenic speleogens. In Klimchouk A. B. & Ford D. C. (Eds.): *Hypogene Speleogenesis and Karst Hydrogeology of Artesian Basins*. Ukrainian Institute of Speleology and Karstology, Special Paper, 1, Simferopol, 23–32.
- Bañacký V. & Sabol A. 1973. Geologická mapa Záhorskej nížiny 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava.
- Bárta J. 1982. Nové paleolitické sídlisko v Malých Karpatoch – jaskyňa Pec pri Plaveckom Podhradí. *Krásy Slovenska*, 59, 10, 4–7.
- Beidinger A. & Decker K. 2011. 3D geometry and kinematics of the Lassee flower structure: implications for segmentation and seismotectonics of the Vienna Basin strike-slip fault, Austria. *Tectonophysics*, 499, 1–4, 22–40.
- Bella P. 2010. Vytváranie jaskýň vodami vystupujúcimi pozdĺž okrajového zlomu Malých Karpát pri Plaveckom Podhradí – hydrogeologické podmienky a morfológické znaky. *Aragonit*, 15, 2, 65–70.
- Bella P. & Bosák P. 2012. Speleogenesis along deep regional faults by ascending waters: case studies from Slovakia and Czech Republic. *Acta Carsologica*, 41, 2–3, 169–192.
- Bella P., Bosák P. & Mikysek P. 2018. Multi-phased and multi-process hypogenic speleogenesis along deep fault system: Plavecká jaskyňa Cave, Malé Karpaty Mountains, Slovakia. In Šujan M., Csibri T., Kiss, P. & Rybár, S. (Eds.): *Environmental, Structural and Stratigraphical Evolution of Western Carpathians*. Abstract Book, 11th ESSEWECA Conference (November 29 – 30, 2018, Bratislava, Slovakia). Comenius University, Bratislava, 12.
- Bella P., Bosák P., Mikysek P., Littva J., Hercman H. & Pawlak J. 2019. Multi-phased hypogene speleogenesis in a marginal horst structure of the Malé Karpaty Mountains, Slovakia. *International Journal of Speleology*, 48, 2, 203–220.
- Bella P., Gaál L. 2017. Hypogene caves in Slovakia. In Klimchouk A., Palmer A., De Waele J., Aurel A. & Audra P. (Eds.): *Hypogene Karst Regions and Caves of the World*. Cave and Karst Systems of the World. Springer, Cham, 299–311.

- Butaš J. 2003. Plavecká priepasť PP-2. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 34, 1, 35–38.
- Decker K. 1996. Miocene tectonics at the Alpine-Carpathian junction and the evolution of the Vienna basin. *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie- und Bergbaustudenten in Österreich*, 41, 33–44.
- Decker K., Peresson H. & Hinsch R. 2005. Active tectonics and Quaternary basin formation along the Vienna Basin Transform fault. *Quaternary Science Reviews*, 24, 3–4, 305–320.
- De Waele J., Audra P., Madonia G., Vattano M., Plan L., D'Angeli I. M., Bigot J.-Y. & Nobécourt J.-V. 2016. Sulfuric acid speleogenesis (SAS) close to the water table: Examples from southern France, Austria, and Sicily. *Geomorphology*, 253, 452–467.
- Dublyansky V. N. 2000. Hydrothermal Speleogenesis – Its Settings and Peculiar Features. In Klimchouk A. B., Ford D. C., Palmer A. N. & Dreybrodt, W. (Eds.): *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. Huntsville, Alabama, U. S. A., 292–297.
- Egemeier S. J. 1981. Cavern development by thermal waters. *Bulletin of the National Speleological Society*, 43, 2, 31–51.
- Fodor L. 1995. From transpression to transtension: Oligocene-Miocene structural evolution of Vienna basin and the East Alpine-Western Carpathian junction. *Tectonophysics*, 242, 151–182.
- Ford D. C. & Williams P. W. 1989. *Karst Geomorphology and Hydrology*. Unwin Hyman, London – Boston – Sydney – Wellington, 601 s.
- Fordinál K. (Ed.), Maglay J., Elečko M., Nagy A., Moravcová M., Vlačíky M., Kučera M., Polák M., Plašienka D., Filo I., Olšavský M., Buček S., Havrila M., Kohút M., Bezák V. & Németh Z. 2012a. Geologická mapa Záhorskej nížiny v mierke 1:50 000. MŽP SR, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Fordinál K. (Ed.), Maglay J., Elečko M., Nagy A., Moravcová M., Vlačíky M., Kohút M., Németh Z., Bezák V., Polák M., Plašienka D., Olšavský M., Buček S., Havrila M., Hók J., Pešková I., Kucharič L., Kubeš P., Malík M., Baláz P., Liščák P., Madarás J., Šefčík P., Baráth I., Boorová D., Uher P., Zlinská A. & Žecová K. 2012b. *Vysvetlivky ku geologickej mape Záhorskej nížiny 1 : 50 000*. ŠGÚDŠ, Bratislava, 232 s.
- Galdenzi S. 2012. Corrosion of limestone tablets in sulfidic ground-water: measurements and speleogenetic implications. *International Journal of Speleology*, 41, 2, 149–159.
- Galdenzi S. & Maruoka T. 2003. Gypsum deposits in the Frasassi Caves, central Italy. *Journal of Cave and Karst Studies*, 65, 2, 111–125.
- Hanzel V., Vrana K. & Kúšiková S. 2001. Hydrogeologická mapa Pezinských Karpát v mierke 1:50 000. In Malík, P. (Ed.): *Hydrogeologické a hydrogeochemické mapy v mierke 1:50 000, regióny: južná časť Záhorskej (Borskej) nížiny, Pezinské Karpaty, SV časť Podunajskej nížiny, východná časť Veľkej Fatry, severná časť Spišsko-gemerského rudohoria, Lubovnianska vrchovina a Pieniny, Čierna hora*. MŽP SR Bratislava, ŠGÚDŠ Bratislava, CD-ROM.
- Hanzel V., Vrana K., Švasta J., Kohút M., Nagy A., Maglay J., Bujnovský A. & Malík P. 1999. *Hydrogeologická a hydrogeochemická mapa Pezinských Karpát v mierke 1:50 000*. Manuskript, GS SR Bratislava, 179 s.
- Hill C. A. 1990. Sulfuric acid speleogenesis of Carlsbad Cavern and its relationship to hydrocarbons, Delaware Basin, New Mexico and Texas. *The American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 74, 11, 1685–1694.
- Hubek M. & Magdolen P. 2008. Plavecká jaskyňa – nové objavy a nová mapa. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 39, 1, 58–61.
- Klimchouk A. 2007. Hypogene Speleogenesis: Hydrological and Morphogenetic Perspective. *National Cave and Karst Research Institute, Special Paper*, 1, Carlsbad, NM, 106 s.
- Kováč M. 2000. *Geodynamický, paleogeografický a štruktúrny vývoj karpatsko-panónskeho regiónu v miocéne: Nový pohľad na neogénne panvy Slovenska*. Veda, Bratislava, 204 s.
- Kováč M., Baráth I. & Nagymarosy A. 1997. The Miocene collapse of the Alpine-Carpathian-Pannonian junction: an overview. *Acta Geologica Hungarica*, 40, 3, 241–264.

- Lankreijer A., Kováč M., Cloetingh S., Pitoňák P., Hlôška M. & Biermann C. 1995. Quantitative subsidence analysis and forward modelling of the Vienna and Danube basins: thin-skinned versus thick-skinned extension. *Tectonophysics*, 252, 433–451.
- Lee E.Y. & Wagreich M. 2017. Polyphase tectonic subsidence evolution of the Vienna Basin inferred from quantitative subsidence analysis of the northern and central parts. *International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau)*, 106, 2, 687–705.
- Maglay J., Halouzka R., Baňacký V., Pristaš J., Janočko J. & Hók J. 1999. Neotektonická mapa Slovenska 1:500 000. GS SR, Bratislava.
- Mahel' M., 1986. Geologická stavba československých Karpát, 1, Palealpínske jednotky. Veda, Bratislava, 509 s.
- Mahel' M. 1987. The Malé Karpaty Mts. – constituent of the transitional segment between the Carpathians and Alps; important tectonic window of the Alpides. *Mineralia Slovaca*, 19, 1, 1–27.
- Mahel' M. & Cambel B. 1972. Geologická mapa Malých Karpát, 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava.
- Marko F. & Jureňa V. 1999. Zlomová tektonika okraja Viedenskej panvy a hrastu Malých Karpát. *Mineralia Slovaca*, 31, 5–6, 513–524.
- Mitter P. 1983. Geomorfologická rajonizácia krasu Malých Karpát. *Slovenský kras*, 21, 3–34.
- Palmer A. N. 1991. Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin*, 103, 1, 1–21.
- Palmer A. N. 2007. *Cave Geology*. Cave Books, Dayton, Ohio, 454 s.
- Palmer A. N. 2013. Sulfuric acid caves: Morphology and evolution. In Shroder J. (Editor in Chief), Frumkin A. (Ed.): *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, CA, vol. 6, Karst Geomorphology, 241–257.
- Palmer A. N. & Hill C. A. 2005. Sulfuric Acid Caves. In Culvier D. C. & White W. B. (Eds.): *Encyclopedia of Caves*. Elsevier Academic Press, Burlington – San Diego – London, 573–581.
- Plašienka D., Michalík J., Kováč M., Gross P. & Putiš M. 1991. Paleotectonic evolution of the Malé Karpaty Mts – An overview. *Geologica Carpathica*, 42, 4, 195–208.
- Polák M., Plašienka D., Kohút M., Putiš M., Bezák V., Filo I., Olšavský M., Havrila M., Buček S., Maglay J., Elečko M., Fordinál K., Nagy A., Hraško L., Németh Z., Ivanička J. & Broska I. 2011. Geologická mapa regiónu Malých Karpát v mierke 1 : 50 000. MŽP SR, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Polák M., Plašienka D., Kohút M., Putiš M., Bezák V., Maglay J., Olšavský M., Havrila M., Buček S., Elečko M., Fordinál K., Nagy A., Hraško L., Németh Z., Malík P., Liščák P., Madarás J., Slavkay M., Kubeš P., Kucharič L., Boorová D., Zlínka A., Siráňová Z. & Žecová K. 2012. Vysvetlivky ku geologickej mape regiónu Malé Karpaty v mierke 1 : 50 000. MŽP SR, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 309 s.
- Royden L. H. 1985. The Vienna Basin: A thin skinned pull-apart basin. In Biddle K. T. & Christie-Blick N. (Eds.): *Strike-slip deformation, basin formation and sedimentation*. The Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication, 37, Tulsa, 319–339.
- Röller K. & Trepmann C. A. 2003. Stereo32. 1.0.1. Institut für Geologie, Ruhr University Bochum, Bochum.
- Veľšmid M. 2013. Nový objav v Plaveckom krase – jaskyňa Pec. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 44, 1, 58–62.
- Šmída B. 2010. Geomorfológia a genéza Plaveckého krasu ako modelového územia tzv. kontaktného krasu Západných Karpát s nižšou energiou reliéftvorby. Dizertačná práca, Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 221 s.
- Tencer J. 1991. Nové poznatky o Plaveckom krase. *Jaskyniar*, 3–9.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	147 – 164	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

MORFOMETRICKÁ ANALÝZA ZÁVRTOV ČAČTICKEJ PLANINY

ALEXANDER LAČNÝ^{1,2} – LUKÁŠ KUBIČINA³ – TAMÁS CSIBRI¹

¹ Katedra geológie a paleontológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4; alexander.lacny@uniba.sk

² Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa Chránenej krajiny oblasti Malé Karpaty, Štúrova 115, 900 01 Modra

³ Oblastná skupina Čachtice, Západná 16, 911 08 Trenčín

A. Lačný, L. Kubičina, T. Csibri: Morphometric analysis of sinkholes on the Čachtická Plain

Abstract: Dominant part of the Čachtice Karst, located in the northern part of the Malé Karpaty Mts., is the Čachtice Plain. The Čachtice Plain is dominated by sinkholes, often clustered into lines. The majority of sinkholes do not exceed a width of 20 m and a depth of 5 m. However, there are also sinkholes of larger sizes with a width of 140 – 195 m and even up to 257 m and a depth of up to 30 m. Our research was focused on morphometric analysis of 85 sinkholes, and it showed significant relationship between sinkhole lines and dominant fault courses. Three major directions have been identified: WNW-ESE, NNE-SSW and NE-SW. The most significant direction is WNW-ESE.

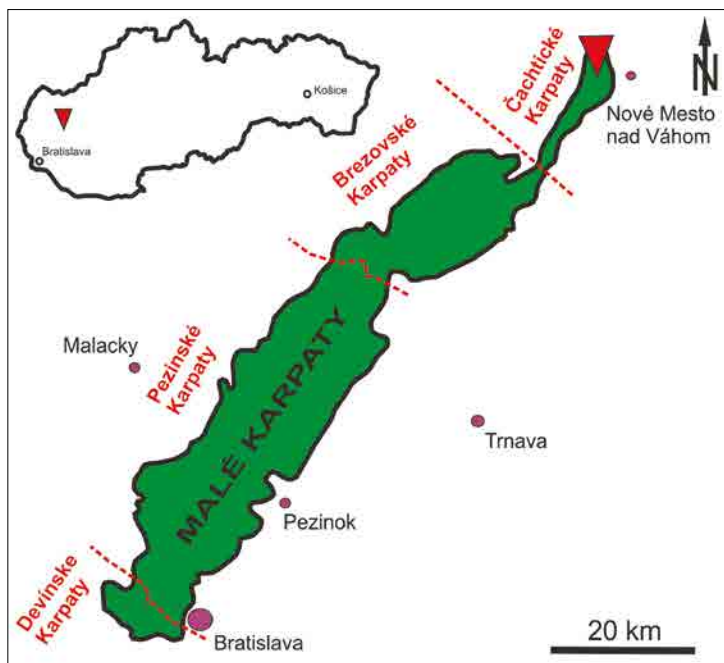
Key words: Malé Karpaty Mts., Čachtice Karst, Čachtická Plain, sinkholes, morphometric analysis

ÚVOD

Čachtický kras je najsevernejším krasovým územím Malých Karpát (obr. 1). Krasové územie sa nachádza na obidvoch stranách antecedentného kaňonu, prielomu Višňovského potoka (Hrabutnice), v blízkosti Čachtického hradu i severne od prielomu (Hochmuth, 2008). Kras je tu viazaný na mezozoické karbonáty hronika. Jakál (1993) charakterizuje toto krasové územie ako rozčlenený kras masívnych chrbtov, hrastí a kombinovaných vrásovo zlomových štruktúr, s čiastočne až dobre vyvinutým endo a exokrasom.

Najdominantnejšou súčasťou Čachtického krasu je bezpochyby Čachtická planina. Tá sa rozprestiera na ploche 21 km² s najvyšším bodom Salašky (588 m n. m.). Čachtickej planine dominujú závrty, častokrát usmernené do línií. Prevažná väčšina krasových jám nepresahuje šírku 20 m a hĺbku 5 m. Vyskytujú sa tam však i krasové jamy väčších rozmerov so šírkou 140 – 195 m a dokonca až 257 m a hĺbkou do 30 m. Treba poznamenať, že na Čachtickej planine sa nachádza najdlhšia a najhlbšia jaskyňa Malých Karpát – Čachtická jaskyňa s dĺžkou 3865 m a hĺbkou 110 m (Zoznam jaskýň Slovenskej republiky. Stav k 31. 12. 2017). Tá bola objavená práve cez jeden zo závrtovej tejto planiny.

Od prvej významnejšej evidencie s opisom závrtovej prešlo už takmer päťdesiat rokov. Medzičasom však prišlo na Čachtickej planine k významnému posunu poznania, najmä vďaka praktickému speleologickému výskumu. Naše bádanie sme preto zamerali na zá-



Obr. 1. Situačná mapa Malých Karpát s vyznačením študovanej lokality
 Fig. 1. Situation map of the Malé Karpaty Mts. with location of the studied area

vrty. Sústredili sme sa na ich evidenciu a podrobnejší opis, pričom sme merali viacero atribútov potrebných na ich morfometrickú analýzu. Tá umožňuje kvantitatívnu analýzu parametrov a priestorové rozmiestnenie závrtovej na krasovom povrchu. Pre realizáciu morfometrickej analýzy by mali byť splnené tri základné stanovené podmienky, a to dostatočný počet meraných závrtovej, rôznorodosť tvaru a rovnaké geologické podmienky. Všetky tieto parametre Čachtická planina spĺňa.

Vychádzali sme pritom zo starších prác realizovaných na tomto území a venujúcich sa problematike závrtovej. Podarilo sa nám taktiež lokalizovať a opísať úplne nové závrty. Asi najlepšie bolo územie dosiaľ opísané geomorfológmi Mitterrom (1974) a Stankovianskym (1979). Zaujímavým počínom je aj mapa závrtovej od Jána Sarkocyho. O tomto autorovi žiaľ veľa nevieme a nezachoval sa ani rok, kedy tu krasové javy zameriaval. Podrobne rozobral hlavné aj bočné línie závrtovej Vince (2000). V poslednej dobe sa závrtovej venoval Šmida (2008, 2019). Na tieto práce sme sa pokúsili nadviazať a zároveň priniesť nové poznatky z analýzy závrtovej tejto časti Malých Karpát a prispieť tak k ich hlbšiemu poznaniu.

GEOMORFOLÓGIA A GEOLÓGIA ÚZEMIA

Čachtické Karpaty sú v zmysle geomorfologického členenia (Mazúr & Lukniš, 1980) najsevernejším podcelkom Malých Karpát. Rozprestierajú sa medzi Bzincami pod Javorinou, Prašníkom, Čachticami a Ivanovcami. Na západe prechádzajú do Myjavskej pahorkatiny, na východe klesajú do Podmalokarpatskej pahorkatiny. Najvyšším bodom pohoria je kóta na Salaškách (588 m n. m.). Časť budovaná vápencami a dolomitmi sa rozprestiera na ploche cca 71 km². Pohorie morfologicky netvorí jeden súvislý celok.

Kaňonom riečky Jablonka, v úseku medzi Hrachovišťom a Čachticami, sa delí na dve časti. Severná časť je označovaná ako Nedze a južná ako Plešivec. Z pohľadu budovania krasu sú významné predsenónske litostratigrafické jednotky. Preto upriamime v ďalšom texte pozornosť priamo na ne.

Mezozoické súvrstvia budujúce pohorie Čachtických Karpát patria k dvom litostratigrafickým jednotkám – jablonickej skupine (karbonáty triasu) a hršovskej skupine (karbonáty jury). Obe tvoria obsah tektonickej jednotky nedzovského príkrovu triasu (Salaj et al., 1987). V súčasnosti je táto časť chápaná za súčasť považského príkrovu hronika (Havrila, 2011). Čachtické Karpaty predstavujú megaantiklinálu hrasťového typu, ohraničenú na západe sedimentmi Myjavskej pahorkatiny a na východe depresiou výbežku Podunajskej nížiny s okrajovými zlomami uklopenými na západ, resp. východ. Na severe a juhu Čachtických Karpát vystupujú mladšie členy (najmä jurské), strednú časť pohoria tvoria wettersteinské vápence a dolomity (Čachtická krasová plošina) a hlavný dolomit (kras Plešivca) (Began et al., 1984).

Mezozoické sedimenty tu tvoria tektonické šupiny pretiahnuté prevažne v SV – JZ smere, ale i kolmom, uklopené prevažne na JV. Stredná a morfológicky najvýraznejšia časť pohoria je budovaná masami stredno a vrchnotriasových, wettersteinských vápencov a dolomitov (Salaj et al., 1987). Na masy týchto karbonátov je viazaná práve krasová oblasť nazývaná Čachtický kras (Mitter, 1974).

Wettersteinské vápence a dolomity (ladin – kordevol), tvoriace významnú časť Čachtickej planiny, sú väčšinou masívne, len v okrajových častiach a na východných svahoch, v blízkosti zlomov, sú vrstevnaté a strmo uklopené. Okrem okrajových zlomov sa geomorfologicky výrazne prejavujú priečne SZ – JV zlomy, na ktorých sú založené prakticky všetky povrchové toky. Zatiaľ čo tieto zlomy zohrávajú hlavnú úlohu pri tvorbe povrchovej riečnej siete, systém zlomov SV – JZ smeru, paralelný s okrajovými zlomami má hlavný význam pri rozvoji podzemnej siete preferovaných ciest podzemných vôd (Mitter, 1974). Podstatná časť jaskynných priestorov je založená práve na SV – JZ zlomoch.

HYDROGEOLOGIA

Dominantnú hydrogeologickú funkciu má v tomto pohorí zlomová tektonika. Okrajový zlomový systém SV – JZ smeru, obmedzujúci pohorie z východnej strany, je hlavným drénom podzemných vôd z celého pohoria (Kullman et al., 1994). Hydrometrické merania a dokumentované významné straty vôd v povrchových tokoch však poukazujú na existenciu otvorených, dobre zvodnených porúch. Druhý zlomový systém SZ – JV smeru dal zasa predispozíciu pre vznik povrchových vodných tokov. Z hľadiska výstupov podzemných vôd karbonátovej štruktúry sú Čachtické Karpaty charakteristické veľmi malým počtom krasovo-puklinových prameňov. Podzemné vody tu vystupujú na povrch v 7 krasovo-puklinových prameňoch, z ktorých časť vytvára líniové alebo plošné prameniská (Kullman et al., 1994). Významné sú krasové pramene Teplica a Hladový prameň v doline Jablonky. Kullman et al. (1994) udáva, že pri čerpaní vody z hĺbkovej sondy pri Novom Meste nad Váhom klesla voda v Teplici o 5 m. Možno predpokladať, že Teplicu napája voda uzavretého krasového systému. Jediným prameňom vyvierajúcim vnútri hydrogeologickej štruktúry je nezachytený občasný prameň „Hladový“ v doline Jablonky. Treba poukázať aj na fakt, že pri hĺbení hydrocentrály v Novom Meste nad Váhom boli v jej stavebnej jame dokumentované prítoky vôd o výdatnosti 700 – 1800 l/s (Kullman, 1990). Časť z nich môže pochádzať zo skrasovatených karbonátov.

METODIKA

Za účelom morfometrickej analýzy závrtovej vzniklo viacero metodických postupov venujúcich sa nielen snahe charakterizovať ideálne parametre pre geometrický tvar, ale aj snahe charakterizovať závrty, ako súčasť komplexného geosystému vo vzťahu ku geologickým, geomorfologickým, hydrologickým, klimatickým, pedologickým a biogeografickým vlastnostiam krajiny (Cvijić, 1893; Segre, 1948; Williams, 1972; Castiglioni, 1991; Bondesan et al., 1992 a iní).

Genéza závrtovej je ovplyvnená topografickou a morfoštruktúrnou predispozíciou. Z tohto dôvodu môžu vznikať viacerými procesmi. Všeobecne sú uznávané štyri hlavné mechanizmy formovania závrtovej (korózia, kolapsy, sufózia a subsidencia), avšak nemožno vždy spájať vznik závrtovej iba s jedným procesom. Preto hovoríme o závrtoch ako o polygenetických formách reliéfu. V závislosti od procesu tak vzniká pestrá tvarová paleta závrtovej, ktoré sa vyskytujú buď izolovane alebo v skupinách.

Keďže v medzinárodnej terminológii je zaužívaných viac pojmov na označenie genetických typov závrtovej, Williams (2004) priradzuje jednotlivé termíny ku konkrétnemu genetickému procesu, čím vnáša prehľad do zaužívanej nomenklatúry. Z domácich autorov sa klasifikáciou závrtovej zaoberal napríklad Jakál (1975). Používa klasifikáciu, ktorá operuje s dvoma genetickými typmi závrtovej: a.) závrty vzniknuté prepadnutím stropov podzemných priestorov, b.) závrty vznikajúce koróznou činnosťou vody. Na území Čachtickej planiny sa vyskytuje iba druhý typ. Najčastejšie závrty vznikajú rozširovaním a prehĺbovaním už predtým existujúcich puklín.

Takisto Jakál (l.c.) závrty definuje na základe sklonu ich svahov do štyroch kategórií – lievikovité, misovité, kotlovité, prstencovité. U lievikovitých závrtovej sklon ich svahov dosahuje zvyčajne 30 – 45° a na ich dne sa môže vyskytovať činný ponor, pri misovitých závrtoch sklon svahov je 12 – 15°, závrť môže byť na dne upchatý, kotlovité závrty predstavujú prechodný typ medzi lievikovitým a misovitým závrťom, sklon svahov môže dosahovať až 30°, dno je pomerne široké a ploché, pri prstencovitých závrtoch sú svahy týchto závrtovej rovné a takmer kolmé, sú plytké, dosahujú maximálnu hĺbku do 4 m a veľkosť do 50 m.

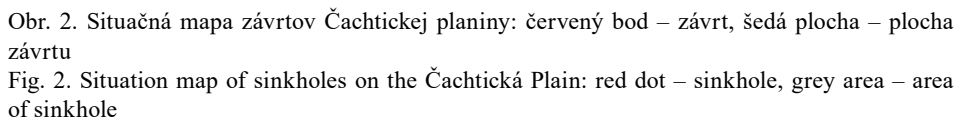
Parametre možno rozdeliť do troch hlavných kategórií: a.) merateľné parametre, b.) počítateľné parametre, c.) parametre krasovej oblasti (Bondesan et al., 1992). Merateľné morfometrické parametre sa dajú okrem terénneho mapovania spracovávať aj pomocou topografických máp, ortofotomáp, či lidarových snímok. Pre dominanciu skôr menších závrtovej na Čachtickej planine (do 20 m priemeru) a lesnatosti územia sme touto metodikou nepostupovali. Presné lidarové dáta počas výskumu z tejto oblasti ešte neboli k dispozícii. Preto ako jedinou možnou a najúčinnnejšou metódou bolo zvolené terénne mapovanie. Pre vyhľadávanie závrtovej a historický kontext speleologických prác v závrtoch bola zvolená spolupráca s miestnymi jaskyniarimi – Oblastnou skupinou Čachtice. Pri terénnom výskume bolo použitých viacero pomôcok: GPS zariadenie, laserový diaľkomer a sklonomer (Leica Disto D3), geologický kompas a fotoaparát. Meranie štruktúrnych prvkov bolo vykonané štandardnými metódami geologického prieskumu pomocou geologického kompasu typu Freiberg.

Pri morfometrickej analýze sme vychádzali z príkladových štúdií Veselského a kol. (2014a,b) realizovaných v Malých Karpatoch, či Petrvalskej (2010), ktorá realizovala morfometrickú analýzu závrtovej na Jasovskej planine.

Za účelom nášho výskumu boli okrem presnej polohy závrtovej priamo merateľné tieto atribúty: nadmorská výška, obvod, hĺbka, najdlhšia os, azimut najdlhšej osi a sklon

Jednotlivé dokumentované závrty boli na základe súradníc (súradnicový systém WGS 84) premietnuté do programového prostredia geoinformačného systému (GIS). Pri práci bol použitý softvér ArcGIS, konkrétne jeho programová nadstavba ArcMap. Kategorizácia a vizualizácia bola rozdelená do štyroch skupín, a to: a.) obvod závrty, b.) hĺbka závrty, c.) orientácia najdlhšej osi závrty, d.) celkový pohľad na umiestnenie závrty s popisom línii. Všetky výstupy z GIS boli dodatočne spracovávané v grafickom programe CorelDraw.

Na Čachtickej planine bolo v rámci nášho výskumu lokalizovaných a zameraných 85 závrťov (obr. 2). V zmysle metodiky Jakála (1975), na základe sklonov svahov závrťov, dominujú závrty kotlovité (38) a lievikovité (36). Menšie zastúpenie majú závrty misovité (5) a prstencovité (6). Z pohľadu pôdorysu závrťov, v zmysle metodiky Petrval-





Obr. 3. Líniové usporiadanie závrty charakteristické pre Čachtickú planinu
Fig. 3. Characteristic linear pattern of sink-holes on the Čachtická Plain

skej (2010), bolo najviac zastúpených nepravidelných závrty (52), následne oválnych (30) a najmenej zastúpených bolo najsymetrickejších – okrúhlych závrty (3). Tu asi najväčšiu úlohu zohrala subjektivita mapovateľov.

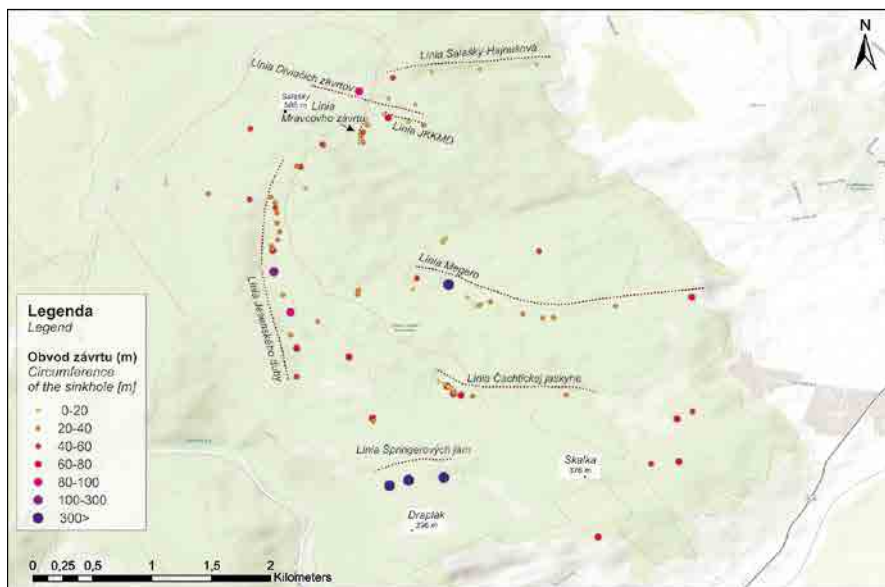
Závrty sa zriedka vyskytujú individuálne, zväčša sú usporiadané v líniiach, poväčšinou v dnách suchých dolín na okrajoch planiny, alebo na tektonicky predisponovaných líniiach priamo na plošine (obr. 3). Často obsahujú prítokové (ronové) ryhy. Stretávame sa tu aj so spojenými závrty. Väčšinou ide o zoskupenie dvoch závrty. Niekoľko závrty možno označiť ako materské a dcérske, označované i ako parazitické závrty, či depresie. Najlepším príkladom je závrť Megero, s obvodom až 606 m, s ôsmimi dcérskymi závrty. Za cenné dáta možno považovať aj závrty mimo hlavných línii, ktorých dohľadávanie zabralo pomerne veľa času. O to cennejšie sú aj ich merané atribúty, ktoré dotvárajú celkovú mozaiku k problematike závrty na Čachtickej planine.

Problémom, s ktorým sme sa potýkali pri terénnom výskume, je množstvo antropogénnych jám rôznej genézy (vápenné jamy, stopy po vojenskej činnosti, či jamy vytvorené po bližšie neidentifikovanej činnosti). Práve mapa Sarkocyho zahŕňa aj tieto antropogénne útvary. Roztrúsené sú takmer po celej planine, dokonca aj v líniiach medzi regulérnymi závrty. Tu sa vynára otázka, či neprichádzalo počas antropogénnej činnosti k využívaniu už pôvodných morfológických zníženín, teda závrty. Na azda najväčšie zastúpenie takýchto antropogénnych jám sme narazili východne od kóty Skala (376 m) a v Hlbokej doline. Práve v Hlbokej doline bolo veľmi ťažké odhaliť pôvod depresii.

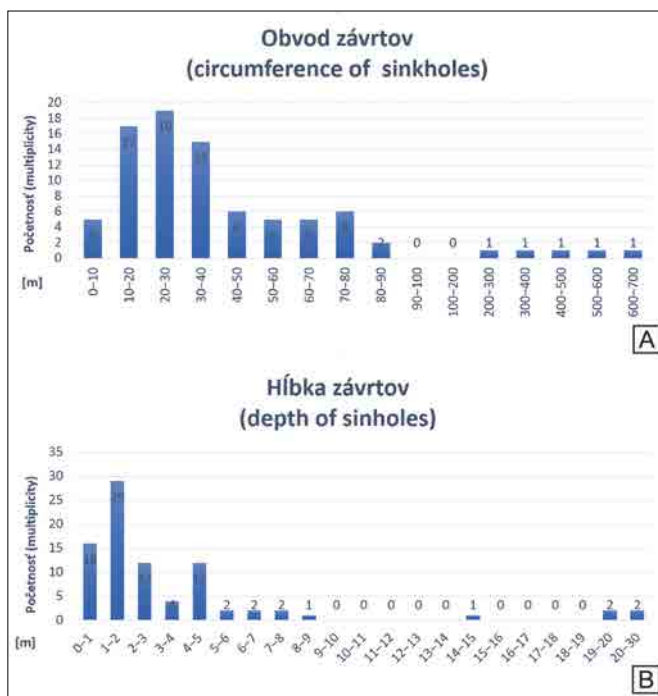
Čo do veľkosti závrty, je Čachtická planina relatívne heterogénna. Nachádzajú sa tu závrty, ktorých obvody dosahujú niekoľkých stoviek metrov (obr. 4). Takýchto závrty je 5 (Megero, Špringerove jamy 1,2,3, Jesenského duby). Až 51 závrty dosahuje obvodu od 10 do 40 m (obr. 5A). Ich rozmiestenie dokumentuje obr. 6. Najväčšie, už opisované závrty dosahujú hĺbky od 15 do 28 m. Najpočetnejšia skupina závrty dosahovala hĺbku 1 – 2 m (29 závrty) a nasledovali skupiny 0 – 1 m (16 závrty) (obr. 5B). Rovnako, po dvanástich závrtoch, mali skupiny, ktorých hĺbky dosahovali rozsahu 2 – 3 m a 4 – 5 m.

Zmapované najdlhšie osi závrty sú oproti predchádzajúcim dátam variabilnejšie (obr. 7). Najviac zastúpené sú závrty s najdlhšou osou v rozmedzí 3 až 15 m. Významnou je aj skupina s dĺžkami od 16 do 25 m (obr. 8A).

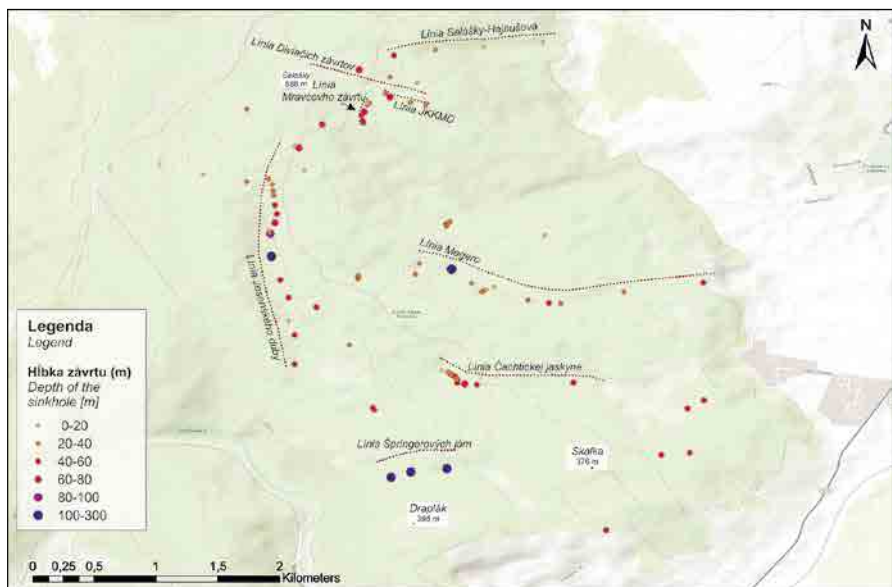
Celkom zaujímavé výsledky prinieslo mapovanie nadmorských výšok závrty (obr. 8B). V grafe sa vykresľujú tri horizonty, na ktorých závrty vznikali. Prvý horizont je v rozsahu 314 až 361 m n. m. Druhým, menej zastúpeným, je horizont v rozmedzí nadmorských výšok 498 až 550 m. Čo do početnosti je najmenej zastúpený horizont 547 – 556 m n. m. Tieto významné horizonty môžu súvisieť so zarovnávaním plošiny vo viacerých fázach. Ako vidno, zohrali významnú úlohu pri tvorbe závrty. Mitter (1974),



Obr. 4. Znázornenie závrty na základe veľkosti ich obvodu
Fig. 4. Sinkholes representation based on their perimeter

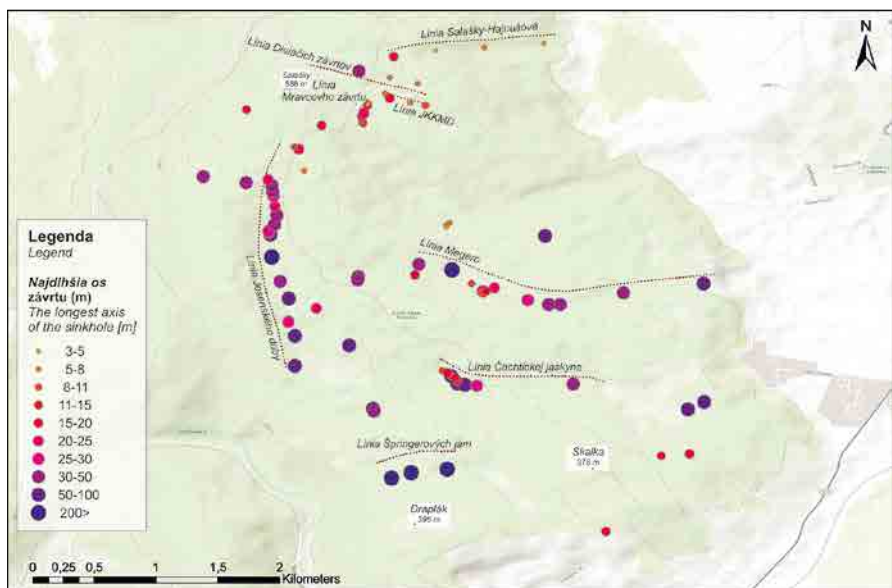


Obr. 5. A – graf znázorňujúci početnosť závrty na základe ich obvodu, B – graf znázorňujúci početnosť závrty na základe ich hĺbky
Fig. 5. A – graph showing multiplicity of sinkholes based on their perimeter; B – graph showing multiplicity of sinkholes based on their depth



Obr. 6. Znáozornenie závrtnov na základe ich hĺbky

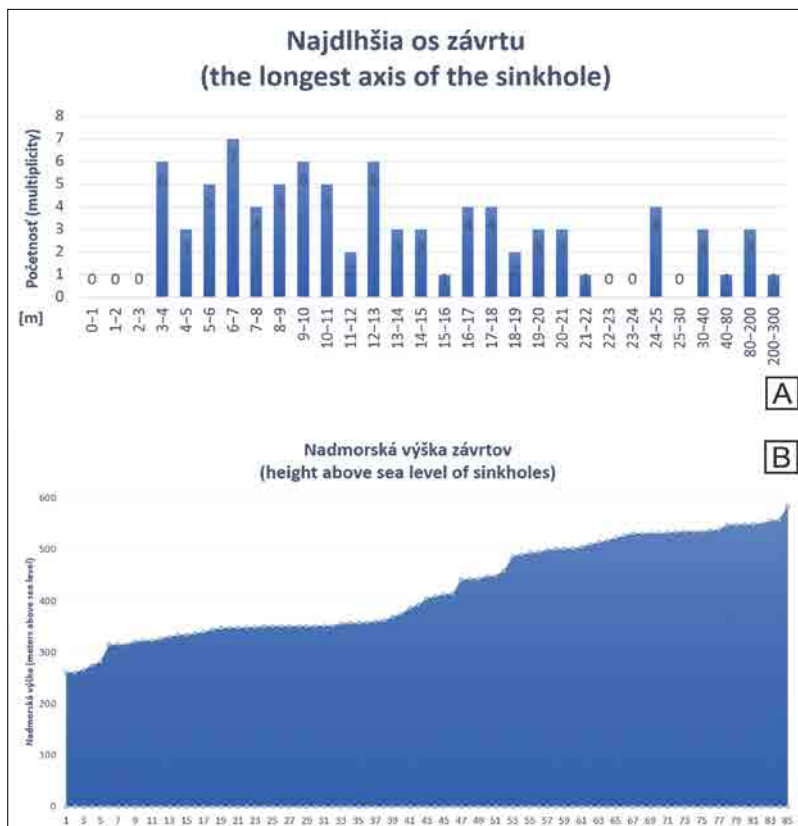
Fig. 6. Sinkholes representation based on their depth



Obr. 7. Znáozornenie závrtnov na základe ich najdlhšej osi

Fig. 7. Sinkholes representation based on their longest axis

tu rozlišuje tri úrovne zarovňavania, ktoré viac-menej korešpondujú s našimi výsledkami. Ako uvádza a naše výsledky to verifikujú, z hľadiska rozvoja krasu sú významné dve nižšie úrovne.



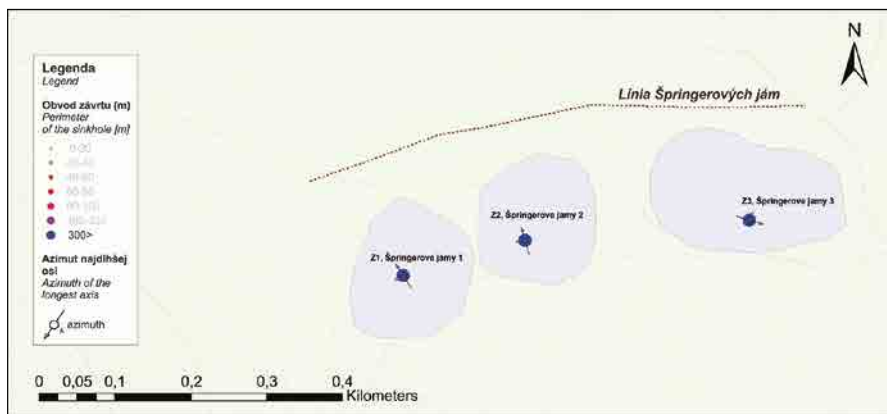
Obr. 8. A – graf znázorňujúci početnosť závrty na základe najdlhšej osi závrty, B – graf nadmorských výšok jednotlivých závrty usporiadaných od najnižšej po najvyššiu nadmorskú výšku
Fig. 8. A – graph showing multiplicity of sinkholes based on the longest axis, B – graph of the altitudes of the individual sinkholes arranged from the lowest to the highest altitude

ZÁVRTOVÉ LÍNIE

Väčšina závrty na Čachtickej planine má líniové usporiadanie. Tieto línie vznikajú na tektonicky predisponovanom horninovom prostredí. Závrty v líniiach poväčšinou korešpondovali s významnými dolinami Čachtickej planiny. Najvýznamnejšie línie sme v rámci ďalšieho opisu pomenovali. Ich názvy sme vyberali s ohľadom na významnosť tu zastúpených krasových prvkov (jaskyne, závrty), prípadne morfológických prvkov (doliny).

Línia Špringerových jám

Línia Špringerových jám sa nachádza severne od kóty Draplák (396 m n. m.). Tvoria ju tri za sebou idúce závrty nachádzajúce sa vo výraznom sedle (obr. 9). Spomedzi všetkých mapovaných závrty (okrem výraznej depresie Megera) dosahujú najväčších rozmerov, čo do hĺbky aj priemeru. Pretiahnutie prvých dvoch závrty paradoxne nie je v smere Z – V, ale naopak približne v smere S – J. Iba posledný zo závrty vykazuje orientáciu maximálneho predĺženia v smere ZSZ – VJV. Tu sa však domnievame, že ide



Obr. 9. Mapa línie Špringerových jám
Fig. 9. Map of the Špringer's pits Line

o spojenie dvoch závrto. Najmä ľavá strana tohto tretieho závrty indikuje predĺženie skôr v smere S – J. Na genéze závrto sa podieľali dve významné tektonické predispozície. Tá prvá je orientácie generálne v smere S – J a druhá v smere oboch strán údolnic – VSV – JJZ. V smere na juhozápad sa nachádza významná jaskyňa a vyvierajúca Hladový prameň. Nie je vylúčená komunikácia medzi touto jaskyňou a spomínanými závrty.

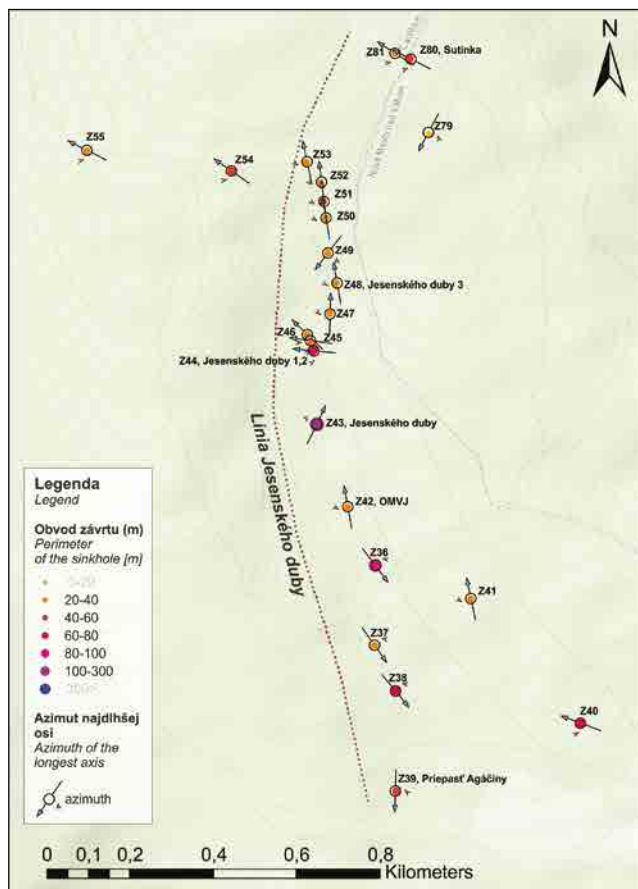
Línia Jesenského duby

Za najvýznamnejšiu z línií Čachtickej planiny možno považovať líniu Jesenského duby. Bola pomenovaná po významných závrtoch tejto línie – Jesenského duby. Líniu tvorí až osemnásť závrto, počnúc priepasťou Agáčiny až po lokalitu Sutinka (obr. 10). Priepasť Agáčiny bola objavená pracovnou skupinou pod vedením Jána Majku. Pri zatopení sifónov v jaskyni Hladový prameň, kde neboli práce skrz vodu umožnené, sa presunuli na lokalitu do Agáčiny. Tu sa im podarilo v hĺbke 2 m naraziť na úzku puklinu, ktorou bol objavený 10 m hlboký priepasťovitý priestor. Dosiahnutá hĺbka pri prácach v jaskyni bola 65 m. Sutinka je zasa jedna z najvyššie položených lokalít v Čachtickom krase objavená v roku 1985. Dosahuje hĺbku 15 m a dĺžku 20 m.

S obvom 225 m a hĺbkou 15 m dominuje líniu závrty Jesenského duby. Lokalita Jesenského duby 1,2 je zasa jednou z mála, kde vystupuje obnažený vápencový podklad priamo na povrch, s možnosťou priamo skúmať tektonické štruktúry (obr. 11). Pravdaže ak nepočítame exploračné aktivity miestnych speleológov, ktorí dosiahli obnaženie materskej horniny aj v iných závrtoch.

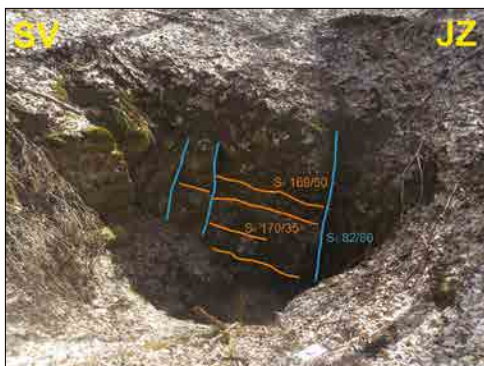
Je tu vidno vrstevnosť S_0 so sklonom 30 až 50° upadajúcu takmer na juh. Z pohľadu genézy závrto v líni sú dominantnejšie druhé merané severojužné subvertikálne diskontinuity S_1 .

Lokalita Jesenského duby 1,2 je jedna z najstarších pracovných lokalít v Čachtickom krasi, kde sa malo pracovať už v rokoch 1912 – 1914 (pers. com. Martin Sluka). Práce na lokalite boli obnovené v sedemdesiatych rokoch minulého storočia. Údajná hĺbka bola 15 m a dolu otvorená puklina a silný prievan sú dodnes záhadou. Jesenského duby 3 bola lokalita kopaná medzi rokmi 2000 – 2007. Dosiahnutá bola hĺbka 17 m a celá sonda bola kopaná v suti bez náznaku masívu. Svah nad sondou sa odtrhol a lokalita je v súčasnosti zasypaná. Ako vyplýva z obr. 10, najväčšie zastúpenie smeru najdlhších osí závrto



Obr. 10. Mapa línie Jesenského duby
Fig. 10. Map of the Jesenského duby Line

je trend SSZ – JJV. Na lokalite OMVJ (odkiaľ Majko vyhnal jaskyniarov), zasa vidno kombináciu dvoch na seba kolmých štruktúr, ktoré sa podieľali na vzniku závrty. Samotný závrty, kde jaskyniari skúmajú, je predĺžený v smere S – J, pričom materský závrty, dosahujúci obvodu niekoľko stoviek metrov, má maximálne predĺženie v smere Z – V (A 260°). Podobná je aj situácia v podzemí (pers. com. Miloš Briestenský, 2019). OMVJ sleduje zlomovú poruchu smeru SSV – JJZ od vrchu v smere 30 stupňov, ktorý smerom nadol rotuje do 40 stupňov a v hĺbke 45 m pod povrchom na 50 stupňov (smer priebehu poruchy). V hĺbke 45 m sa nachádza jedno tektonické zrkadlo na poruche s priebehom 280 stupňov. Zrkadlo 020/45 s ryhovaním 300/35. Jedná sa o šikmý pokles severného bloku. Prvé zmienky o výkopových prácach v závrte OMVJ pochádzajú z doby výskumných prác pracovnej skupiny okolo Jána Majku. Možno neďaleká priepasť Agáčiny bola pre Majku podnetom vyhnáť jaskyniarov zo závrty, kde sa im mal v hĺbke 5 m obnažiť masív, v ktorom bol otvor do podzemia. Nové prieskumné práce začala Oblastná skupina Čachtice v roku 2013. Po dvoch pracovných akciách sa na dne závrty obnažil masív a krasový kanál neprieľezných rozmerov. Po postupnom rozširovaní sa prvý voľný priestor nachádzal v hĺbke 10 m. V roku 2018 sa jaskyniari postupne dostali do hĺbky 55 m s dĺžkou voľných priestorov 94 m.

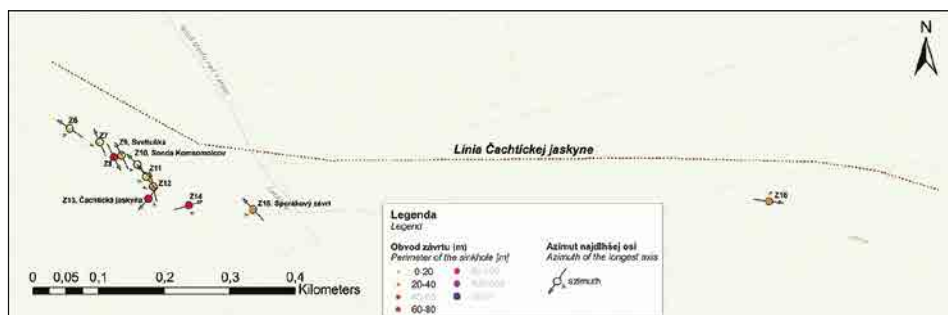


Obr. 11. Namerané štruktúrne prvky na lokalite Jesenského duby 1, 2

Fig. 11. Measured structural elements in the site Jesenského duby 1, 2

Línia Čachtickej jaskyne

Línia dostala pomenovanie po zatiaľ najvýznamnejšej jaskyni Čachtického krasu a z pohľadu dĺžky a hĺbky aj celého Malokarpatského krasu. Práve na tejto lokalite (nazýva sa aj Belákové lúky) vidno komplikovanosť celého systému. Samotná línia závrtovej prebieha v smere SZ – JV, pričom samotná Čachtická jaskyňa vznikla na zlomových alebo zonálne rozrušených líniách. Prevažná časť zlomov má smer SV – JZ, ktorý je aj hlavným smerom jaskyne (Mitter, 1974). Novšie objavy, vedúce k dĺžke cez 4000 m, sa tiahnu iba v okolí pôvodnej jaskyne, ktorá sa od vchodu tiahne generálne v smere



Obr. 12. Mapa línie Čachtickej jaskyne

Fig. 12. Map of the Čachtická Cave Line

JZ asi 254 m a do hĺbky 110 m (Šmída, 2019; Hochmuth, 2008). Líniu tvorí 11 závrtovej (Z6-Z16) (obr. 12). Zaujímavým nálezom je závrť Z18 (obr. 2) obsahujúci ronovú ryhu. V jeho blízkosti, aj v samotnom závrte, sme našli množstvo obliakov z riečnej terasy. Závrť môže byť pokračovaním Línie Čachtickej jaskyne na západ. O niečo ďalej sa nachádza závrť Z17 (antopogénne prepracovaná jama, možno bahnovisko), ktorú Mitter (1974) nazýval Krasovým jazierkom. Práve nález regulérneho závrťu Z18 nás utvrdil v tom, že aj Krasové jazierko môže byť v skutočnosti prepracovaný závrť. Niekoľko závrtovej sa možno nachádzalo aj na neďalekom poli. Poľnohospodárskou činnosťou však mohli byť zarovnané. Takmer všetky závrty sú pretiahnuté v smere doliny na ktorej vznikali – teda smer SZ – JV (obr. 12). Z nášho výskumu je zaujímavé, že iba dva závrty tejto línie majú odlišnú orientáciu predĺženia najdlhšej osi. Sú nimi závrty Z13 (cez ktorý bola objavená Čachtická jaskyňa) a Z14. Ich orientácia je v smere SV – JZ, ktorý korešponduje aj s priebehom celej jaskyne.

V blízkosti Čachtickej jaskyne sa v jednom zo závrtovej nachádza Sonda Komsomolcov. Ide o pracovisko, ktoré by sa pravdepodobne pri ďalších prácach napojilo na známe časti Čachtickej jaskyne. Kopaná bola okolo roku 1998. V súčasnosti je zasypaná. Dosahovala však hĺbky 4 m s celkovou dĺžkou 6 m. V Sporákovom závrte bola zasa vykopaná sonda do hĺbky 2 m. Závrť je aj v súčasnosti aktívny.

Línia Mravcovho závrtnu

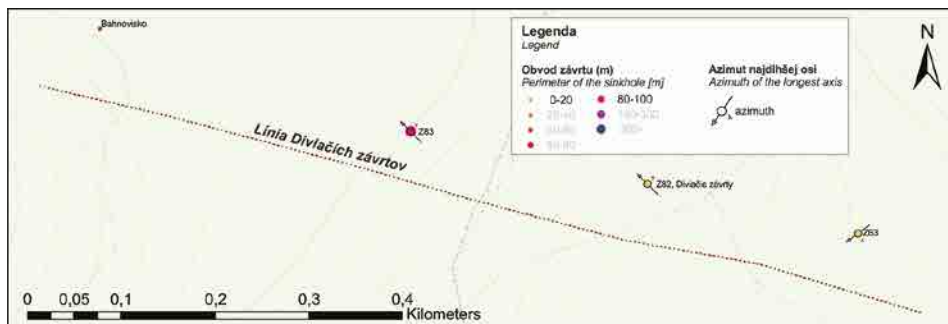
Línia Mravcovho závrtnu začína vo vyústení tzv. Hlbokej doliny (obr. 14). Línia je tvorená siedmimi závrtnami a niekoľkými veľmi plytkými depresiami, ktoré boli príliš malé a nevýrazné na ďalšiu morfometrickú analýzu. Najväčší so závrtnov – Mravcov závrtn, má oválny pôdorys priemeru cca 20 m a je pomerne strmý (dosahuje hĺbky 7,5 m). Pomenovanie dostal po jaskyniarovi Jarovi Kouřilovi prezývanom Mravec. V línii sa nachádza ešte jedna speleologická lokalita nazvaná Plazivé oko. Tá sa označuje aj ako Čerešňová sonda. V súčasnosti je hlboká 8 m. Ide o prevažne kopanú sondu, na ktorej začali výkopové práce okolo roku 2009. Na úplnom dne sa nachádza úzky neprielezný kanál. Na mape je označená číslom 76. Inak v línii dominujú menšie a plytšie závrtny nepresahujúce obvod dĺžky 40 m a hĺbku 4,5 m. Závrtny v línii sú pretiahnuté v S – J smere, indikujúce severojužné diskontinuity, na ktorých sú závrtny založené.

Línia JKKMD

Líniu závrtnov označenú podľa najvýznamnejšej jaskyniarskej lokality JKKMD (Jaskyňa, ktorú kopal môj dedo) tvoria štyri závrtny (Z64 – Z67) (obr. 14). Línia závrtnov je koncentrovaná do pomerne plochej dolinky. Okrem prvého korešpondujú ostatné predĺženia závrtnov s dolinkou v smere SZ – JV. Závrtn JKKMD obsahuje aj ronovú ryhu a je najväčším zo závrtnov zmienenej línie. Dosahuje hĺbky takmer 8 m a jeho obvod je 66 m. Ostatné závrtny sú skôr menšie. Ich obvod nepresahuje dĺžku 30 m a hĺbku 2 m. JKKMD je výrazný závrtnový ponor. V jeho spodnej časti sa nachádza masívna stena. Dĺžka pri výkopových prácach bola 10 m. Koniec tvoril pevný strop a zával, z ktorého bolo cítiť prívian (Vince, 2000).

Línia Diviáčich závrtnov

V línii Diviáčich závrtnov sme zaznamenali tri závrtny a jedno bahnovisko. Línia sa tiahne od sedla medzi dvoma vrcholmi Salašiek (obr. 15). Tu treba poznamenať, že v sedle, západne od bahnoviska, sa nachádza ešte jedna jama, vykazujúca známky ľudskej činnosti. Nevedno, či šlo o otváranie pôvodného závrtnu, alebo má jama iný antropogénny pôvod. Preto sme ju do línie nezaznamenali, aj keď by mohla byť jej súčasťou, ak by sme prijali názor, že ide pôvodne o závrtn, neskôr prepracovaný ľudskou činnosťou. Línia končí závrtnom č. 63. Najväčší a možno najperspektívnejší na sondážne práce do budúcnosti je závrtn č. 83 s obvodom 86 m a hĺbkou 6 m. Najdlhšie osi závrtnov korešpondujú približne so smerom línie (poruchy) na ktorej vznikli.

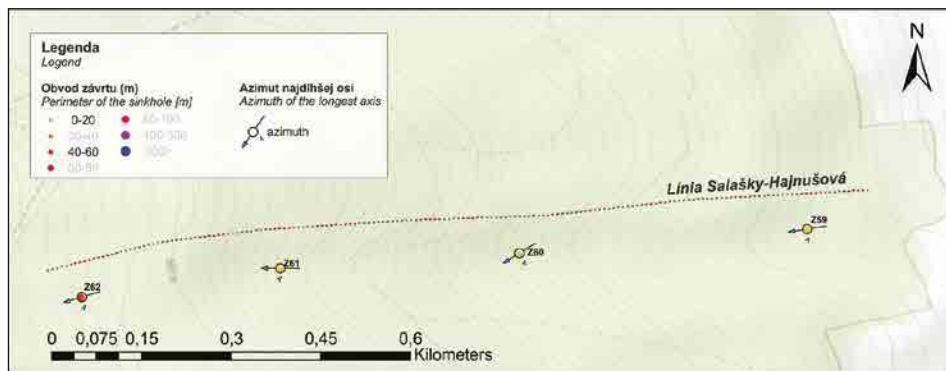


Obr. 15. Mapa línie Diviáčich závrtnov

Fig. 15. Map of the Diviaky sinkholes

Línia Salašky-Hajnušová

Najsevernejšou líniou, ktorú sme identifikovali, je línia, ktorá vedie od bezmennej dolinky tiahnucej sa od severovýchodného výbežku Salašiek, do oblasti zvanej Hajnušová. Líniu tvoria štyri závrty (Z59-Z62) (obr. 16). Ide skôr o menšie a plytšie nepravidelné závrty nepresahujúce hĺbku 3 m. Ako vidno z obr. 16, azimuty najdlhších osí závrtov korešpondujú s dolinou v ktorej vznikali. V línii sme našli aj niekoľko antropogénnych jám, čo komplikovalo meranie. Pri závrte č. 59 sa nachádzala prítoková ryha.



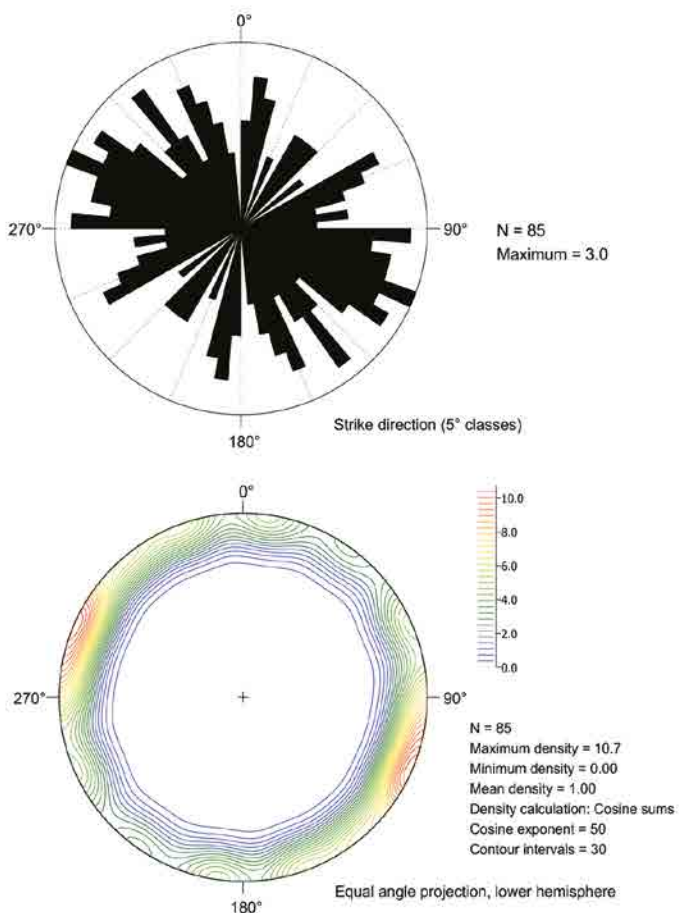
Obr. 16. Mapa línie Salašky-Hajnušová
Fig. 16. Map of the Salašky-Hajnušová Line

AZIMUTY NAJDĽHŠÍCH OSÍ ZÁVRTOV

Azda najdôležitejším údajom z pohľadu tektonickej interpretácie sú azimuty najdlhších osí závrtov. Najdlhšia os závrty by mala indikovať dominantnú štruktúru, na ktorej vznikol. Niektoré závrty v dnách dolín sú pretiahnuté v smere týchto dolín. Nie vždy to však platí a stretávame sa aj s prípadmi, že azimut najdlhšej osi závrty nekorešponduje so smerom doliny v ktorej bol vytvorený (OMVJ, Špringerové jamy a i.). Z nameraných dát možno charakterizovať tri dominantné smery, podieľajúce sa na tvorbe závrty Čachtickej planiny (obr. 17).

Asi najpočetnejším z nich je smer ZSZ – VJV. Početnosť tohto smeru môže byť ovplyvnená viacerými okolnosťami. Jednou z nich môže byť fakt, že súbor dát zachytil pravdepodobne dve štruktúrne diskontinuity, ktoré dominovali tvorbe závrty. Môže ísť o subvertikálne poruchy v smere SZ – JV dominantné pri tvorbe dolín a riečnej siete a približne Z – V smeru, ktorý môže súvisieť s plochami vrstvitosti S_0 s úklonom na S resp. J so sklonom 30 až 50° (merané v centrálnej časti planiny) indikujúcu vrásovo-šupinovú stavbu. Plochy vrstvitosti mohli byť následne ešte navyše tektonizované. Pôdny pokryv v okolí závrty nám však znemožnil bližšie štúdium týchto štruktúr a ich prípadné rozdelenie. Vrásová stavba je dokumentovaná aj v lome v Čachticiach. Ložiskové komplexy tu tvoria antiklinálu, ktorej os prebieha v smere ZSZ – JJV, v priestore kóty Draplák (Salaj et al., 1987).

Ďalším dôležitým smerom, z pohľadu genézy závrty, je S – J smer. Reprezentuje ho najmä línia Jesenského duby, začínajúce niekde od Hladového prameňa a končiacia pod Salašakmi, či línia Mravcovho závrty. Takisto viacero závrty indikuje tento smer aj v iných líniiach (pozri obr. 2). Predpokladáme súvis s významnou zlomovou tektonikou tohto smeru reprezentujúcou napríklad výrazný okrajový zlom v západnej časti od Višňového až po Hrušové.



Obr. 17. Ružicový a kontúrový diagram nameraných azimutov najdlhších osí závrvtov
Fig. 17. Rose and contour diagram measured azimuths the longest sinhole axes

Posledným z významných smerov najdlhších osí závrvtov je smer SV – JZ. Tento smer je dôležitý z pohľadu speleogenézy jaskýň Čachtickej planiny (Čachtická jaskyňa, Hladový prameň). V blízkosti Hladového prameňa, ale aj v jaskyni Hladový prameň, sú plochy týchto diskontinuít orientované generálne v smere SV – JZ a sú strmo sklonené na SZ alebo JV. Predpokladáme ich reaktivizáciu. Môžu mať súvis s recentnými neotektonickými pohybmi – extenziou počas neskorého pleistocénu – holocénu (Littva et al., 2015, Vojtko et al., 2008).

ZÁVER A DISKUSIA

Mapovanie závrvtov a ich následná analýza na Čachtickej planine priniesla nové poznatky o krasovom fenoméne tejto časti Malých Karpát. V rámci merania sme upriamili pozornosť na 85 závrvtov, ktoré boli vhodné na morfolometrickú analýzu. Často sa v línách medzi závrvtmi nachádzali aj plytké prirodzené depresie, či spojené závrvty. Je tu

aj predpoklad, že mohli niektoré závrty uniknúť našej pozornosti. Najmä severnejšie časti planiny môžu priniesť ešte nové poznatky o výskyte závrto. Ako sa ukázalo, stačí dokonca pár rokov na tvorbu nového závrta, ako napríklad vznik závrta pri jaskyni JKKMD (Vince, 2000). Preto proces mapovania nemožno úplne ukončiť. Predpokladáme preto, že na Čachtickej planine sa môže nachádzať viac ako stovka závrto. Časť z nich bola dokonca pretvorená ľudskou činnosťou (speleologický výskum, vápenné jamy a i.), čo znemožňuje ich dôslednejšiu analýzu. S počtom štyroch závrto na km² sa územie radí skôr ku krasovým areálom nižšieho zastúpenia. V porovnaní s planinami Koniar (15 závrto na km²), Plešivecká planina (45 – 50 závrto na km²), či Silická planina (55 závrto na km²) (Hochmuth, 2004) je toto číslo nízke. Pre nie tak dobre vyvinutý kras Malých Karpát sú tieto závrty a na ne naviazaný podzemný priestor však ostro vpišaným znakom a charakterom Čachtickej planiny. Čo do veľkosti a tvaru, možno závrty klasifikovať za štandardné pre oblasť Malých Karpát. Až 51 závrto dosahuje obvodu od 10 do 40 m, s hĺbkou od 1 do 5 m. Zaujímavým výsledkom je takmer absencia závrto v jednej z najvýraznejších dolín planiny – Hlbokej doline. Možno je to spôsobené dynamikou prostredia. Na základe nadmorskej výšky možno vysledovať dva významné horizonty, na ktorých závrty vznikali. Prvý horizont je v rozsahu 314 až 361 m n. m. a druhý v rozmedzí nadmorských výšok 498 až 550 m. Tieto významné horizonty môžu súvisieť so zarovnávaním plošiny vo viacerých fázach (Mitter, 1974).

Náš výskum poukázal na významné naviazanie závrtovej línie na tektoniku. Litológické rozhrania, veľakrát v homogénnych vápencoch, i keď pripúšťame určitú variabilitu v rámci súvrství, majú iba minoritný podiel na vzniku závrto.

Takisto sme preukázali, že nie vždy je smer predĺženia závrta zhodný so smerom štruktúry (doliny), na ktorú je naviazaný. To znamená, že závrty vznikajú na kombinácii viacerých diskontinuit v masíve. A záleží teda od významnosti poruchy a jej hĺbkového umiestnenia, a neskôr pravdaže aj od povrchových činiteľov, aký bude výsledný tvar závrta. Najpočetnejší smer najdlhších osí závrto (ZSZ – VJV) korešponduje so zlomovým systémom, na ktorý sú viazané doliny a povrchové toky. Ďalšími významnými smermi, podieľajúcimi sa na vzniku závrto, sú S – J a SZ – JV. Toto sú trendy, ktoré môžu speleológovia očakávať aj v podzemných priestoroch objavených, či ešte neobjavených jaskýň. Aj na práve takéto praktické využitie sa náš článok pokúsil zamerať.

Podakovanie. Príspevok bol vypracovaný s podporou projektu APVV-16-0146. Podakovanie patrí zároveň jaskyniarom, podieľajúcich sa na výskume tejto krasovej oblasti, Ing. Richardovi Zipserovi zo Správy Chránenej krajinej oblasti Malé Karpaty a RNDr. Jurajovi Littvovi, PhD. za vizualizáciu diagramov. Osobitné podakovanie patrí Borisovi Blaškovičovi zo Speleoklubu Strážovské vrchy, ktorý nám bol nápomocný pri terénnom výskume. Ďakujeme RNDr. Milošovi Briestenskému, PhD. za odbornú recenziu, ktorá ešte zvýšila kvalitu manuskriptu.

LITERATÚRA

- Began, A., Hanáček, J., Mello, J. & Salaj, J. 1984. Geologická mapa Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a čachtických Karpát. Bratislava, Slovenský geologický úrad – Geologický ústav Dionýza Štúra.
- Bondesan, A., Meneghel, M. & Sauro, U. 1992. Morphometric analysis of dolines. *International Journal of Speleology*, 21, 1–4, 1–55.
- Castiglioni, B. 1991. Some morphometric and environmental aspects of dolines in Berici Hills (Venezia, Italy). *Proceeding of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas – I.G.U.-U.I.S.*, 15–27 Sept. 1991. *Quaderni del Dipartimento di Geografia*, 13, 143–156.

- Cvijić, J. 1893. Der Karstphänomen. Geographische Abhandlungen, 5, 219–329.
- Havrila, M. 2011. Hronikum: paleogeografia a stratigrafia (vrchný pelsón – tuval), štrukturalizácia a stavba. Geologické práce, 117, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 7–103.
- Hochmuth, Z. 2004. Rozdiely v intenzite povrchového skrasovatenia na jednotlivých planinách Slovenského krasu. Geomorfologia Slovaca, 4, 2, 30–35.
- Hochmuth, Z. 2008. Krasové územia a jaskyne Slovenska. Geographia Cassoviensis, 2, 2, 11–18.
- Jakál, J. 1975. Kras Silickej planiny. Osveta, Martin, 149 s.
- Jakál, J. 1993. Karst geomorphology of Slovakia. Typology. Geographia Slovaca, 4, Bratislava, 38 p.
- Kullman, E. 1990. Krasovo-puklinové vody. 1. vydanie, Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 186 s.
- Kullman, E., Malík, P. & Vrana, K. 1994. Podzemné vody karbonátov mezozoika Čachtických Karpát (Groundwaters in Mesozoic carbonates of the Čachtické Karpaty Mts.), Západné Karpaty, séria hydrogeológia, inžinierska geológia a geotermálna energia, 12, 63–117.
- Littva, J., Hók, J. & Bella, P. 2015. Cavitonics. Using caves in active tectonic studies (Western Carpathians, case study). Journal of Structural Geology, 80, 47–56.
- Mazúr, E. & Lukniš, M. 1980. Regionálne geomorfologické členenie SSR, M 1 : 500 000, Geografický ústav SAV, Bratislava.
- Mitter, P. 1974. Čachtický kras. Slovenský kras, 12, 115–134.
- Petrvalská, A. 2010. Morfometrická analýza závrťov na príklade Jasovskej planiny (Slovenský kras). Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 10, 1, 33–44.
- Salaj, J., Began, A., Hanáček, J., Mello, J., Kullman, E., Čechová, A. & Šucha, P. 1987. Vysvetlivky ku geologickej mape Myjavskej pahorkatiny, Brezovských a Čachtických Karpát. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 181 s.
- Segre, A. G. 1948. I fenomeni carsici e la speleologia del Lazio. Pubblicazioni dell'Istituto di Geografia dell'Università di Roma, 7, 236 p.
- Stankoviansky, M. 1979. Geomorfologické pomery Čachtických Karpát s osobitným zreteľom na Čachtický kras. Slovenský kras, 17, 59–76.
- Šmída, B. 2008. Krasové jamy (závrty) Západných Karpát. Štúdium ich morfológie a genézy. Minimová práca, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, 113 s.
- Šmída, B. 2019. Závrty Čachtickej planiny. Internetový zdroj: <http://www.mesacnytien.sk/titulka/kras-a-jaskyne-na-slovensku/male-karpaty/cachticky-kras/o-zavrtoch-cachtickej-planiny>
- Veselský, M., Lačný, A. & Hók, J. 2014a. Závrty na Dlhom vrchu: modelová štúdia ich vzniku na lineárnych diskontinuitách (Malé Karpaty). Acta Geologica Slovaca, 6, 2, 159–168.
- Veselský, M., Ágh, L., Lačný, A. & Stankoviansky, M. 2014b. Závrty na krasovej plošine Biela skala a ich morfometrická analýza, Kuchynsko-orešanský kras, Malé Karpaty. Slovenský kras, 52, 2, 127–139.
- Vince, L. 2000. Geológia Čachtického krasu alebo fantázia prútkára. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 31, 2, 43–45.
- Vojtko, R., Hók, J., Kováč, M., Sliva, L., Joniak, P. & Šujan, M. 2008. Pliocene to Quaternary stress field change in the Western Carpathians (Slovakia). Geological Quarterly, 52, 1, 19–30.
- Williams, P., 1972. Morphometric analysis of polygonal karst in New Guinea. Geological Society of America Bulletin, 83, 3, 761–796.
- Williams, P. 2004. Dolines. In Gunn J. (Ed.): Encyclopedia of Caves and Karst Science. Taylor and Francis Group, London, 304–310.
- Zoznam jaskýň SR (stav k 21. 12. 2017). SMOPaJ, Liptovský Mikuláš 2018, 528 s.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	165 – 176	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

SPRACOVANIE A ZDIEĽANIE DÁT Z POZEMNÉHO LASEROVÉHO SKENOVANIA KOMPLEXNÉHO JASKYNNÉHO SYSTÉMU NA PRÍKLADE JASKYNE DOMICA

JOZEF ŠUPINSKÝ – ZDENKO HOCHMUTH – JÁN KAŇUK
– VLADIMÍR SEDLÁK – JÁN ŠAŠAK

Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach, 041 00 Košice;
jozef.supinsky@upjs.sk; zdenko.hochmuth@upjs.sk; jan.kanuk@upjs.sk; vladimir.sedlak@upjs.sk;
jan.sasak@upjs.sk

J. Šupinský, Z. Hochmuth, J. Kaňuk, V. Sedlák, J. Šašak: Processing and sharing of terrestrial laser scanning data of complex cave system on example of the Domica Cave

Abstract: Terrestrial Laser Scanning (TLS) cave mapping is well developed and has been used for many caves. Most of the work in which TLS is used for mapping is dedicated only to large domes, or to easily accessible cave corridors. Until now, there have been no published papers that have been subjected to TLS mapping for difficult to access cave sections. On the example of mapping over 1000 positions using the TLS method, we point out the possibility of using this method under any conditions, while maintaining a high positioning accuracy and density of the recorded point cloud representing the cave. In addition to the hard-to-reach parts of the cave, sharing and visualizing such large data is a problem, which requires increased demands on the hardware performance of used computer and user knowledge of using specialized software. For this reason, a number of point cloud indexing tools are being developed. These tools drawing only a small portion of the data where is the user targeted and thus being able to use weaker devices without the need to install additional software. An example of such a tool is the Potree visualization tool developed at TU Vienna implemented in the LAsTools software package. The big advantage of sharing results is the possibility of free access to data and their download for everyone. In this paper, we focus on the issue of data collection, processing and sharing in cave mapping using TLS, which builds on previous experiences of members of the author's team in the field of research and mapping of caves.

Key words: Domica – Čertova diera Cave system, Slovak Karst, point cloud, terrestrial laser scanning (TLS), data sharing, data visualization

ÚVOD

Jaskyne sú jednou z posledných oblastí na Zemi, ktorých mapovanie a poznanie má značné limity najmä z dôvodu obmedzeného prístupu. Pri ich skúmaní je často problematické, dokonca až nemožné, použitie konvenčných mapovacích metód. Využívané mapovanie pomocou magnetického polygónového ťahu vytvára iba schematický a málo presný pohľad na jaskyňu. Aj keď existuje široká škála metód pre mapovanie jaskýň (Hochmuth, 1995) od tachymetrie, U-GPS (Wenger, 2004), pozemnej fotogrametrie (Triantafyllou et al., 2019), sonaru (Stipanov et al., 2008), či využitia aktívnej (Chamberlain et al., 2000) alebo pasívnej tomografie (Barnaföldi et al., 2012) môžeme konštatovať, že klasické banské

meračské metódy nie je v súčasnosti možné úplne nahradiť novými prístupmi, ktoré však môžu byť v určitých častiach jaskyne použité ako doplnková forma mapovania. Preto je stále potrebné zaznamenávať polygónový ťah jaskyne. Je však možné realizovať ho s použitím pozemného laserového skenovania (PLS). Princíp PLS (Vosselman a Maas, 2010) spočíva v opakovanom meraní vzdialenosti vzhľadom k povrchu, na ktorý je emitovaný laserový lúč. Pri laserovom skenovaní sa rozlišuje statické pozemné laserové skenovanie z jedného stanoviska, letecké laserové skenovanie (LLS) a mobilné laserové skenovanie (môže byť využitý pozemný aj letecký skener), kedy v reálnom čase dochádza k pohybu a zaznamenávaniu trajektórie mapovania vzhľadom ku ktorej sú vynášané zaznamenané body. Využitie PLS sa ukazuje presnejším ako využitie mobilného (Zlot et al., 2014), či dokonca mobilného UAV laserového prístupu (Kaul et al., 2015). Mobilné metódy sú závislé od schopnosti zaznamenať trajektóriu letu, kedy je potrebné určiť polohu zariadenia v čase emitácie pulzu pomocou inerciálnej meracej jednotky (IMU), ktorej schopnosť záznamu v čase je menej presná, než je frekvencia emitácie laserového lúča. Tieto nedostatky je následne nutné vyrovnať a jedným z riešení je simultánna lokalizácia a mapovanie (SLAM). Podľa Bao et al. (2019) až po zakomponovaní atómových hodín do tohto druhu zariadení sa zbavíme limitácie spôsobenej nedostatočnou časomierou, čím sa zdokonalí lokalizácia polohy merania v priestore a samotná poloha bodov. PLS je preto metóda často používaná aj pre prieskum a 3D rekonštrukciu komplexných povrchov ako jaskynné chodby a dómy (Buchroithner a Gaisecker, 2009), ako aj pre rôzne geologické (Hoffmeister et al., 2014), geomorfologické (Fabri et al., 2017), glaciologické (Gašinec et al., 2012; Kamintzis et al., 2017) aplikácie v jaskyniach, pričom výsledok je získaný vo vysokom priestorovom rozlíšení a za relatívne krátky čas (Mohammed Olu-dare a Pradhan, 2016). Aj PLS však so sebou nesie dávku neurčitosti vo forme kumulácie systematickej chyby merania. Tá môže na neuzavretých meračských ťahoch dosahovať vysoké odchýlky, kedy je nutné vzhľadom k voľnosti translácie a rotácie pozícií dbať na precíznosť spracovania získaných dát z terénu.

Naším cieľom bolo detailné mapovanie rozsiahleho jaskynného systému Čertova diera – Domica metódou PLS za účelom dokumentácie systému a výskumu hydrologických fenoménov prostredníctvom komplexných 3D modelov jaskyne. Pri mapovaní sme sa preto sústredili na zaznamenanie priebehu vodných tokov v jaskynnom systéme pre vytvorenie spojitého mračna obsahujúceho vybudované hydrologické profily. Okrem tohto sa snažíme o inovatívny prístup s využitím 3D vizualizačného nástroja Potree (Schuetz, 2016) pre zdieľanie nami zaznamenaných dát, kedy sa nám podarilo kombináciou leteckých a pozemných lidarových dát spracovať interaktívny webový portál jaskyne Domica a okolia. V jaskyni Domica sme pokračovali v meračských prácach s rozsiahlym využitím PLS v nesprístupnených častiach jaskyne, ktoré neboli mapované v roku 2014 (Gallay et al., 2015) a v roku 2017 (Šupinský et al., 2018). Zamerali sme sa na prekonanie ťažkých úsekov s čo najvyššou presnosťou zberu dát, pričom sme riešili najmä problémy s registráciou dát zo skenovania vzhľadom k nie vždy priechodným častiam jaskyne (občasné sifóny, nízka miera prekrytu dát) a integráciu s nehomogénnym lidarovým datasetom, ktorá bola problematickejšia, ako sme na začiatku prác predpokladali. Okrem nami získaných dát z PLS sme do výsledného webového portálu zakomponovali aj letecké lidarové dáta, ktoré nám pomáhajú podať informáciu o priestorovom vzťahu podzemia s povrchom. V predkladanom príspevku sa komplexne venujeme celému procesu od zberu a spracovania, až po vytvorenie portálu jaskyne, kedy sa nám podarilo zachytiť hlavnú hydrologickú sieť podzemných vodných tokov jaskynného systému Čertova diera – Domica.

OBJEKT VÝSKUMU

Výskumné územie predstavuje lokalita jaskyne Domica, ktorá je pre potreby nášho výskumu zaujímavá z viacerých dôvodov. Jaskyňa je špecifická jarnými povodňami vo veľkých priestoroch Majkovho domu, kde je možné sledovať správanie sa vodného toku a zmenu jeho prirodzeného koryta. Tento výskum je podporený systematickým sledovaním pomocou monitorovacej siete zloženej z meracích zariadení meteorologických staníc (WH 1080 a 1090) a hydrologických profilov s tlakovými sondami MARS (Hochmuth a Gessert, 2016). Pre relevantnú interpretáciu výsledkov je nevyhnutné vychádzať z podrobného komplexného modelu jaskyne, nakoľko klasická speleologická mapa je pre tieto účely nepostačujúca. Priebežné výsledky mapovania pomocou PLS, týkajúce sa najmä sprístupnenej časti jaskyne Domica, boli publikované v prácach Gallay et al. (2015) a Hofierka et al. (2016). Súčasťou mapovania v roku 2014 bolo aj LLS južnej časti Silickej planiny, ktoré podáva informáciu o formách georeliéfu a ďalších objektoch na povrchu nad jaskyňou (Hofierka et al., 2017). Na mapovanie v jaskyni sme nadviazali v rokoch 2017 a 2018, kedy bola metódou PLS zaznamenaná morfológia jaskynného systému od Čertovej diery po maďarskú hranicu.

Jaskyňa Domica je súčasťou geomorfologického celku Slovenský kras, ktorý je typický svojím planinovým charakterom s množstvom krasových foriem. Cezhraničný jaskynný systém Domica-Baradla s dĺžkou 26 065 m je hranicou rozdelený na Slovenskú Domicu s dĺžkou 6603 m (Spravodaj SSS 1/2017) a maďarskú Baradlu. Jaskyňa bola zostupom zo Starej Domice v roku 1926 objavená Jánom Majkom (Droppa, 1961), ktorému sa ju podarilo v roku 1929 spojiť s Čertovou dieru. Po Skalistom potoku ide o druhú najdlhšiu známu jaskyňu v Slovenskom krase. Jaskyňa je spolu s ďalšími jaskyňami Aggtelektského a Slovenského krasu od 2. 2. 2001 v zozname svetového dedičstva UNESCO. Podrobná charakteristika jaskynného systému Domica-Baradla je publikovaná v práci Gaál a Gruber (2014). Jaskyňa bola od objavenia mnohokrát premapovaná, pričom prvé mapovanie prebiehalo v roku 1932 pod vedením Paloncyho (Paloncy, 1932). Postupne sa s využitím rôznych techník mapovania vystriedalo viacero meračov, ktorí sa prevažne zamerali na sprístupnené časti jaskyne, najmenej problematické pre mapovanie (Roth, 1937; Novoveský, 1975). Najkomplexnejšiu mapu jaskyne vyhotovil Droppa a Chovan (Droppa, 1972) a dnes prebieha pod vedením Hochmutha, ktorý vyhotovil spojitý meračský ťah priestorov a postupne dochádza ku premapovávaniu všetkých častí jaskyne (Hochmuth, 2014).

Jaskyňa Domica a jej okolie je taktiež predmetom viacerých hydrologických štúdií (Klaučo et al., 1999; Peško, 2003; Haviarová et al., 2010), ktoré realizovali najmä pracovníci Správy slovenských jaskýň (SSJ). Na základe uvedených prác môžeme konštatovať, že jaskynný systém je občasne dopĺňaný vodami z povrchového vodného toku Domický potok a v období intenzívnych zrážok a topenia snehu voda infiltruje cez ponory a v podzemí vytvára občasný tok Styx, do ktorého sa vlieva Domický potok. Aj napriek rozsiahlym poznatkom o režime vodných tokov z ich predchádzajúceho dlhodobého monitoringu a prijatým ochranným opatreniam dochádza v Domici k hydrologickým situáciám, ktoré nie sú dostatočne vysvetlené.

ZBER A SPRACOVANIE DÁT

Pri nami vykonanom mapovaní v rokoch 2017 (Šupinský et al., 2018) a 2018 sme pracovali so skenerom RIEGL VZ-1000, ktorý vysiela blízke infračervené vlnenie (1550 nm) s vysokou polohovou presnosťou meraných bodov (± 3 mm) a maximálnym

dosahom skenovania až 1400 m (Riegl, 2015). Vzhľadom k nižšej polohovej presnosti bodov v blízkosti skenera, ktorá súvisí s meraním času pri pulznom type skenera, sú objekty bližšie ako 1,5 m automaticky odstránené z bodového poľa scén. Rozmery skeneru sú $0,3 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m}$ a s batériami váži približne 10 kg, pričom technické riešenie zariadenia s umiestňovaním fotoaparátu na skener obmedzuje skenovanie v zenitovom smere na 100° , čo je nutné eliminovať väčším množstvom skenovacích pozícií, resp. vertikálnym skenovaním. Keďže ide o zariadenie navrhnuté predovšetkým pre využitie pri povrchovej banskej činnosti, skenery od výrobcu Riegl sú robustnejšie a odolnejšie aj voči zvýšenej prašnosti. Po skenovaní v Čertovej diere sme pri nabíjaní batérií pravidelne zo zariadenia vysypávali jemný vápencový prášok, ktorý sa dostal v podobe aerosólov do nechránených chladiacich častí zariadenia.

Zber dát bol zameraný na čo najlepšie zaznamenanie jaskynných chodieb s ohľadom na presnosť registrácie dát a množstvo pozícií. Vynechaním terčov sme sa snažili ušetriť čas strávený mapovaním, pričom ich rozmiestnenie by bolo problematické najmä v Čertovej diere a Panenskej chodbe. Pri mapovaní sme okrem statívu použili aj doplnkové pomôcky ku meracej technike, ako napr. platformu pre skenovanie v miestach s elastickým podkladom (obr. 1A), dosku so skrutkou pre skenovanie v úzkych priestoroch, zmenšený statív, podložku pre mapovanie úzkych priestorov aj s výskytom vody (obr. 1B) a podložku na vertikálne skenovanie v prípade úzkych komínov. Všetky tieto nevyhnutné meračské pomôcky vyhotovil Hochmuth na mieru pre daný typ skenera. Plavby v Domici boli skenované počas najnižšieho vodného stavu, kde bolo potrebné použiť spomínanú platformu pre skenovanie na nestabilnom bahennom podklade.

Po prekonaní druhej plavby sme niekoľko pozícií skenovania vyniesli na povrch cez druhý východ, kde prebehlo meranie registračných bodov, ktoré slúžili pre umiestnenie výsledného mračna bodov do súradnicového systému S-JTSK a Bpv. Meranie registračných bodov bolo realizované pomocou metódy GNSS prístrojom „TOPCON HiPER II“, s referenčným pripojením na observačnú službu SKPOS. Meranie bodov sa vykonalo v trvaní 15 sekúnd metódou RTK s využitím váženého priemerovania. Súradnice bodov v súradnicovom systéme S-JTSK03 a výškovom systéme Bpv boli vypočítané pomocou softvérov TopconLink a TopconTools fy. Topcon. Následne boli transformované do súradnicového systému S-JTSK pomocou rezortnej transformačnej služby.

Ďalej sme postupovali k maďarskej hranici, pričom problematické úseky boli hlavne v oblasti Kaskádovej siene s nutnosťou zamerania komínu a v závere pri prechode hraničnej mreže. V roku 2018 sme sa sústredili najmä na mapovanie v Čertovej diere, ktorú sme pripojili k predchádzajúcemu mapovaniu cez Rúru, pričom najužšie miesto v lokalite Majkova prepojka bolo len o pár centimetrov väčšie, ako sú rozmery zariadenia. V závere, pri nízkom vodnom stave, sme zaznamenali chýbajúcu časť od Panenskej chodby po ústie toku Styx v Majkovom dome a Štôľnu Domického potoka. V rokoch 2017 a 2018 sme v Domici a Čertovej diere skenerom RIEGL zaznamenali 712 pozícií, čo po napojení na predchádzajúce mapovanie spolu tvorí databázu z 1039 skenovacích pozícií (tabuľka 1).

V prvej fáze šlo o náročný pohyb v blate druhej plavby s množstvom lokálnych depresií naplnených vodou. Za hrádzou druhej plavby bol pohodlný vzpriamený pohyb až po maďarskú hranicu, kde sme používali len statív s pomôckou pre umiestnenie skenera v blate (obr. 1A). Vynesenie mapovania na povrch cez druhý východ v závrte a spojenie povrchovým ťahom s Čertovou dierou bolo nutné pre uzavretie meračských ťahov. V Čertovej diere bol najnáročnejší transport skenera, na ktorý sme používali špeciálne puzdro, aby nedošlo k poškodeniu zariadenia. Na mapovanie zúžených priestorov s väč-



Obr. 1. Príklady pomôcok použitých pri mapovaní v náročných podmienkach: platforma pre pohyb v zamokrených úsekoch (A) a podložka pre mapovanie v zúžených podmienkach bez statívu (B)
 Fig. 1. Examples of instruments used for mapping in difficult conditions: platform for movement in wet sections (A) and mapping pad for use in restricted conditions, without a tripod (B)

ším množstvom zákrytov, kde by bolo vhodnejšie použiť menšie skenovacie zariadenie, sme používali dosku so skrutkou a v lepších častiach zmenšený statív. Po zostúpení k riečisku toku Styx sme sa sústredili na zameranie všetkých hydrologických profilov a spojenie od Čertovej diery ku jaskyni Domica. Tu sme používali „stolček“ (obr. 1B), aby nedošlo k prípadnému namočeniu skenera do vody. Dobrá chodba a Blúdivá sieň nie sú dostatočne spojené z dôvodu celoročného výskytu vody. Sifón za umelým spojením Suchej a Panenskej chodby v Domici bol doplnený pri poslednom mapovaní. Práve vďaka mapovaniu bol identifikovaný pred Zrúteným dómom komín, ktorý sa nevyskytuje na žiadnej mape, pričom dosahuje výšku až 25 m. Mapovanie trvalo spolu 21 dní, pričom v odlahlých a vertikálne členitých priestoroch bol najnáročnejší transport materiálu na miesto skenovania. Celkovo trvalo skenovanie približne 100 h (cca 10 min na pozíciu). Priemerná dĺžka skenovania v rámci jednej pozície bola 80 s, pri vertikálnom a horizontálnom zázname bodov každých $0,06^\circ$ a v závislosti od veľkosti priestorov bolo zaznamenaných približne 9 miliónov bodov na pozíciu. V tejto súvislosti je potrebné upozorniť aj na objem spracovaných dát, ktorý nebol triviálny. Ako uvádza Hofierka et al. (2017), objem dát rastie priamo úmerne s množstvom skenovacích pozícií, preto je nutné zvoliť postačujúcu mieru detailu, ako aj vhodnú metódu filtrovania dát.

Registračný proces prebiehal od vnútornej a vonkajšej registrácie, cez filtrovanie a export dát. Po načítaní jednotlivých scén do registračného projektu boli odstránené body, ktoré sú z hľadiska vnútornej registrácie problematické. Ide najmä o body, ktoré sú označované ako šum, ktorý vzniká pri dopade laserového lúča na vodu, ktorá zrkadlí, prípadne pri falošných odrazoch v miestach, kde stopa laserového lúča dopadne na rozhranie objektov. Odstránením šumu dokážeme znížiť výslednú chybu registrácie pri použití automatického cloud-to-cloud prístupu, kde sú vzájomne porovnávané mračná bodov alebo ich deriváty. Tento šum možno odstrániť ručne vyhľadávaním falošných odrazov (Gómez-Lende a Sánchez-Fernández, 2018) alebo sa dá pristúpiť k automatickému filtrovaniu dát, ktoré však často nemusí fungovať správne. Vnútnú registráciu vzájomných pozícií je možné vykonať manuálne vyhľadávaním registračných objektov, pričom ide o podobný postup ako pri georeferencovaní rastrového objektu v GIS prostredí, kedy vyhľadávame aspoň 4 totožné páry. Po manuálnej registrácii dát sa zvyčajne používa automatické vyrovnanie

Tabuľka 1. Zoznam mapovaní v jaskyni Čertova diera – Domica

Table 1. List of surveys in the Čertova diera – Domica Cave

Dátum	Lokalita	Čas [h]	Podmienky	Pozície	Skener
3. 3. 2014	Domica – vchod – Dóm indických pagod	8	Chodník	98	FARO
4. 3. 2014	Domica – Dóm Indických pagod – vchod	8	Chodník	50	FARO
5. 3. 2014	Domica – Panenská a Suchá chodba	8	Chodník	99	FARO
6. 3. 2014	Domica – domerávka Panenskej chodby + Majkov dóm + domerávka od Samsonových stĺpov k Posvätej chodbe	8	Suché časti	80	FARO
1. 12. 2017	Domica – Prvá plavba a začiatok druhej plavby	4	Blato	37	RIEGL
13. 12. 2017	Domica – dokončenie druhej plavby	4	Blato	32	RIEGL
20. 12. 2017	Domica – Druhá plavba – Kaskádová sieň + zameranie II. východu	4	Suché časti	61	RIEGL
29. 12. 2017	Domica – dokončenie po maďarskú hranicu	4	Suché časti	59	RIEGL
18. 1. 2018	Domica – Klenotnica + zameranie východu k I. plavbe	4	Suché časti	43	RIEGL
4. 2. 2018	Čertova diera – vchod až rebrík za Predným dómom	4	Úzke priestory	33	RIEGL
18. 2. 2018	Čertova diera – Majkov dóm	4	Úzke priestory	25	RIEGL
25. 2. 2018	Čertova diera – plazivky po Zrútený dóm	4	Úzke priestory	37	RIEGL
2. 3. 2018	Čertova diera – k Dómu českých colníkov	4	Blato	43	RIEGL
3. 4. 2018	Povrch – II. východ po Líščiu dieru	4	Povrch	56	RIEGL
7. 4. 2018	Povrch – Líščia diera – Čertova diera	4	Povrch	18	RIEGL
27. 4. 2018	Čertova diera – Bočný dóm	4	Úzke priestory	13	RIEGL
21. 8. 2018	Domica – od Rúry k Majkovmu prekopu	4	Úzke priestory	51	RIEGL
23. 8. 2018	Čertova diera – Majkov prekop k Dómu českých colníkov + Nebezpečný dóm	4	Blato	46	RIEGL
16. 11. 2018	Čertova diera – Vysoký dóm	4	Úzke priestory	37	RIEGL
20. 11. 2018	Čertova diera – Dobrá chodba + Blúdivá sieň	4	Blato + Voda	36	RIEGL
23. 11. 2018	Domica – tok Styxu od Panenskej chodby po Majkov dóm a Domický potok k štôlni	4	Blato + Voda	85	RIEGL
Spolu 21 dní		100		1039	

na základe rôznych prístupov, kedy sú použité buď celé mračná bodov, čo je výpočtovo náročný proces, alebo sa odvodzujú jednoduchšie zriadené vzorky, kde je porovnávaný pôdorys, orientácia normálových vektorov, či iné prístupy, ako napríklad porovnávanie ostrých prechodov na hranách objektov. Týmto krokom zabezpečíme vzájomné vyrovnanie pozícií až po uzavretie meračského ťahu, čím zlepšíme polohovú presnosť dát. Následne je v prípade nutnosti možné transformovať dáta z tohto lokálneho projektového súradnicového systému do „globálneho“ súradnicového systému v procese vonkajšej registrácie, ktorá je v prípade použitia registračných bodov („tie points“) podobná procesu manuálnej vnútornej registrácie skenovacích pozícií (Riegl, 2015).

Skenovacie pozície boli spracované v softvéri RiSCAN PRO, pričom nepoužiteľná bola len jedna pozícia v oblasti Kaňonu pri maďarskej hranici, kedy pravdepodobne došlo vplyvom plastického piesčitého podložia k poklesu skenera počas skenovania z dôvodu, že sme nepoužili platformu pre skenovanie v zamorených úsekoch. Vnútoraná registrácia dát prebiehala najprv manuálne vyhľadávaním 4 identických bodov na susedných pozíciách a v druhom kroku prebehla registrácia cez MSA (Multi Station Adjustment) metódou robust fitting (Ullrich et al., 2003), kde bola potrebná tvorba polydát cez nástroj „plane patch filter“. Odvozené polydáta reprezentujú bodové pole centroidov plôšok vyhľadávaných na základe stanovených kritérií. Použitie metódy robust fitting (metóda priameho naloženia – MPN) je vhodnejšie než použitie metódy least square fitting (metóda najmenších štvorcov – LSF), pretože dokáže lepšie reagovať aj na extrémne hodnoty tzv. „outliers“, ktoré pri použití LSF spôsobujú problém pri registrácii dát, kedy dochádza ku vyššej chybe vnútornej registrácie. Následne prebehlo automatické vyhľadávanie identických normálových vektorov z odvodených dát v polomere 0,25 m a sklonom v rozsahu 5°, čím sme získali väčšie množstvo registračných bodov, než prípadným použitím registračných terčov a zabezpečili tak spresnenie manuálnej registrácie skenovacích pozícií. Pri manuálnej registrácii sa smerodajná odchýlka pohybovala v priemere od 15 až do 8 mm a po následnom použití MSA s MPN bola výsledná smerodajná odchýlka vnútornej registrácie vzájomných pozícií **3 mm**.

Pôvodne integrácia dát z oboch skenovaní prebehla v prostredí RiSCAN PRO pomocou celého mračna bodov z predchádzajúceho mapovania skenerom FARO ako ďalšej skenovacej pozície, kedy sme sa snažili o registrovanie dát k nášmu mapovaniu (Šupinský et al., 2018), no práca s celým bodovým poľom bola náročná vzhľadom na objem dát, rozdielnu hustotu bodových poľí a odvodených dát pre registráciu ako aj vplyvom rozdielov z dôvodu rekonštrukcie chodníkov a zábradlí, kde miestami pribudla 5 cm vrstva nového povrchu. Z dôvodu nedostatočného množstva dát došlo k premapovaniu priestorov z Majkovho domu po východ z jaskyne, čím sme zabezpečili väčší prekryt dát v S – J smere. Zistili sme však, že aj pri takejto registrácii vznikli chyby spojené s odlišným typom predchádzajúcej registrácie a nevyrovnanie Gotického domu pri mapovaní v roku 2014, ktorý bol napojený manuálne na základe 4 bodov, čo spôsobilo hrubú chybu registrácie dát a problémy pri uzavretí meračského ťahu. Nakoniec sme tento problém vyriešili importovaním všetkých pozícií z roku 2014 do projektu v programe RiSCAN PRO a preregistrovaním cez MSA pomocou MPN ako u zvyšku dát, čím sme zabezpečili korektnú integráciu s pôvodnými dátami.

Po integrácii dát sme pristúpili k vyrovnaniu šiestich uzavretých meračských ťahov (obr. 2). Statickou ostala len prvá pozícia nášho skenovania a k nej boli postupne vyrovnané po úsekoch všetky scény. K rozdeleniu po úsekoch sme museli pristúpiť z dôvodu vysokej výpočtovej náročnosti vyrovnávacieho výpočtu, ktorý trval pri najdlhšom štvrtom úseku



Obr. 2. Lokalizácia skenovacích pozícií
Fig. 2. Location of the scanning positions

od Rúry v Panenskej chodbe po vstupný areál jaskyne Domica so 400 pozíciami 5 dní. Pri uzavretí meračských ťahov dochádzalo k vyrovnaniu nakumulovanej systematickej chyby merania, ktorá napríklad pri 150 pozíciách bola 15 cm a vyrovnala sa medzi pozície zvýšením chyby o 1 mm na pozíciu, takže výsledná štandardná odchýlka registrácie dát je na úrovni **4 mm**. V úseku od konca druhej plavby po maďarskú hranicu nedošlo k uzavretiu meračského ťahu, čo mohlo vnieť nepresnosti vplyvom kumulovania systematickej chyby na neuzavretom meračskom ťahu. Polohová chyba v týchto častiach, vzhľadom k počtu pozícií na neuzavretom meračskom ťahu, dosiahla hodnotu až 20 cm. V tak extrémnych jaskynných podmienkach tiež nebolo možné zaistiť, aby na nasledujúcich pozíciách boli vždy zachytené registračné objekty v rovnakej kvalite záznamu k prináležiacim scénam pre ideálnu registráciu, preto je použitie MSA bez registračných objektov najlepšími riešením.

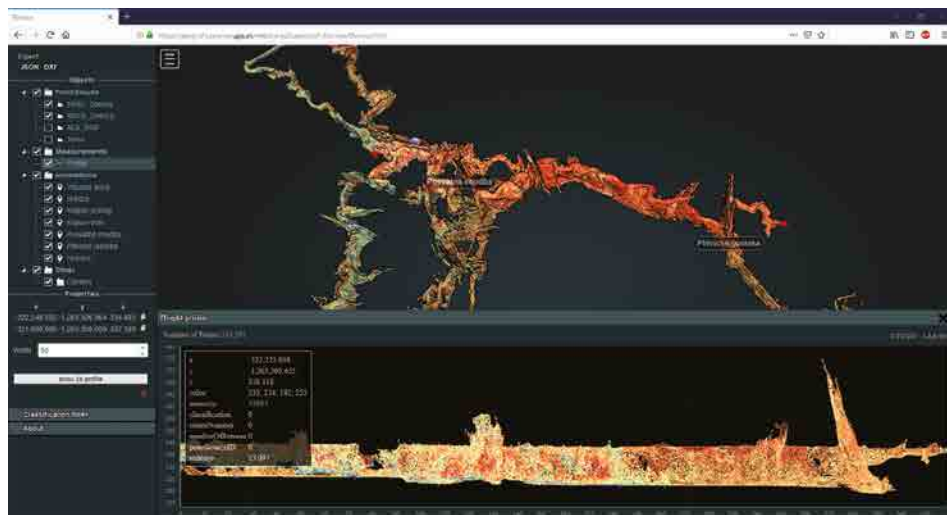
Po umiestnení vnútorne registrovaných dát do S-JTSK a Bpv bolo zistené, že dátam smerom na sever rastie nadmerne výšková súradnica, preto sme sa rozhodli vyhľadať v mračne okrem už skôr použitých colníckych bodov aj body z mapovania geologického prieskumu (Novovský, 1975) realizovaných v S-JTSK. Celkovo bolo v spracovanom mračne bodov identifikovaných 56 pôvodných meračských bodov. Pre vonkajšiu registráciu sme použili podmienku aspoň 8 referenčných bodov a dosiahnutie chyby menšej ako 5 cm. Získali sme tak 102 kombinácií, no len jedna registračná matica mala v kontrolných bodoch správne určené súradnice a výsledná chyba registrácie do S-JTSK a Bpv je **16,6 mm**. Na sledovanom hraničnom medzníku sa napríklad nadmorská výška menila od 312 do 324 metrov nad morom, pričom vždy bola chyba vonkajšej registrácie pod 5 cm. Kombináciou geodetických bodov a GNSS merania sa nepodarilo zaistiť chybu pod 5 cm, čo poukazuje na riziko použitia vlastných GNSS meraní pre registráciu do globálneho resp. národného súradnicového systému (Riegl, 2015). Registrované dáta boli z programu RiSCAN PRO exportované po pozíciách, pričom sa rozlišovali dáta z rozdielnych zariadení, ktoré tak v portáli vystupujú ako samostatné mračná bodov.

Dáta z leteckého skenovania boli umiestnené do národného súradnicového systému S-JTSK čo umožnilo integráciu dát z leteckého a pozemného mapovania. Dáta z leteckého laserového skenovania boli zafarbené na základe ortofotosnímkov z dôvodu lepšej orientácie vo vytvorenom mapovom portáli. Z bodov klasifikovaných ako terén bol tiež odvodený

model terénu formou lineárnej interpolácie, z ktorého boli extrahované 4 body na 1 m², aby sme pre vytvorenú webovú vizualizáciu získali hustejšie bodové pole pôsobiace spojitým dojemom. Všetky pripravené dáta z pozemného a leteckého laserového skenovania sme pomocou nástroja laspublish (Isenburg, 2018) spracovali do formy webového portálu, kde sme pridali niekoľko významných bodov, ktoré umožnia užívateľovi rýchlu navigáciu vo vytvorenom mračne bodov.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledkom postupu uvedeného v metodickej časti predkladaného článku bolo mračno bodov reprezentujúce jaskynný systém Čertova diera – Domica s prilahlými povrchovými časťami, umiestnené v národnom súradnicovom systéme S-JTSK a Bpv. Celkovo sme zmapovali približne 5 km chodieb pri variáciách rôznorodého povrchu od chodníkov, cez kamenný podklad, blato, piesok a prekonali zaplavené plochy. V záverečnej fáze spracovania dát sme pracovali s 1039 pozíciami, čo v plnom rozlíšení zodpovedalo vyše 20 miliardám bodov. Z dát boli odfiltrované body reprezentujúce šum. Dáta boli priestorovo zriedené na 1 cm, pričom po filtrácii bolo potrebné pracovať s približne dvoma miliardami bodov. Pri mapovaní sme sa stretli aj s javom, kedy v prípade sintra pokrytého jemným vodným filmom dochádzalo vo výnimočných prípadoch k zrkadleniu objektov. Pri výchoде z jaskyne v zimnom období zas došlo k vstupu studeného vzduchu, čo sa vo vytvorenom mračne bodov znázornilo na podlahe a strope ako šum. Z tohto dôvodu odporúčame vstupy do jaskýň skenovať v stabilných teplotných podmienkach, kedy dochádza k najslabšiemu pohybu vzduchových hmôt. Z dôvodu zachovania iných dát s nízkou odrazivosťou boli manuálne odstránené odrazy od vodnej hladiny a nežiaduce objekty ako osoby a meračská technika. Konečným produktom mapovania je portál spájajúci mračno bodov povrchu a jaskyne dostupný pre širokú verejnosť prostredníctvom webovej platformy (Portál). Práca s bodovým poľom je vizuálne efektívnejšia a autentickjšia ako práca s 3D modelom. Trojrozmerná vizualizácia jaskyne slúži najmä pre lepšiu predstavivosť distribúcie častí jaskyne vzhľadom na povrch. Takýto interaktívny webový portál ponúka širokú škálu možností zobrazovania a zdieľania dát. Vytvorený portál umožňuje vytvoriť výškový profil, ktorým je možné pripraviť rozvinutý rez vybranými priestormi doplnený napríklad o povrch. Tieto dáta si vie užívateľ stiahnuť a ďalej s nimi pracovať v špecializovaných softvéroch. Vytvorený portál (obr. 3) nie je mapou jaskyne, ale poskytuje všetky potrebné informácie o lokalizácii objektov v priestore, pričom je ochránený o neurčitost' vnesenú modelovaním, či skreslením mapy. Vytvorený webový portál nekladie na užívateľa špeciálne nároky, postačuje štandardná výbava počítača s internetovým pripojením a internetovým prehliadačom. Problémy s vykresľovaním mračna bodov môže byť spôsobené napríklad slabým internetovým pripojením, prípadne spomalenie vykresľovania je spôsobené nižšou kapacitou pamäte RAM. Odporúčame tiež použiť webový prehliadač Mozilla Firefox, ktorý pri testovaní portálu vykazoval najlepšie výsledky vykresľovania dát. Optimalizáciu vykresľovania je možné regulovať množstvom vykresľovaných bodov a množstvom zapnutých údajových vrstiev. Keďže v jaskyni neboli zabezpečené stabilné svetelné podmienky, pri mapovaní pomocou pozemného laserového skenera sme nefotili okolitú scénu. Z tohto dôvodu nie je možné vykresliť mračno bodov v pravých farbách. Na druhej strane vytvorený portál umožňuje vyfarbiť bodové polia cez rôzne iné parametre, ako napríklad intenzita odrazu, vyrovnaná intenzita, nadmorská výška. Užívateľ si tu môže všimnúť rôzne vlastnosti materiálov, kedy sa nám ukážu dáta s vyšším množstvom náteku a mokré oblasti s nízkou hodnotou



Obr. 3. Ukážka webového portálu s výškovým profilom časti priestorov doplnenými o gradient intenzity odrazu

Fig. 3. Preview of a web portal with a height profile of a part of cave spaces, supplemented by a gradient of reflection intensity

intenzity (modrá) a naopak suché a vysoko reflexné oblasti ako zábradlia a masívy s vysokou hodnotou intenzity (červená).

ZÁVER

Dokončením mapovacích prác v jaskyni sme získali ucelený priestorový obraz o systéme Čertova diera – Domica vo vysokom priestorovom rozlíšení. V článku prezentujeme postup mapovacích prác pomocou metódy pozemného laserového skenovania, ako aj metódy spracovania dát. Výsledkom je databáza, v ktorej sú umiestnené výsledky mapovania v podobe mračna bodov od roku 2014 do roku 2018. Následne bola vytvorená webová aplikácia, kde môžu užívatelia prezerat' priebeh jaskynného systému, vykonávať meranie a exportovať dáta pre potreby ďalšieho spracovania.

Spôsob spracovania dát umožňuje, aby sa v budúcnosti k prezentovanému mapovaniu bolo možné kedykoľvek napojiť a pokračovať ďalšími prepojkami a nezmapovanými úsekmi, pričom samotnú jaskyňu nezaťažujeme ďalšou stabilizáciou a signalizáciou meračských bodov. Takéto mapovanie vizualizované pomocou webového prehliadača nám slúži ako platforma aj pre zdieľanie výsledkov výskumu. Najjednoduchšie využité prezentovaného webového portálu vidíme pri virtuálnej prehliadke sprístupnených a nesprístupnených priestorov, čo môže slúžiť ku propagácii prírodného dedičstva.

Podakovanie. Príspevok vznikol aj vďaka členom jaskyniarskej skupiny Speleo UPJŠ J. Kovalíkovi, N. Lackovi a J. Miklošovi, ktorí sa zúčastnili na mapovaní. Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektov VEGA 1/0963/17: Dynamika krajiny vo vysokom rozlíšení, APVV-15-0054: Fyzikálne založená segmentácia georeliéfu a jej geovedné aplikácie. Webový portál je dostupný na adrese: <https://geografia.science.upjs.sk/webshared/Laspublish/Domica/Domica.html>

LITERATÚRA

- Bao, H., Cooper, A., Rowley, M., Di Lauro, L., Gongora, T. S. J., Chu, T. S., Little, E., B., Oppo, G., L., Morandotti, R., Moss, J. D., Wetzel, B., Peccianti, M. & Pasquazi, A. 2019. Laser cavity-soliton microcombs. *Nature Photonics*, 13, 6, 384–389.
- Barnaföldi, G. G., Hamar, G., Melegh, H. G., Oláh, L., Surányi, G. & Varga, D. 2012. Portable cosmic muon telescope for environmental applications. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 689, 60–69.
- Buchroithner, M.F. & Gaisecker, T. 2009. Terrestrial Laser Scanning for the Visualization of a Complex Dome in an Extreme Alpine Cave System. *Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation*, 4, 329–339.
- Chamberlain, A. T., Sellers, W., Proctor, C. & Coard, R. 2000. Cave detection in limestone using ground penetrating radar. *Journal of Archaeological Science*, 27, 10, 957–964.
- Droppa, A. 1961. Domica – Baradla, jaskyne predhistorického človeka. Šport, Bratislava, 1–151.
- Droppa, A. 1972. Príspevok k vývoju jaskyne Domica. *Československý kras*, 22, 65–72.
- Fabri, S., Sauro, F., Santagata, T., Rossi, G. & De Waele, J. 2017. High-resolution 3-D mapping using terrestrial laser scanning as a tool for geomorphological and speleogenetical studies in caves: An example from the Lessini mountains (North Italy). *Geomorphology*, 280, 16–29.
- Gaál, L. & Gruber, P. 2014. Jaskynný systém Domica-Baradla. Jaskyňa, ktorá nás spája. Aggteleki Nemzeti park, Aggteleki, 512 s.
- Gallay, M., Kaňuk, J., Hochmuth, Z., Meneely, J., Hofierka, J. & Sedlák, V. 2015. Large-scale and high-resolution 3-D cave mapping by terrestrial laser scanning: a case study of the Domica Cave, Slovakia. *International Journal of Speleology*, 44, 3, 277–291.
- Gallay, M., Hochmuth, Z., Kaňuk, J. & Hofierka, J. 2016. Geomorpho-metric analysis of cave ceiling channels mapped with 3-D terrestrial laser scanning. *Hydrology and Earth System Sciences*, 20, 5, 1827.
- Gašinec, J., Gašincová, S., Čermota, P. & Staňková, H. 2012. Uses of Terrestrial Laser Scanning in Monitoring of Ground Ice within Dobšinská Ice Cave. *Journal of the Polish Mineral Engineering Society*, 30, 2, 31–42.
- Gómez-Lende, M. & Sánchez-Fernández, M. 2018. Cryomorphological Topographies in the Study of Ice Caves. *Geosciences*, 8, 8, 274.
- Haviarová, D., Flaková, R., Seman, M. & Ženišková, Z. 2010. Formovanie chemického zloženia vód v jaskyni Domica. *Podzemná voda*, 13, 2, 153–161.
- Hoffmeister, D., Zellmann, S., Kindermann, K., Pastoors, A., Lang, U., Bubenzer, O., Weniger, G. C. & Bareth, G. 2014. Geoarchaeological site documentation and analysis of 3D data derived by terrestrial laser scanning. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, II-5, 173–179.
- Hofierka, J., Hochmuth, Z., Kaňuk, J., Gallay, M. & Gessert, A. 2016. Mapovanie jaskyne Domica pomocou terestrického laserového skenovania. *Geografický časopis*, 68, 1, 3–24.
- Hofierka, J., Gallay, M., Kaňuk, J. & Šašák, J. 2017. Modelling Karst Landscape with Massive Airborne and Terrestrial Laser Scanning Data. In Ivan, I., Singleton, A., Horák, J., Inspektor, T. (Eds.): *The Rise of Big Spatial Data, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Springer International Publishing, 1–14.
- Hochmuth, Z. 1995. Mapovanie jaskýň. Slovenská speleologická spoločnosť, Liptovský Mikuláš.
- Hochmuth, Z. 2014. História mapovania a vytvorenie spojitého meračského ťahu ako podkladu pre reambulovanie mapy Domice. *Slovenský kras*, 52, 2, 173–190.
- Hochmuth, Z. & Gessert, A. 2016. Povodne v Domici a hydraulický pulz. *Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti*, 47, 3, 30–33.
- Isenburg, M., 2018. LAStools – efficient LiDAR processing software (version 180812, licensed). <http://rapidlasso.com/LAStools>
- Kamintzis, J., Jones, P. P. J., Irvine-Fynn, T., Holt, O., Bunting, P., Jennings, S., Porter, P. R. & Hubbard, B. 2017. Assessing the applicability of terrestrial laser scanning for mapping englacial conduits. *Journal of Glaciology*, 64, 243, 37–48.

- Kaul, L., Zlot, R. & Bosse, M. 2015. Continuous-Time Three-Dimensional Mapping for Micro Aerial Vehicles with a Passively Actuated Rotating Laser Scanner. *J. Field Robotics*, 33, 103–132.
- Klaučo, S., Filová, J. & Peško, M. 1999. Hydrologický monitoring v jaskyni Domica v rokoch 1997 – 1998. *Aragonit*, 4, 11–14.
- Mohammed Oludare, I. & Pradhan, B. 2016. A decade of modern cave surveying with terrestrial laser scanning: A review of sensors, method and application development. *International Journal of Speleology*, 45, 1, 8.
- Novoveský, A. 1975. Technická správa, Domica 111-I-13. Geologický prieskum, n. p., Geologická služba podniku, geologická oblasť Rožňava. Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva.
- Paloncy, E. 1932. Jak sme měřili v Domici. *Krásy Slovenska*, 11, 48–53.
- Peško, M. 2003. Výsledky hydrologického monitoringu jaskyne Domica v rokoch 1999 – 2001. *Aragonit*, 8, 15–17.
- Riegl Laser Measurement Systems GmbH, Austria (2015). 3D Terrestrial laser scanner Riegl VZ-400 / Riegl VZ-1000 / Riegl VZ-2000 General Description and Data Interfaces.
- Roth, Z. 1937. Vývoj jeskyně Domice. *Bratislava*, 11, 129–163.
- Schuetz, M. 2016. Potree: Rendering Large Point Clouds in Web Browsers. Diploma thesis, Vienna University of Technology, 92.
- Stipanov, M., Bakarić, V. & Eškinja, Z. 2008. ROV use for cave mapping and modeling. *IFAC Proceedings Volumes*, 41, 1, 208–211.
- Šupinský, J., Hochmuth, Z. & Kaňuk, J. 2018. Integrácia dát z pozemného laserového skenovania pri mapovaní jaskýň. In *Inšpektor, T., Horák, J. & Růžicka J. (Eds.): GIS Ostrava 2018 GIS pro podporu bezpečnosti a krizového řízení*, 10.
- Triantafyllou, A., Watlet, A., Le Mouëlic, S., Camelbeeck, T., Civet, F., Kaufmann, O., Quinif, Y. & Vandycke, S. 2019. 3-D digital outcrop model for analysis of brittle deformation and lithological mapping (Lorette cave, Belgium). *Journal of Structural Geology*, 120, 55–66.
- Ullrich, A., Schwarz, R. & Kager, H. 2003. Using hybrid multi-station adjustment for an integrated camera laser-scanner system, *Optical 3-D Measurement Techniques IV, Volume I*, 298–305.
- Vosselman, G. & Maas, H. G. 2010. Airborne and terrestrial laser scanning. CRC.
- Wenger, R. 2004. La balise de positionnement U-GPS (Underground-GPS). *ISSKA Rapport Annuel* (Swiss Institute for Speleology and Karst Studies, La Chaux-de-Fonds), 13–14.
- Zlot, R. & Bosse, M. 2014. Three-dimensional mobile mapping of caves. *Journal of Cave and Karst Studies*, 76, 3, 191–206.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	177 – 196	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

ZÁKLADNÁ SPELEOLOGICKÁ A ZOOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA JASKÝŇ V OBLASTI BRÁL MLADUCHA V KOMORNÍCKEJ DOLINE, NÍZKE TATRY

MIROSLAV KUDLA¹ – PETER HOLÚBEK^{2,5} – JÁN OBUCH³ – JURAJ LITTVÁ⁴

¹ OS SSS Ružomberok; ŠOP SR – Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; miroslav.kudla@ssj.sk

² SK Nicolaus, Slovenská speleologická spoločnosť, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; holubek@sibir.sk

³ Botanická záhrada UK Bratislava, 038 15 Blatnica; obuch@rec.uniba.sk

⁴ ŠOP SR – Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; juraj.littva@ssj.sk

⁵ Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš; peter.holubek@smopaj.sk

M. Kudla, P. Holúbek, J. Obuch, J. Littva: Basic geological, geomorphological and zoological characteristics of caves in the area of Mladucha cliff in Komornícka Valley, Low Tatras

Abstract: The Komornícka Valley lying on the northern side of the Low Tatras and southerly from the Liptovská Štiavnica village was speleologically weakly explored area. Caving explorations of Mladucha and Čatná locations revealed 11 new caves. Some of them were probably known to local people. Cave surveys discovered lots of bone findings demonstrating their previous settlement by birds of prey. This article aims at bringing the basic speleological characteristics of the Mladucha location and interpretation of bone findings from its caves.

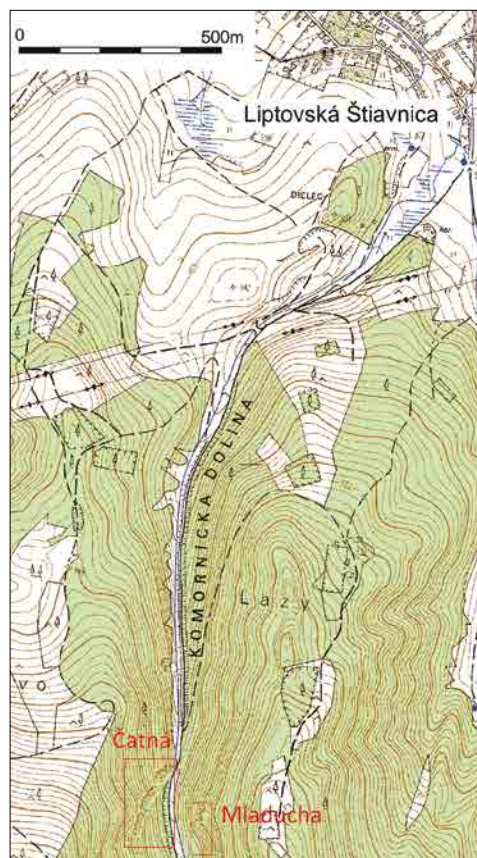
Key words: Komornícka Valley, Low Tatras, cavern, corrosion cave, eagle owl, pellets of owl, food

ÚVOD

V severnej časti Komorníckej doliny v Nízkych Tatrách sa po kalamite v roku 2014 úplne odkryla dovtedy iba čiastočne viditeľná dvojica brál na pravej strane doliny so súhrnným miestnym pomenovaním Mladucha, v ktorých sa po speleologickom prieskume zameralo a zdokumentovalo 11 jaskýň, ktoré sa doteraz nenachádzali v Národnej databáze jaskýň. Ide o fragmenty chodieb, pri väčšine z nich predpokladáme ďalšie pokračovanie. Po sondážnych prácach je tu možný postup do ďalších neznámych priestorov. Na troch lokalitách, ktoré sú prístupné iba zlanením, sa našli hniezda výrov, z ktorých potravné zvyšky sú v tomto príspevku spracované. Domnievame sa, že lokalita má značný speleologický potenciál.

KOMORNÍCKA DOLINA

Komornícka dolina v katastri obce Liptovská Štiavnica patrí podľa geomorfologického členenia Slovenska do oddielu Salatíny, podcelku Ďumbierske Tatry. Samotná Komornícka dolina s dĺžkou asi 4 km leží východne od známej Ludrovskej doliny, pričom



Obr. 1. Poloha brál Čatná a Mladucha
Fig. 1. Location of Čatná and Mladucha cliffs

ich oddeľuje masív Bohúňova a Kohúta severne od masívu Salatína. Dolina sa začína pod klesajúcim severným hrebeňom masívu Úplazov, severne pod kótou Makovica medzi rázsochou s kótou Bohúňovo a rázsochou vystupujúcou na sever z Úplazov s kótou Príslop, ktorá oddeľuje Komornícku dolinu a Zemiansku dolinu. Prakticky celou dĺžkou doliny preteká potok Štiavničanka, ktorý sa južne od Liptovskej Štiavnice spája s prítokom zo Zemianskej doliny, preteká obcou Liptovská Štiavnica a Štiavnička a v areáli ružomberských papierní sa vlieva do Váhu. Štiavničanka pramení v ľavom svahu rázsochy Príslop, na pravej strane doliny nad jej začiatkom a je napájaná z viacerých prítokov, v dolnej časti doliny miestami meandruje. Dno doliny klesá len mierne. V severnej časti doliny sa na bočných svahoch objavujú výrazné vystupujúce balvany a skalné ihly. Strmé bralnaté steny sa objavujú asi 1,4 km od ústia doliny do Podtatranskej kotliny v lokalite Čatná a Mladucha na mieste, kde Štiavničanka prerezáva pásмо strednotriasových dolomitov a vápencov. Výskyt povrchových krasových javov a vodou vytvorených jaskýň sa viaže prakticky výlučne na zmienené lokality. Miestnym názvom Mladucha označujeme sústavu brál, ktorú tvorí výrazná vápencová veža nachádzajúca sa asi 1,5 km od ústia doliny na jej pravej strane a bralo nachádzajúce sa asi 50 m juhovýchodne od nej, taktiež na pravej strane doliny. Názvom Čatná označujeme výraznú vápencovú stenu s výškou do 50 m na ľavej strane doliny v protistojnom postavení voči brálám Mladuchy.

Mimo týchto lokalít sa niekoľko malých jaskýň nachádza aj na miestach vystupujúcich brál dolomitov pozdĺž tektonických porúch. Najznámejšou z nich je výdych pod Bohúňovom. Dnom doliny vedie dnes už len miestami asfaltová cesta. Asi pol kilometra od ústia sa dolina zvažuje smerom na východ, kde sa spája so susediacou Zemianskou dolinou a spoločne ústia do Podtatranskej kotliny v bezprostrednej blízkosti obce Liptovská Štiavnica. Komornícka dolina sa teší pomerne malej priazni návštevníkov, medzi ktorých sa radia najmä lesníci, poľovníci či pár miestnych obyvateľov, ktorým poskytuje tiché miesto na prechádzku.

HISTÓRIA JASKYNIARSKÉHO BÁDANIA V KOMORNÍCKEJ DOLINE

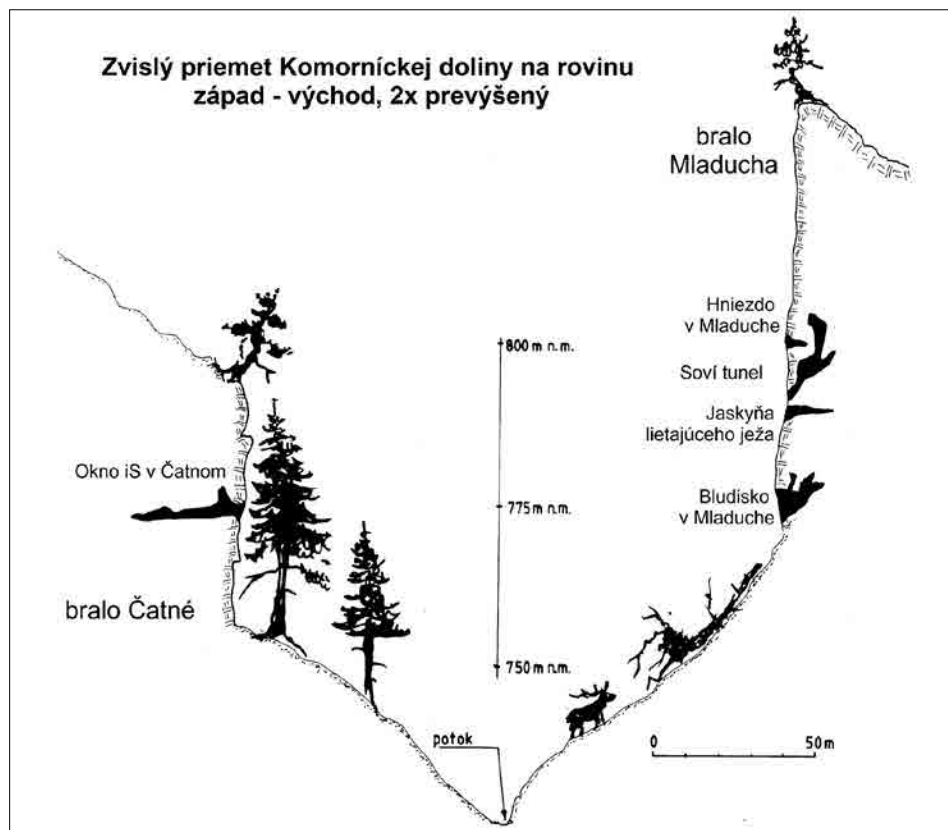
Komornícka dolina z hľadiska jaskyniarskeho záujmu o kras v okolí Salatína mala dlhodobo iba podružné miesto. Prvým jaskyniarom, ktorý dolinu navštívil a aspoň zbežne preskúmal, bol podľa historických prameňov Zdeněk Kratochvíl. Ten vo svojej správe pre Múzeum slovenského krasu o bádani pod Salatínom, najmä v tiesňave Hučiaky a na plošine Magura z roku 1959, uvádza aj veľmi stručnú informáciu o návšteve, ako ju nazval, Štiavnickej doliny: „*Při cestě do Štiavnické doliny jsem přijel na jeden závrť na hřebeni Úplazů.*“¹ Hoci za Liptovskou Štiavnicou sa nachádzajú doliny dve, východnejšie dolina Zemianska, západnejšie zas Komornícka dolina, na základe zmienky o „závrte v Úplazoch“ usudzujeme, že išlo o Komornícku dolinu. Zmieneny „závrť“ sa nachádza v masíve Bohúňova, ktoré je priamym pokračovaním masívu Úplazov nad Komorníckou dolinou pod lúkou medzi vrcholovými kótami Vyšného a Nižného Bohúňova. Nejedná sa však o závrť, ale o malú jaskynku vytvorenú vo výraznej rozsadline s intenzívnym výparom v zimnom období.

Zatiaľ čo sa Hučiaky a aj niektoré iné krasové lokality Salatína dlhodobo, najmä od druhej polovice päťdesiatych rokov, tešili aspoň občasnému záujmu jaskyniarov, Komornícka dolina ostávala na úplnej periférii jaskyniarskeho zreteľa a prvá podrobnejšia zmienka o nej a jej krase sa objavuje až v Spravodaji SSS č. 3 z roku 1993. V príspevku: *Krasové javy masívu Salatína v Nízkych Tatrách* opisuje autor Zdenko Hochmuth okrem jaskýň v Malom Salatíne a jaskyne v Čerenách aj jaskyne Komorníckej doliny. Príspevok obsahuje opis, situačný náčrt polohy vchodov a mapy šiestich jaskýň pomenovaných P 1 až P 6 v bralách lokality „Podšatne“ na ľavej strane doliny, z nich väčšina sa nachádza priamo v hlavnom masíve. Ide o tie jaskynné lokality, ktoré sú dostupné bez použitia jednolanovej techniky. Z. Hochmuth tu pre zmienené bralo uvádza názov Podšatne, my pracujeme s názvom Čatná, čo je zrejme spôsobené rozličnou interpretáciou miestneho ustáleného pomenovania prevzatého od obyvateľov Liptovskej Štiavnice.

Práve na základe zmieneného príspevku Zdenka Hochmutha sa v auguste roku 2011 vybrali na lokalitu pracovníci Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva. Okrem lokalizácie vchodu do vertikálnej jaskyne vytvorenej v travertínovej kope Čerená navštívili pracovníci múzea aj Komornícku dolinu s cieľom nájsť jaskyne opísané Z. Hochmuthom, pričom však podľa správy P. Holúbeka spoľahlivo identifikovali iba jaskyne P 2 a P 3. Našli však viacero dier so znakmi riečnej modelácie, tiež opísali a zamerali aj jaskyňu Podšate s oknom, ktorá sa taktiež nachádza na ľavej strane doliny v skalnom brale južne od hlavného masívu Čatná.

Zaujímavosťou je, že žiadny zo zmienených materiálov nereflektuje existenciu výrazných vápencových brál na pravej strane doliny s miestnym názvom Mladucha v ná-

¹ Kratochvíl, Z. 1959. Krasové javy v Ludrovské dolině – Správa o výskume pre Múzeum slovenského krasu. Zbierka PKJ. Archív SMOPaJ, s. 2.



Obr. 2. Rez Komornickou dolinou, 2-krát prevýšený
Fig. 2. Cross section of the Komornícká Valley, 2x vertical exaggeration

protivnom postavení voči masívu Čatná (resp. Podšatne) obr. 6, 7 a 8. Tieto miestnemu obyvateľstvu, lesníkom a milovníkom prírody dobre známe bralá sa v jaskyniarskej literatúre zatiaľ neobjavili. Hoci bralá Mladuchy unikali jaskyniarskej pozornosti, o to viac záujmu sa im dostalo zo strany miestnych obyvateľov, najmä mladých chlapcov, ktorí detstvo trávil v prírode a hranie sa v doline za dedinou im ponúkalo víťaznú úľavu od pomáhania pri hospodárení a mnoho zážitkov. Už je to dávno, čo bol takýmto chlapcom aj dnes už starý pán učiteľ Mikuláš Ferianc, obyvateľ Liptovskej Štiavnice, ktorý spomínal na mládenecké časy a doslova husárske kúsky na skalách Mladuchy. V čase mladosti starého pána učiteľa neboli svahy pod baralami Mladuchy zalesnené a bralá boli z dna doliny dobre viditeľné. Veľké diery v skalách v nedosiahnuteľnej výške, z ktorých občas vyletovali výry, museli neúnavne vráť v chlapčenskej mysli. Tak si chlapci našli cestu do najväčšej jaskyne vysoko v skalách, dnes evidovanej ako Soví tunel v Mladuche, ktorý má dva vchody, pričom menší horný ústi do veľkého vertikálneho tunela z menšieho balkónovitého výstupku brala asi päť metrov pod jeho vrcholom. Sem sa podľa rozprávania pána Ferianca mali chlapci spúšťať na lanách a z „balkóna“ cez horný vchod jaskyne pozorovali výry, ktoré vtedy hniezdili v menšej horizontálnej sienke na opačnej strane vertikálneho tunela. Avšak po zalesnení okolia skál sa dravé vtáky zo svojich hniezd museli vysťahovať, nakoľko nové podmienky, kedy skaly obrástli mimoriadne vysoké smrekmi, im prestali vyhovovať. Do pozornosti miestnych záujemcov o jaskyne

sa dostalo aj niekoľko ďalších, najmä dostupnejších jaskýň, medzi ktoré patrí jaskyňa evidovaná ako Bludisko v Mladuche, v blízkosti ktorej sme našli aj staré lano a prehrdza-venú lopatku. Dnes, pár rokov po veľkej kalamite a jej následnom odstránení, je situácia v okolí Mladuchy podobná stavu, keď ju obývali dravé vtáky a svahy pod bralami sú opäť odlesnené.

Počiatky jaskyniarskeho bádania na lokalite sa viažu tiež k bralu Čatná na opačnej strane doliny a majú pomerne kuriózný charakter. Miestny znalec a obyvateľ Liptovskej Štiavnice Braňo Dvorský spomína, že ako mladík si všimol výrazný jaskynný portál v brale Čatná, ktorý sa nachádza v kolmej až previsnutej stene, 18 m nad úpäťm brala. Z rozprávania starších obyvateľov Štiavnice sa do počul o odvážnej partii, ktorá vyliezla po strome rastúcom tesne pri úpäťm skaly priamo pred jaskyňou a vďaka provizórnemu drevenému premosteniu sa dostali zo stromu do jaskyne. Pozostatky tejto drevenej konštrukcie sa v jaskyni, evidovanej ako Okno iS v Čatnom, nachádzajú dodnes.



Obr. 3. Komornícka dolina s výrazným bralom Mladucha s viditeľnými otvormi do podzemia. Foto: P. Holúbek

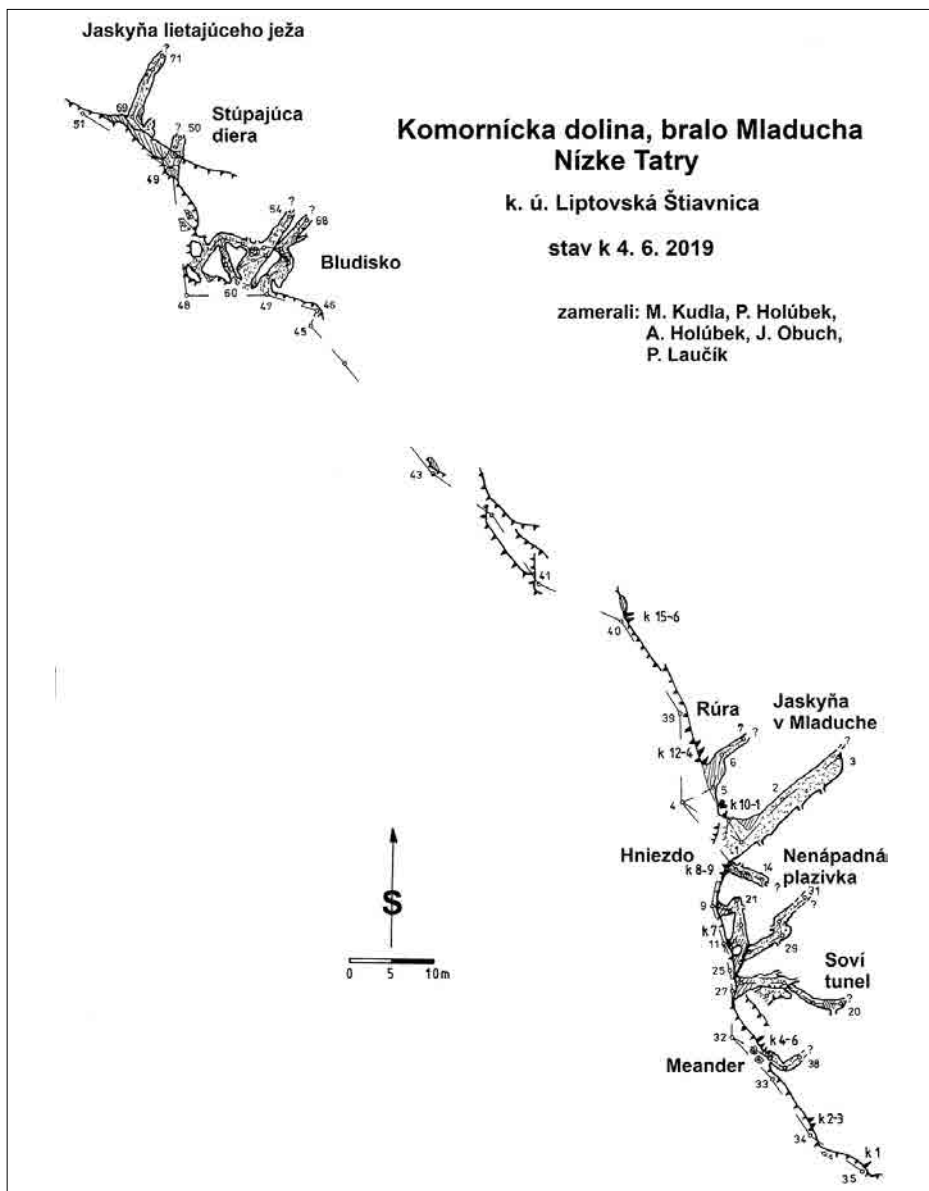
Fig. 3. Komornícka Valley with distinctive cliff Mladucha with visible openings to the underground. Photo: P. Holúbek



Obr. 4. Panoramatický pohľad na bralo Mladucha. Foto: P. Holúbek

Fig. 4. Panoramic view of the Mladucha cliff. Photo: P. Holúbek

V roku 1987 22-ročný Braňo s bratom Františkom a kamarátom Marianom Žáčkom zvolili iný postup. Zoťali vyššie zmienený strom a pomocou lán ho nasmerovali tak, aby sa jeho kmeň opieral o jaskynný portál a vyliezli po ňom priamo do jaskyne. Pomerne priestranná chodba, ktorá bola dostupná v dĺžke asi 13 m a postupne sa znižovala a zužovala do sedimentom zanesenej a teda neprelíznej chodby, zrejme nenaplnila ich očakávania. Ako pamiatku na svoju návštevu vyryli skalou do steny svoje mená, z ktorých je dnes čitateľné iba jediné „*Maťo*“.



Obr. 5. Jaskyne v Mladuche
Fig. 5. Caves in Mladucha cliff

Ďalším návštevníkom jaskyne bol zrejme až M. Kudla v septembri 2018, ktorý sa tam dostal pomocou jednolanovej techniky a budovania medzikotvení v previse nad vchodom jaskyne. Následne s P. Holúbekom jaskyňu zamerali a vyzbierali početné osteologické nálezy. Po zhodnotení možného pokračovania jaskyne tu prebiehajú výkopové práce a jej aktuálna dĺžka dosahuje približne 30 m. Súbežne s prácami v Čatnej sa v jeseni 2018 začal aj prieskum jaskýň v bralách masívu Mladucha na pravej strane doliny. Prvou preskúmanou jaskyňou Mladuchy bol už zmieňovaný vertikálny Soví tunel v Mladuche a jeho bočná horizontálna sienka. Jaskyňa už v roku 2017 slúžila ako trenažér jednolanovej techniky. Lokalitu si obľúbili aj horolezci, ktorí ju sporadicky navštevujú. Po odhalení množstva osteologických nálezov v Sovom tuneli sme začali s prieskumom a dokumentáciou ďalších jaskýň v masíve Mladuchy a v Čatnej, čo si vyžadovalo použitie jednolanovej techniky. Prieskum a dokumentácia jaskýň prebiehali od októbra 2018 do júna 2019.

GEOLOGICKÉ POMERY

Komornícka dolina prerezáva viacero geologických jednotiek, lokalizovaných na severných svahoch Nízkych Tatier. Dolina sa začína v mezozoických súvrstvách zliechovskej jednotky fatrika, následne pokračuje naprieč triasovým sledom hronika, až napokon ústi do Liptovskej kotliny, kde prechádza sedimentmi podtatranskej skupiny (Biely et al., 1992; Gross et al., 1979). Dnom doliny sa tiahne zlom, ktorý Bujnovský et al. (1978) pomenovali Komornický zlom, a na ktorého severnom pokračovaní je azda situované jedno z travertínových telies, vyskytujúce sa v okolí Liptovskej Štiavnice. Bralá, v ktorých sú vytvorené skúmané jaskyne, tvoria bazálne partie pomerne malej tektonickej trosky hronika, ktorú možno priradiť chočskému čiastkovému príkrovu a do zmiešaného faciálneho vývoja, ktorý prechádza z hornín hlbokovodného sledu bazénu Bieleho Váhu do plytkovodného sledu Mojtínsko-Harmaneckej karbonátovej plošiny (*sensu* Havrila, 2011).

Materskú horninu jaskýň budujú skalné steny tvorené horninami gutensteinského súvrstvia, zastúpeného prevažne masívnymi bituminóznymi vápencami tmavej farby



Obr. 6. Pohľad na skrasovatenú južnú časť brala v Mladuche s dominantným Sovím tunelom.
Foto: P. Holúbek

Fig. 6. A view of karstified southern part of the cliff in Mladucha with the dominant Owl tunnel.
Photo: P. Holúbek

s dymovosivou patinou. Okrem nich v stenách vystupujú niekoľko metrov hrubé medzivrstvy cukrovitých svetlo- až hnedosivých dolomitov s kockovitým rozpadom. Miestami sa v masívnych vápencoch objavujú i do 1 – 2 m hrubé výskyty tenkovrstevnatých vápencov (hrúbka vrstiev do 5 cm), na ktoré sa viažu podaktoré jaskynné priestory (obr. 9). Medzi jednotlivými vrstvami sa občas nachádzajú niekoľko milimetrov hrubé vrstvičky slabo spevnených žltkastých ílovcov, ktoré svojim vzhľadom pripomínajú vrstvičky slieňov, respektíve tufitov, vyskytujúce sa v reiflinských vápencoch. Podobné výskyty žltkastých sedimentov v gutensteinskom súvrství v tejto oblasti opisuje i Bujnovský (1971) a zo susednej Veľkej Fatry Polák et al. (1997).

Súvrstvie na lokalite sa mierne ukladá smerom na severozápad a horninový masív je prestúpený dvoma vzájomne sa križujúcimi puklinovými systémami, orientácia ktorých bude podrobne zdokumentovaná v neskorších etapách geologického výskumu. Krasovatenie a výskyt jaskynných priestorov sa sústreďuje na priesečnice medzivrstvových plôch a puklín. Okrem štruktúrneho podmienenia je krasovatenie podmienené i litologicky. Mimoriadne intenzívne krasovatenie možno (okrem už vyššie zmienených tenkovrstevnatých vápencov) pozorovať aj v niektorých častiach brala, ktoré sú zhruba paralelné s vrstvitosťou (obr. 6). Pravdepodobne ide o slabo rozlíšiteľné a chemicky čisté vrstvy vápencov, na potvrdenie tohto predpokladu však bude nutné realizovať chemické analýzy hornín.

OPIS LOKALÍT

Názvom Mladucha označujeme sústavu brál na pravej strane severnej časti Komorníckej doliny, pozostávajúcu z výraznej dominantnej veže a nižšieho brala, ktoré sa od zmienenej veže nachádza asi 50 metrov juhovýchodným smerom. V lokalite Mladucha sa do dnešných dní zaregistrovalo a preskúmalo 11 jaskýň spĺňajúcich kritéria kladené na zaradenie do Zoznamu jaskýň SR. Nachádza sa tu aj 16 kaverien, ktoré sa vyskytujú v južnej časti južného brala a sú tiež prejavom výrazného skrasovatenia karbonátových hornín tejto oblasti.

Meander v Mladuche

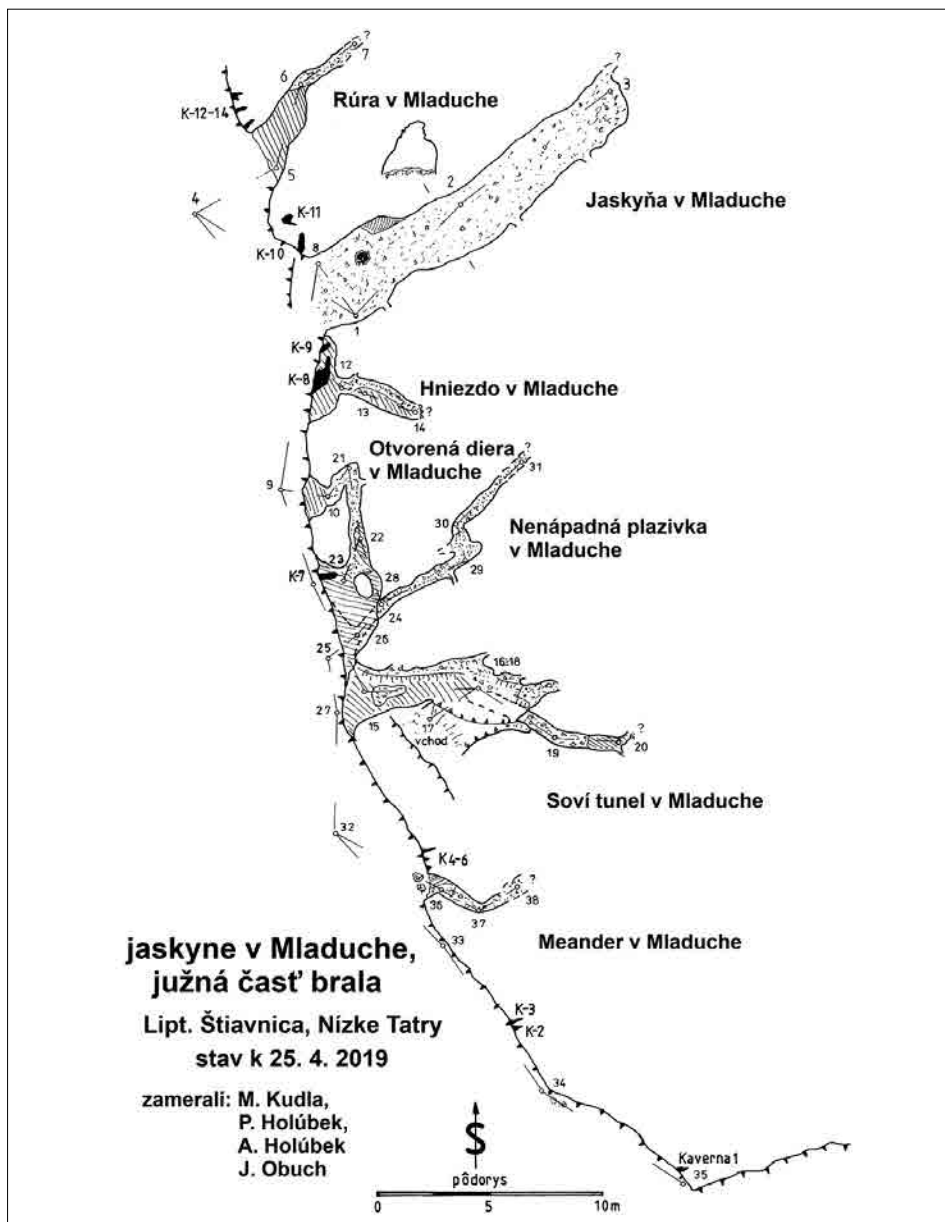
Vchod jaskyne sa nachádza sa v južnom výbežku brala. Ide o 4 metre dlhý fragment chodby ktorá sa lomí do pravého uhla tak, že je to pre človeka neprieľožná prekážka. Zdá sa však, že tu pokračovanie nebude jednoduché. Nachádza sa tu na dne žltá sypká hlina a sutina. Výraznejší prievan sme tu počas prieskumu neregistrovali ani v zimnom a ani v letnom období.

Soví tunel v Mladuche

Táto vertikálna tunelová lokalita s dvoma vchodmi predstavuje výrazný, už z diaľky pozorovateľný jaskynný priestor. Spodný vchod má rozmery 2×5 metrov. V horných častiach jaskyne sa na policiach a v menšej horizontálnej sienke našli kosti z potravy výra. Najmä horné časti jaskyne sú veľmi výrazne skrasovatené.

Nenápadná plazivka v Mladuche

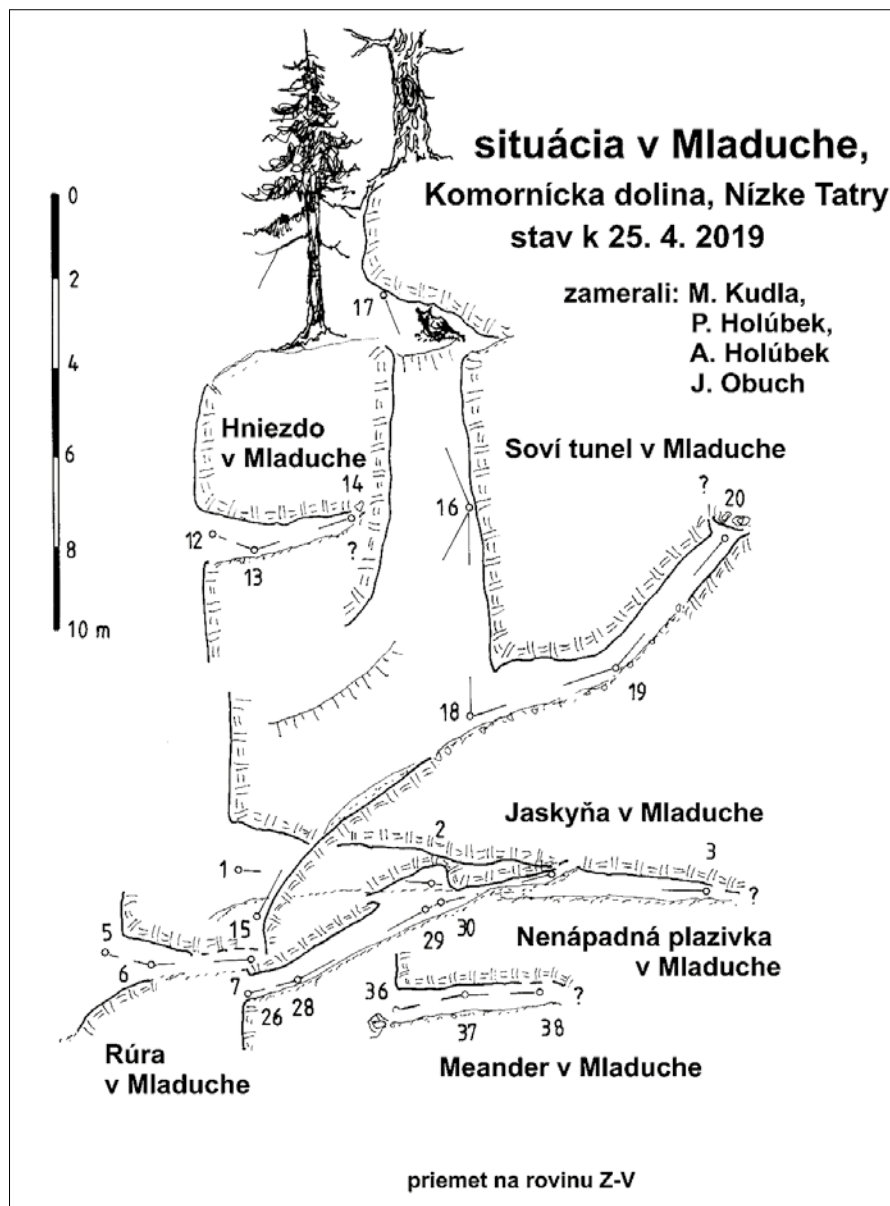
Táto lokalita predstavuje tesnú plazivku ktorej nenápadný vchod sa nachádza približne 1,5 metra nad zemou v skalnej stene. Na konci jaskyne je úžina a po kopaní je tu možnosť ďalšieho pokračovania. Vanie tu mierny prievan, ktorý sa správa ako spodný vchod do jaskynného systému, v teplom letnom období z neho vyteká studený vzduch. Pri meraní dňa 25. 4. 2019 sme tu zaregistrovali netopiera podkovára malého. Po sondovaní, ktoré by bolo určite náročné na transport materiálu, tu očakávame ďalšie priestory.



Obr. 7. Južná časť Mladuchy
Fig. 7. Southern part of Mladucha cliff

Otvorená diera v Mladuche

Ide o tunel prebiehajúci v smere sever-juh s tromi otvormi na povrch, ktoré sú prístupné iba lezením či jednolanovou technikou. Nie je tu nádej na pokračovanie jaskyne, ide o lokalitu s dokumentačnou hodnotou. Časť stien jaskyne s výraznými koróznymi tvarmi je pokrytá pizolitmi.



Obr. 8. Soví tunel v Mladuche s okolitými lokalitami, rez západ-východ
Fig. 8. Owl tunnel in Mladucha cliff with neighbouring sites, west-east section

Hniezdo v Mladuche

Jej nenápadný vchod sa nachádza približne 5 metrov pod hranou južnej časti brala Mladucha. Do jej otvoru sa dostal dňa M. Kudla s pomocou P. Sliachana zlanením zhora 7. apríla 2019. V minulosti táto jaskyňa slúžila ako hniezdo výra. Kostrové pozostatky po nej vyzbieral dňa 20. apríla 2019 J. Obuch. Na konci jaskyne sa nachádza vrstva zvet-

rávaním oddelených sintrových platní, ktoré bránia v ďalšom postupe. Na konci jaskyne je citeľný prievan.

Jaskyňa v Mladuche

Výrazný portál do tejto najľahšie dostupnej jaskyne v brale Mladucha má rozmer 3×3 metre. Pravdepodobne slúži návštevníkom ako bivačové miesto, vo vchode sa nachádza ohnisko. Po 15. metroch končí rozmerná chodba zanesením hlinenými sedimentmi. Dalo by sa tu kopať, no išlo by pravdepodobne o dlhodobé aktivity, pretože medzi stropom a podlahou sa nenachádza žiadny voľný priestor.

Rúra v Mladuche

Je to najsevernejšia lokalita v južnej časti brala Mladucha. Je tu cítiť mierny prievan (spodný vchod, v letnom období odtiaľto vystupuje chladný vzduch) a dopredu vidno pokračovanie. Profil vchodu 2×2 metre sa znižuje po troch metroch na 1×1 meter a po piatich metroch sedimenty bránia v ďalšom postupe dopredu (obr. 10). Po výkopových prácach je tu možné očakávať postup do nových priestorov.

Bludisko v Mladuche

Ide o najväčšiu jaskyňu v tejto oblasti. Vchod s rozmermi 5×5 metrov vidno z diaľky a je situovaný v severnej časti lokality Mladucha (obr. 11, 15 a 16). Labyrint stúpajúcich chodieb ústi na povrch až šiestimi otvormi. Za m. b. 54 a 68, ktoré predstavujú ukončenie chodieb, sa dá očakávať pokračovanie. Rozoberanie závalu však môže byť nebezpečné. Dno jaskyne pokrýva žltá hlina s vápencovou sutinou. V tesnej odbočke medzi m. b. 65 a 68 sa našla kostra líšky a pri m. b. 60 je veľká koncentrácia kunieho trusu a perie z jariabka hôrneho. Vo vchodovej časti jaskyne, v sykej hlinito-piesčitej pôde, sa nachádza niekoľko malých lievikovitých jamiek, ktoré vytvorili larvy mravcoleva čiernobruchého (*Myrmeleon formicarius*), patriaceho medzi sieťokridlovce. Tieto larvy sa ukrývajú na dne lievikov a z piesku im vyčnievajú iba obrovské hryzadlá. Keď prejde drobný hmyz či mravce cez okraj lievika a upozornia na seba padajúcim pieskom, larva mravcoleva začne po nich hádzať jemný piesok a snaží sa ich „zostreliť“ na dno. Tam ich uchopí hryzadlami, omráči jedom a neskôr vysaje. Prázdne vysaté hmyzie schránky potom vyhodí von ako nepotrebný odpad.



Obr. 9. Výrazná vrstevnatosť v Jaskyni v Mladuche. Foto: P. Holúbek

Fig. 9. Distinctive bedding in the Cave in Mladucha cliff. Photo: P. Holúbek



Obr. 10. Rúra v Mladuche. Foto: P. Holúbek
Fig. 10. Tube in Mladucha cliff. Photo: P. Holúbek



Obr. 11. Vstupný portál jaskyne Bludisko v Mladuche. Foto: P. Holúbek
 Fig. 11. The entrance portal of the Maze in Mladucha Cave. Photo: P. Holúbek



Obr. 12. Veža v Mladuche so Stúpajúcou dierou a Jaskyňou lietajúceho ježa. Foto: P. Holúbek
 Fig. 12. The tower in Mladucha Cliff with the Rising Hole and the Cave of the Flying Hedgehog. Photo: P. Holúbek

Stúpajúca diera

Ide o fragment stúpajúcej rozmernej chodby, ktorá je ukončená závalom (obr. 12, 15 a 16). Pravdepodobne ústi na povrch.

Diera pri lietajúcom ježovi

Do jej neprístupného otvoru sa dostal 25. 5. 2019 M. Kudla traverzovaním z Jaskyne lietajúceho ježa. Táto lokalita vysoko v stene slúžila ako hniezdo výra. Dňa 4. 6. 2019 tu kostrové pozostatky po nej vyzbieral P. Laučík (obr. 14, 15 a 16). Ukončená je hlinenými sedimentmi, existuje predpoklad, že po kopaní by pokračovala ďalej.

Jaskyňa lietajúceho ježa

Jaskyňu situovanú asi 20 m vysoko v masíve Mladuchy preskúmal M. Kudla, ktorý tu zlanil dňa 12. 5. 2019. Vo vstupnej časti jaskyne visela pomerne tenká opracovaná žrdka (obr. 14, 15 a 16). Jej využitie ako súčasť prístupovej konštrukcie do jaskyne, podobne ako tomu bolo na opačnej strane doliny v masíve Čatná v Okne iS nemôžeme s určitosťou potvrdiť, ani vyvrátiť, ale prikláňame sa k názoru, že bola použitá len ako súčasť predĺženého nástroja s možným cieľom získania obsahu



Obr. 13. Diera pri Jaskyni lietajúceho ježa. Foto: P. Holúbek
Fig. 13. Hole close to the Cave of the Flying Hedgehog. Photo: P. Holúbek

sovieho hniezda v jaskyni, pričom neznámy odvážlivec musel zrejme vyliezť na niektorý zo stromov, ktoré do kalamity v roku 2014 rástli pred jaskyňou. V jaskyni sa nachádzali kosti drobných stavovcov a dve kože ježa s pichľiacimi. Výkopové práce odhalili ďalšie pokračovanie jaskyne zasutenou inaktívnou freatickou chodbou, ktorou prerastá koreň stromu rastúceho v na brale v priestore nad jaskyňou.

OSTEOLOGICKÉ ZBERY

Väčšina zberov osteologického materiálu z jaskýň v Komorníckej doline pochádza zo zvyškov potravy výra skalného (*Bubo bubo*) na hniezdach (zbery č. 1, 3 a 5 v tabuľke 2), alebo z vývržkov na miestach ich denného úkrytu (zbery č. 2 a 4). Hlbšie v jaskyni Okno iS v Čatnej boli vyzbierané staršie kosti pravdepodobne zo zásobárne potravy kuny (*Martes sp.*). Po premytí vo vode sme zo zberov vytriedili na determináciu čeľuste (mandibula a maxilla), prípadne len zuby cicavcov, zobáky



Obr. 14. Vstupný otvor do Jaskyne lietajúceho ježa aj s dreveným nástrojom, ktorý používali predchádzajúci prieskumníci. Foto: P. Holúbek
Fig. 14. The entrance to the Cave of the Flying Hedgehog with the wooden tool used by previous explorers. Photo: P. Holúbek

Jaskyňa lietajúceho ježa

jaskyne v Mladuche, severná časť brala

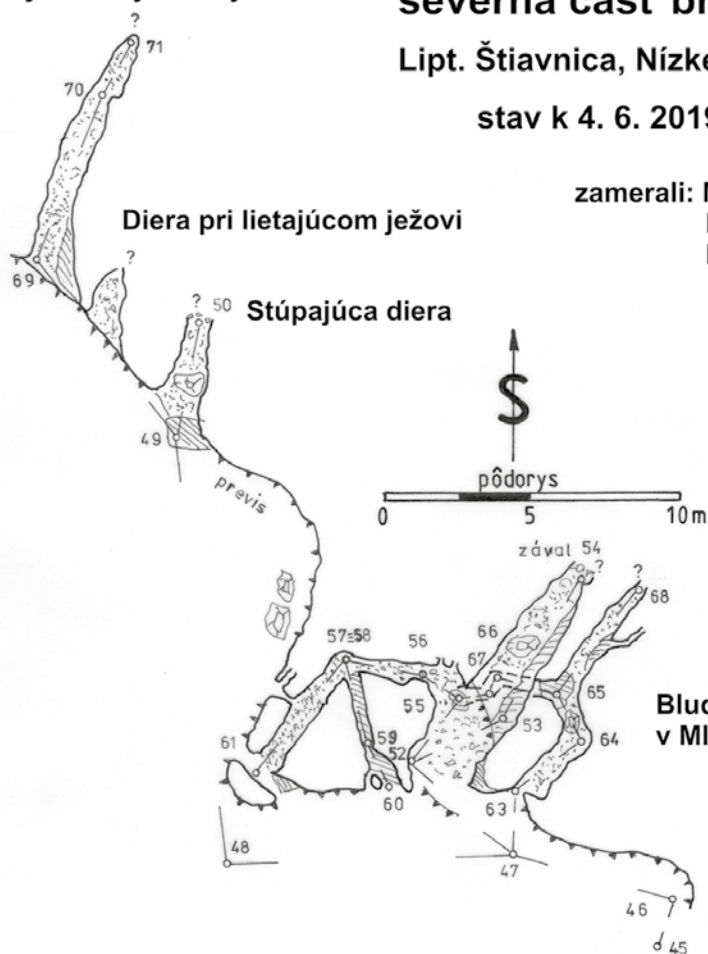
Lipt. Štiavnica, Nízke Tatry

stav k 4. 6. 2019

zamerali: M. Kudla,
P. Holúbek
P. Laučík

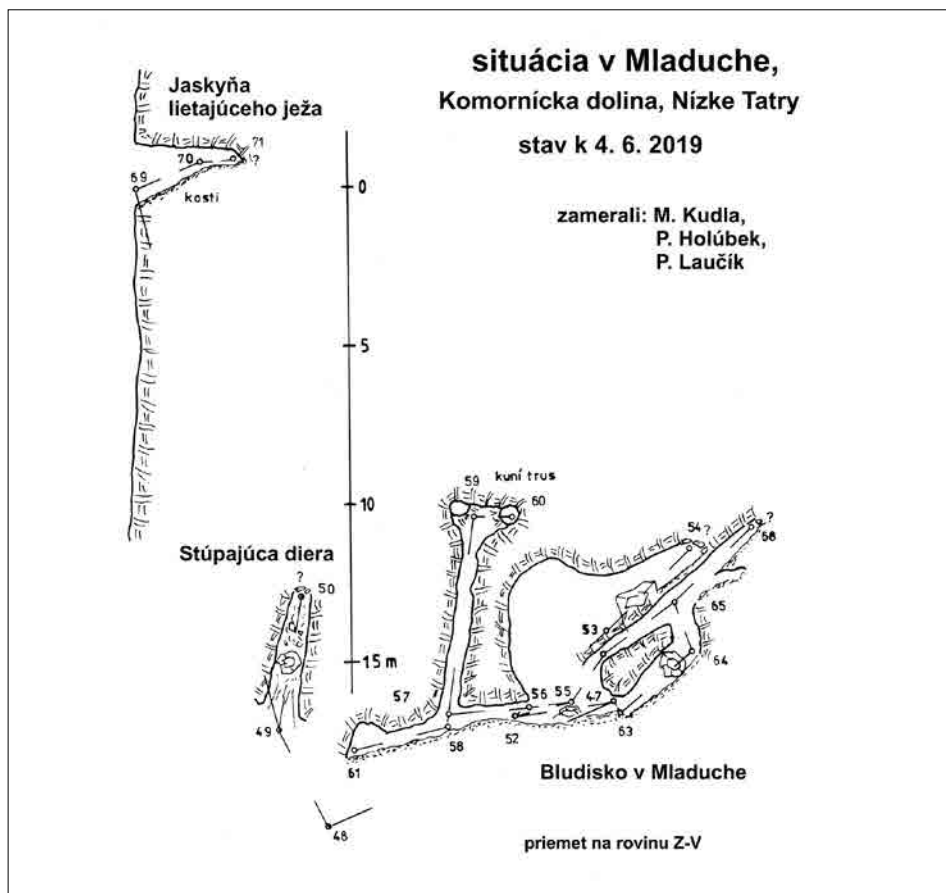
Diera pri lietajúcom ježovi

Stúpajúca diera



Obr. 15. Severná časť Mladuchy
Fig. 15. Northern part of Mladucha cliff

(rostrum), ramenná kosť (humerus), záprsná kosť (metacarpus) a behák (tatro-metatar-sus) vtákov, bedrové kosti žiab (os ilium) a čeľuste rýb a jašteríc. Početnosť jednotlivých druhov bola stanovená minimálne možná (MNI) z najpočetnejšej určenej kosti. Porovnávanie kvantitatívnych rozdielov medzi zbermi sme robili výpočtom výrazných odchýlok od priemeru (MDFM, Obuch 2001) kladných (1+, 2+), alebo záporných (-1, -2), kde priemer je súčtom porovnávaných zberov, v tabuľkách 2 a 3 vyjadrený aj v percentách. V hornej časti týchto tabuliek sú v rámkoch uvedené výrazne početnejšie druhy, ktoré



Obr. 16. Bludisko v Mladuche s okolitými lokalitami, rez západ východ
Fig. 16. Maze in Mladucha cliff with neighbouring sites, west-east section

odlišujú jednotlivé zbery. Pod prerušovanou čiarou sú uvedené početnejšie druhy, ktorých zastúpenie vo vzorkách sa výrazne nelíši a v spodnej časti tabuliek niektoré málopočetné druhy, odlišujúce obdobia kumulácie kostí. Pod tabuľkou 2 sú vypísané ostatné málopočetné druhy. Index diverzity (H') je počítaný podľa Shannona a Weavera (1949).

Zo 6 zberov z Komorníckej doliny vyhodnocujeme materiál 2476 jedincov stavovcov a 2 bezstavovcov. Cicavce (Mammalia) sú zastúpené 34 druhmi a tvoria 47,3 %. Pestrá je druhová skladba vtákov (Aves), keď 40 určených druhov má v celkovom súčte zastúpenie len 4,2 %. Dominantné je zastúpenie žiab (Anura), hlavne skokana hnedého (*Rana temporaria*, 48,3 %).

Asi 10 m od vchodu v jaskyni Okno iS v Čatnej bola v hĺbke 20 až 30 cm vyzbieraná menšia vzorka kostí holocénneho veku (zber č. 6), v ktorej prevažovali netopiere (Chiroptera, 4 druhy). Zaujímavé sú z tohto náleziska kosti výra skalného (*Bubo bubo*) a orla skalného (*Aquila chrysaetos*), ktoré sem boli zavlečené kunou od vchodu jaskyne, kde hniezdili. Hniezdo výra z tejto jaskyne (zber č. 1) považujeme v porovnaní s ostatnými nálezmi za najstaršie z obdobia pred viac ako 100 rokmi, keď bola Komornícka dolina odlesnená a spásaná ovcami. Potrava výra z tohto obdobia sa vyznačovala vyso-

kým podielom žiab (*Rana temporaria*, 65,7 %) a najnižšou druhovou diverzitou koristi ($H' = 1.42$). Z cicavcov boli početnejšie zastúpené myšovité hlodavce: 4 druhy ryšaviek (rod *Apodemus*) a myš domová (*Mus musculus*). Podobne vysoký podiel žiab sme našli aj vo vzorkách potravy výra z Demänovskej doliny a Jánskej doliny z obdobia pred ich zalesnením smrekom (Kučera, et al. 2009, Obuch, 2009). Nízka diverzita potravy výra, ale s nižším podielom žiab (*Rana temporaria*, 52,8 %) a s vyšším podielom malých druhov hlodavcov, je aj v zbere z Hniezda v Mladuche (zber č. 3). Početne je zastúpená ryšavka malooká (*Apodemus microps*), ktorá s pastvou oviec prenikala vysoko do hôr, napríklad aj na planinu Ohnišťa (Obuch, 1995). V súčasnosti je vzácna v Liptovskej kotline (Krištofik, Danko, 2012). Kostí zo Sovieho tunela (zber č. 2) sú zrejme z rovnakého obdobia. Výry využívali tento priestor na denný úkryt, prípadne sa tam zdržiavali mláďatá po opustení hniezda. Najmladšie hniezdenie výrov bolo v Diera pri lietajúcom ježovi (zber č. 5) z obdobia približne pred 30 až 50 rokmi, keď už bola Komornícka dolina zalesnená. Diera sa nachádza vysoko vo Veži, takže dlho nebola zatienená stromami, ktoré nebránili výrom vo voľnom výlete z hniezda. Výry však nelovili priamo v doline, ale zalietavali za potravou do okolia Liptovskej Štiavnice. Preto sa už v potrave nachádzajú potkany (*Rattus norvegicus*), domáce holuby (*Columba livia domestica*) a ježe (*Erinaceus roumanicus*). Početne sú zastúpené hryzce (*Arvicola amphibius*) a hraboše močiarné (*Microtus agrestis*), ktoré výry lovili na mokrých lúkach. Najvyšší podiel hryzcov (26 %) v potrave výrov bol zistený na Horehroní, kde sú len lúky a pasienky bez ornej pôdy (Obuch, 2002). Výskyt bažanta súvisí s neúspešnými pokusmi poľovníkov o introdukcii do podhorských kotlín v 70. a 80. rokoch 20. storočia. Predátorský tlak šeliem, dravcov a sov však bažanty po niekoľkých rokoch zlikvidoval. Výskyt chrčka poľného (*Cricetus cricetus*) svedčí o malej prímesi starších kostí, nakoľko tento druh ustúpil z Liptovskej kotliny pred viac, ako 50 rokmi. Jaskyňa lietajúceho ježa (zber č. 4) slúžila v tomto období ako denný úkryt výrov podobne, ako predtým Soví tunel.

V rokoch 1976 a 1981 boli vyzbierané zvyšky potravy výra zo 4 hniezd zo skaly Sokolka v ústí Ludrovskej doliny, ktorá je vzdialená vzdušnou čiarou 2 km od hniezd výra v Komorníckej doline (Obuch, 1977). Pri kvantitatívnom porovnaní (tabuľka 3) vychádza podobný podiel žiab (*Rana temporaria*), ako vo vzorkách z Okna a Mladuchy. Vo Veži je už ich podiel výrazne nižší, nakoľko sa zvýšil podiel atraktívnejšej väčšej Tabuľka 1. Jaskyne lokalít Mladucha a Čatná, preskúmané od septembra 2018 do júna 2019

Jaskyňa	nadmorská výška (m n. m.)	dĺžka jaskyne (m)	denivelácia jaskyne (m)
Bludisko v Mladuche	773	57	8
Diera pri lietajúcom ježovi	790	2	horizontálna
Hniezdo v Mladuche	804	3,5	horizontálna
Jaskyňa lietajúceho ježa	790	8	horizontálna
Jaskyňa v Mladuche	797	15	horizontálna
Meander v Mladuche	794	4	horizontálna
Nenápadná plazivka v Mladuche	794	12	3,5
Otvorená diera v Mladuche	796	10,5	horizontálna
Rúra v Mladuche	795	6,8	horizontálna
Soví tunel v Mladuche	810	35	14,2
Stúpajúca diera	773	5	3
Okno iS v Čatnej	772	30	horizontálna

Tabuľka 2. Zastúpenie druhov v zberoch z Komorníckej doliny

Table 2. Representation of species in collections from Komorníčka Valley

Druhy \ Zber	6		1		3		5		4		2		Suma	%
<i>Myotis myotis</i>	2+	15			2-	0							15	0.61
<i>Myotis brandtii</i>	1+	6											6	0.24
<i>Rana temporaria</i> ks	2-	4	1+	201		864	1-	90	1-	6	31	1196	48.26	
%				65,7		52,8		24,1						
<i>Mus musculus</i>			1+	9		19		1			1	30	1.21	
<i>Apodemus microps</i>				7	1+	72	1-	2			2	83	3.35	
<i>Arvicola amphibius</i>			1-	3	2-	14	2+	85		3	2	107	4.32	
<i>Microtus agrestis</i>					1-	2	1+	9				11	0.44	
<i>Mustela nivalis</i>					1-	0	1+	6			1	7	0.28	
<i>Erinaceus roumanicus</i>					2-	0		2	2+	11		13	0.52	
<i>Microtus arvalis</i>	2-	0	1-	42		464		108	1-	2	25	641	25.87	
<i>Apodemus flavicollis</i>					3	38	1-	2		1	4	48	1.94	
<i>Apodemus sylvaticus</i>					17	88		13		1	4	123	4.96	
<i>Coturnix coturnix</i>					2	8		1		1	3	15	0.61	
<i>Apodemus agrarius</i>					2	8						10	0.40	
<i>Corvus cornix</i>					1	2		5		1		9	0.36	
<i>Lepus europaeus</i>		1		1		3		2		1		8	0.32	
<i>Talpa europaea</i>						5		1			1	7	0.28	
<i>Muscardinus avellanarius</i>						3		2			2	7	0.28	
<i>Myodes glareolus</i>				2		3		2				7	0.28	
<i>Dryomys nitedula</i>						3		3				6	0.24	
<i>Coloeus monedula</i>		1		1		3				1		6	0.24	
<i>Alauda arvensis</i>						3		1			1	5	0.20	
<i>Turdus pilaris</i>		1		1		1		1			1	5	0.20	
<i>Glis glis</i>		4						1				5	0.20	
<i>Cricetus cricetus</i>				2		2		1				5	0.20	
<i>Terricola subterraneus</i>						2		2		1		5	0.20	
<i>Eliomys quercinus</i>				1		1						2	0.08	
<i>Aquila chrysaetos</i>		2										2	0.08	
<i>Bubo bubo</i>		1		1								2	0.08	
<i>Rattus norvegicus</i>								1		3		4	0.16	
<i>Phasianus colchicus</i>										1		1	0.04	
<i>Asio flammeus</i>								1				1	0.04	
Mammalia, 34 druhov	1+	31	1-	93		734	1+	247		24	43	1172	47.30	
Aves, 40 druhov	1+	8		10	1-	36	1+	34	1+	10	5	103	4.16	
Amphibia, Pisces	2-	4	1+	202		865	1-	92	1-	6	32	1201	48.47	
Evertebrata		0		1		0		1		0	0	2	0.08	
Suma		43		306		1635		374		40	80	2478	100.00	
Index diverzity H'		2.12		1.42		1.47		2.23		2.56	1.81	1.86		

Vysvetlivky

Zbery: 6 – 28. 11. 2018, Okno iS v Čatnom, hlbšie v jaskyni, v hĺbke 20 – 30 cm, leg. P. Holúbek; 1 – 21. 10. 2018 a 28. 10. 2018, Okno iS v Čatnom, leg. P. Holúbek; 3 – 22. 4. 2019, Hniezdo v Mladuche, 5 – 4. 6. 2019, Diera pri lietajúcom ježovi, leg. P. Laučík; 4 – 4. 6. 2019, Jaskyňa lietajúceho ježa, leg. P. Laučík; 2 – 28. 11. 2018, Soví tunel v Mladuche, leg. P. Holúbek

Ostatné druhy (Zber – počet):

Neomys fodiens (3-1), *Crocidura suaveolens* (3-3), *Myotis mystacinus* (6-4), *Myotis bechsteinii* (6-1), *Eptesicus serotinus* (3-1), *Barbastella barbastellus* (2-1), *Plecotus auritus* (1-1), *Sciurus vulgaris* (1-1; 5-1), *Micromys minutus* (1-2; 3-2), *Vulpes vulpes* (5-1), *Mustela erminea* (5-1; 4-1), *Putorius putorius* (5-1), *Anas platyrhynchos* (4-1), *Accipiter gentilis* (5-1), *Buteo buteo* (5-1), *Pernis apivorus* (4-1), *Falco tinnunculus* (3-1; 5-1), *Tetrastes bonasia* (1-1; 5-2), *Perdix perdix* (1-1; 3-1; 4-1), *Gallus gallus dom.* (1-1), *Crex crex* (5-1), *Tringa glareola* (3-1), *Scolopax rusticola* (3-2), *Gallinago gallinago* (3-1; 4-1), *Columba livia dom.* (5-1; 4-1), *Columba oenas* (3-3), *Asio otus* (3-1; 5-1), *Aegolius funereus* (5-1), *Strix aluco* (3-2), *Picus canus* (6-2), *Lullula arborea* (3-1; 5-1), *Delichon urbicum* (6-1; 5-1), *Lanius collurio* (5-1), *Turdus merula* (3-1; 5-2), *Turdus torquatus* (5-2), *Turdus philomelos* (3-2; 5-1), *Parus major* (3-1), *Emberiza citrinella* (3-1; 5-1), *Fringilla coelebs* (5-1), *Loxia curvirostra* (5-1), *Sturnus vulgaris* (5-1), *Garrulus glandarius* (5-1), *Pica pica* (5-3; 4-1), *Passeriformes sp.* (3-1), *Passeriformes sp.juv* (1-1), *Bufo bufo* (1-1; 2-1), *Salmo trutta* (3-1; 5-2), *Coleoptera sp.* (1-1; 5-1)

koristi: ježa (*Erinaceus roumanicus*), hryzca (*Arvicola amphibius*) a vtákov. Tento trend z obdobia socializmu bol zistený vo viacerých kotlinách Slovenska (Obuch, 2018).

ZÁVER

Z doterajších poznatkov speleologického prieskumu vyplýva, že bralá Mladucha sú dobre skrasovatené. Jaskyne a drobné kaverny, ktoré sme v mape označili (obr. 7, 8, 15 a 16), svedčia o intenzívnom krasovom procese, ktorý tu v minulosti prebiehal. Je však otázne, či to bol potok ktorý dnes preteká Komorníckou dolinou, či iba korózne atmosférické vody. Nad údolím sa najvyššia jaskyňa (Jaskyňa lietajúceho ježa) nachádza v relatívnej výške 65 metrov nad dnom doliny a najnižšia jaskyňa (Bludisko v Mladuche) 48 metrov nad súčasným tokom Štiavničanky, čo predstavuje vertikálne rozpätie chodieb až 27 metrov. V podzemí sme nikde nenašli riečne sedimenty a podľa nášho názoru vznikli koróznymi procesmi nevýdatných vodných tokov, ktoré tu v minulosti pôsobili. V Hniezde v Mladuche v ďalšom pokračovaní bránia vo vzdialenosti 3 metre od vchodu sintrové platne. Táto situácia svedčí o tom, že v minulosti sa vyvinuli v inom prostredí, ako je teraz, čiže ústupom svahu sa denudovali existujúce podzemné priestory.

V brale Čatná na opačnej strane doliny sa nachádza oproti lokalitám v Mladuche v tom istom karbonátovom komplexe v súčasnosti asi 30 m metrov dlhá jaskyňa podobného charakteru sa názvom Okno iS v Čatnej. Jej vchod sa nachádza v nadmorskej výške 772 metrov, čiže 47 metrov nad prislúchajúcim dnom Komorníckej doliny. Podľa nášho názoru vzniklo podobnými procesmi v rovnakých podmienkach ako predošlé nami opisované lokality. Vo vstupnom otvore do tejto lokality bolo tiež hniezdo výra, ktoré spracoval J. Obuch. V tejto jaskyni v súčasnosti prebiehajú objavné speleologické práce, o výsledkoch ktorých plánujeme informovať.

PodĎakovanie. Autori ďakujú Zdenkovi Hochmuthovi za cenné rady a pripomienky k histórii speleologického výskumu predmetnej oblasti ako aj Jánovi Lakotovi za pomoc pri identifikovaní bezstavovcov z tejto lokality. Poďakovanie patrí tiež miestnym znalcom a občanom Liptovskej Štiavnice Mikulášovi Feriencovi a Braňovi Dvorskému za mimoriadne cenné informácie o lokalite a histórii bádania v nej.

Tabuľka 3. Porovnanie potravy výra skalného (*Bubo bubo*) z lokalít Komorníckej doliny a Ludrovskej doliny

Table 3. Comparison of food of the Eurasian eagle owl (*Bubo bubo*) from the sites of Komornícka Valley and Ludrovská Valley

Druhy \ Lokality	1		2		3		4		Suma	%
<i>Mus musculus</i>	1+	9		20	1	1-	14		44	0.90
<i>Apodemus sylvaticus</i>	17	1+	92		14	1-	70		193	3.96
<i>Apodemus microps</i>	7	1+	74	1-	2	2-	17		100	2.5
<i>Erinaceus roumanicus</i>		1-	0	2+	13		7		20	0.41
<i>Arvicola amphibius</i>	1-	3	2-	16	2+	88		83	190	3.90
<i>Microtus agrestis</i>				2	1+	9		3	14	0.29
<i>Mustela nivalis</i>				1	1+	6		2	9	0.18
<i>Corvus cornix</i>	1			2	1+	6		7	16	0.33
<i>Rattus norvegicus</i>		2-		0		4	1+	28	32	0.66
<i>Apodemus flavicollis</i>		3		42	1-	3		53	101	2.7
<i>Rana temporaria</i>		201		895	1-	96		1429	2621	53.79
<i>Microtus arvalis</i>	1-	42		489		110		534	1175	24.11
<i>Coturnix coturnix</i>		2		11		2	1-	5	20	0.41
<i>Apodemus agrarius</i>		2		8				11	21	0.43
<i>Talpa europaea</i>				6		1		10	17	0.35
<i>Myodes glareolus</i>		2		3		2		7	14	0.29
<i>Lepus europaeus</i>		1		3		3		6	13	0.27
<i>Salmo trutta</i>				1		2		9	12	0.25
<i>Muscardinus avellanarius</i>				5		2		4	11	0.23
<i>Terricola subterraneus</i>				2		3		6	11	0.23
<i>Sciurus vulgaris</i>		1				1		8	10	0.21
<i>Cricetus cricetus</i>		2		2		1			5	0.10
<i>Eliomys quercinus</i>		1		1				4	6	0.12
<i>Columba livia dom.</i>						2		4	6	0.12
Mammalia, 39 druhov	1-	93		777	1+	271		913	2054	42.15
Aves, 52 druhov		10	1-	41	1-	44		85	180	3.69
Amphibia, Reptilia, Pisces		202		897	1-	98		1440	2637	54.11
Evertebrata		1		0		1		0	2	0.04
Suma		306		1715		414		2438	4873	100.00
Index diverzity H'		1.42		1.50		2.41		1.61	1.73	

Vysvetlivky

Lokality: 1 – Okno iS v Čatnom, 2 – Mladucha, 3 – Veža, 4 – Ludrovská dolina, 11. 7. 1976, zo 4 hniezd + 30. 8. 1981

LITERATÚRA

- Archív SMOPaJ. Zbierka PKJ, korešpondencia Zdeňka Kratochvíla s Vojtechom Benickým v rokoch 1957 – 1959.
- Biely, A., Beňuška, P., Bezák, V., Bujnovský, A., Halouzka, R., Ivanička, J., Kohút, M., Kliniec, A., Lukáčik, E., Maglay, J., Miko, O., Pulec, M., Putiš, M. & Vozár, J. 1992. Geologická mapa Nízkych Tatier 1 : 50 000. GÚDŠ, Bratislava.
- Bujnovský, A. 1971. Mezozoikum SZ časti Nízkych Tatier /oblasť medzi Lupčiankou a Revúcou/. Manuskript, archív Geofondu (číslo správy: 28942), Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 95 s.
- Bujnovský, A., Gross, P. & Lukáčik, E. 1979. Vysvetlivky ku geologickej mape 1 : 25 000, list Ružomberok. Manuskript, archív Geofondu (číslo správy: 42252), Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava, 152 s.
- Dropa, A. 1966. Výskum krasových foriem Ludrovskej doliny v Nízkych Tatrách. Československý kras, 17, 82–95.
- Dropa, A. 1970. Do podzemných tajov Ludrovskej doliny. Krásy Slovenska, 47, 9, 396–399.
- Gross, P. (Eds.): Vaškovský, I., Halouzka, R., 1979. Geologická mapa Liptovskej kotliny 1 : 50 000. Geologický ústav Dionýza Štúra, Bratislava.
- Havrila, M. 2011. Hronikum: paleogeografia (vrchný pelsón – tuval), štrukturalizácia príkrovu a stavba. Geologické práce, Správy, 117 s.
- Hochmuth, Z. 1993. Krasové javy masívu Salatína v Nízkych Tatrách. Spravodaj SSS, 24, 3, 7–12.
- Holúbek, P. 2011. Správa zo služobnej cesty do Ludrovej a Liptovskej Štiavnice dňa 10. 8. 2011.
- Kratochvíl, Z. 1959 – 1960. Krasové javy v Ludrovskej doline. Slovenský kras, 3, 115–119.
- Kratochvíl, Z. 1959. Krasové jevy v Ludrovské dolině – Správa o výskume pre Múzeum slovenského krasu Zbierka PKJ. Archív SMOPaJ.
- Krištofik J. & Danko Š. 2012. Cicavce Slovenska, rozšírenie, bionómia a ochrana. Veda, Bratislava, 711 s.
- Kučera, P., Bernátová, D. & Obuch J. 2009. Demänovská dolina bezbuková? Naturea tutela, 13, 1, 31–42.
- Obuch, J. 1977. Osteologický materiál z jaskýň. Pamiatky a príroda, 2, 32.
- Obuch, J. 1995. Osteologický prieskum v jaskyniach na Ohništi. Spravodaj Slovenskej speleologickej spoločnosti, 26, 4, 15–16.
- Obuch, J. 2001. Using marked differences from the mean (MDFM) method for evaluation of contingency tables. Buteo, 12, 37–46.
- Obuch, J. 2002. Podhorský typ potravy výra skalného (*Bubo bubo*) na Horehroní: 163–169. In Uhrin, M. (Eds.): Výskum a ochrana prírody Muránskej planiny 3, Správa Národného parku Muránska planina, Revúca, 182 s.
- Obuch, J. 2009. Zaujímavé osteologické nálezy z Nízkych Tatier: 237–247. In Tulis, P. & Vidlička, L., (Eds.): Príroda Nízkych Tatier 2, Zborník referátov a posterov z konferencie usporiadanej pri príležitosti 30. výročia vyhlásenia Národného parku Nízke Tatry. Správa Národného parku Nízke Tatry, Banská Bystrica, 260 s.
- Obuch, J. 2018. Príklady časových zmien v pomernom zastúpení koristi u výra skalného (*Bubo bubo*) na Považí: 15. In Kropil, R. & Lešo, P. (Eds.): Aplikovaná ornitológia 2018 – Zborník abstraktov, 22 s.
- Polák, M., Bujnovský, A., Kohút, M., Pristaš, J., Filo, I., Havrila, M., Vozárová, A., Vozár, J., Kováč, P., Lexa, J., Rakús, M., Malík, P., Liščák, P., Hojstričová, V., Žáková, E., Siráňová, Z., Boorová, D. & Fejdiová, O. 1997. Vysvetlivky ku geologickej mape Veľkej Fatry 1 : 50 000. Geologická služba Slovenskej republiky, Vydavateľstvo Dionýza Štúra, Bratislava, 204 s.
- Shannon, C. E., Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana.

Poznámka: Na strane 188 sa v mape 2 v zvislom priemete Komorníckej doliny uvádzame bralo Čatné. Znalci z Liptovskej Štiavnice používajú aj pomenovanie bralo Čatná, aby sme zachovali oba tvary, tak uvádzame v mape iný názov ako v texte.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	197 – 228	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

VÝSLEDKY SPELEOLOGICKÉHO PRIESKUMU A MAPOVANIA JASKYNE STRATENÝ POTOK

JOZEF PSOTKA^{1,4} – VLADIMÍR PAPÁČ^{2,4} – PETER IMRICH³

¹ Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš;
jozef.psotka@gmail.com

² Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky, Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš; vladimir.papac@ssj.sk

³ Speleoklub Šariš, Prešov, peter.imrich@sizp.sk

⁴ Speleoklub Drienka, Košice

J. Psotka, V. Papáč, P. Imrich: Results of speleological exploration and survey of the Stratený potok Cave

Abstract: Stratený potok Cave is located in the Dlhý vrch Hill, in the northeastern part of the Muránska planina Plateau. This is a typical area of the contact karst, where allogenic streams originating on crystalline rocks are sinking underground at the contact with limestone massif. Stratený potok Cave was formed by sinking streams Stračanik and Za Homoľou. After several digging trips and subsequent speleological exploration, 1718 m of new passages was explored and surveyed. Active stream passages and two fossil cave levels were discovered. Now the total surveyed length of the cave is 3189 m and denivelation 40 m. Cave offers opportunities for further geological, speleomorphological, hydrological or biospeleological research but also for discoveries of more passages.

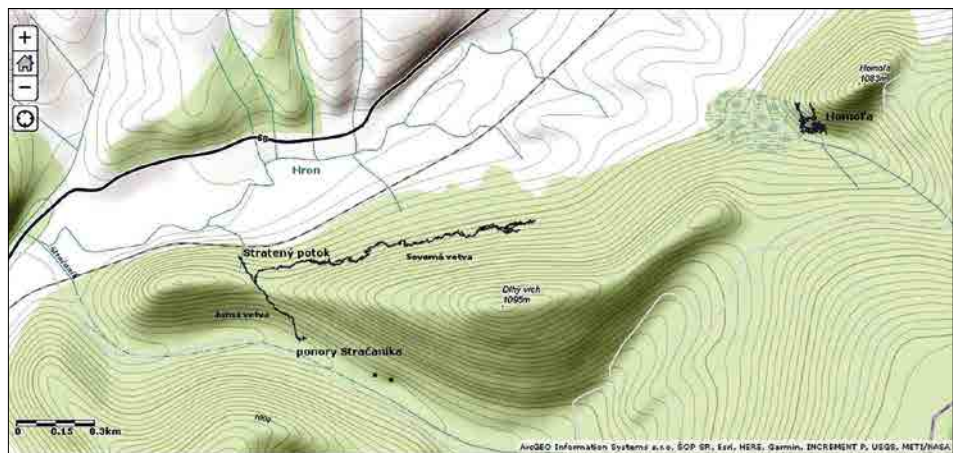
Key words: speleological exploration, cave survey, Muránska planina Plateau, contact karst

ÚVOD

Krasové územie, ktoré sa rozprestiera južne od rieky Hron, v katastroch obcí Telgárt a Šumiac a geologicky tvorí severovýchodný výbežok mezozoika Muránskej planiny, predstavuje typickú oblasť okrajového kontaktného krasu. Potoky prameniace na horninách kryštalinika veporika sa na styku s vápencami ponárajú do podzemia a vytvorili riečne jaskyne. Ponory potoka Stračanik a Za Homoľou a vyvieračka pri železničnom viadukte boli už od prvej polovice 20. storočia predmetom záujmu speleológov, ktorí sa tu snažili preniknúť do jaskynného systému. Úspešní boli až jaskyniari I. Pap s R. Macháňom koncom roka 2003, ktorí novoobjavenú jaskyňu nazvali Stratený potok. Po nových objavoch speleoklubu Drienka v roku 2015 dosiahla jaskyňa dĺžku 3189 m. Článok predstavuje historický prehľad pokusov o prienik a súhrn výsledkov novodobého prieskumu jaskyne, organizovaného členmi speleoklubu Drienka. Stručne opisuje aj geologické a hydrogeologické pomery jaskyne. Jeho hlavným prínosom je nová komplexná mapa jaskyne.

PREHLAD HISTÓRIE PRIESKUMU

Podľa nám známych údajov boli prvými jaskyniarmi, ktorí sa pokúsili prekonať ponor potoka Stračanik členovia Banskobystrickej skupiny pre jaskyniarstvo (*Zweig Neusohl*,



Obr. 1. Situačná mapa jaskyne Stratený potok

Fig. 1. Situation map of Stratený potok Cave

Gruppe für Höhlenforschung) Karpatského spolku (*Karpathenverein*) pod vedením Fritza Schöna. V krátkej správe o činnosti (Schön, 1926) píše, že skupina v lete dôkladne preskúmala Červenokalský ponor (ponor Stračanika), kde sa im podarilo odkryť peknú kvapľovú výzdobu. Neuvádza však žiadne ďalšie podrobnosti.

V neskoršom období (1952 – 1958) sa tu prieskumu venovali jaskyniari z Prahy, ktorých viedol F. Skřivánek. Pracovali na otváraní ponorov i vyvieracky, prenikli do niekoľko m dlhých dutín kde ich však zastavili bez techniky neprekonateľné úžiny, z ktorých vial silný prievan (Skřivánek, 1958). Po nich tu pracovali účastníci jaskyniarskeho týždňa SSS v 1958 (Benický, 1959, 1960) na otváraní výtokového kanála vo vyvieracke. Podľa S. Kámena (1961a) sa počas roka 1960 tisoveckým jaskyniarom podarilo postúpiť 4 m, v inom článku však uvádza, že sa dostali až do dĺžky 15 m ale vykopanú chodbu im po povodni čiastočne zaneslo (Kámen 1961b). Jaskyniari z Tisovca a z Brezna pod vedením S. Kámena a J. Šaláta v prácach neskôr pokračovali a údajne vyrazili 11 m dlhú sondu. Dostali však zákaz pokračovať pre obavy z narušenia statiky blízkeho železničného mosta (Ľ. Múka 2018, e-mail. komunikácia). Na znižovaní vody vo vyvieracke pomocou trhavín pracovali aj jaskyniari SSS počas jaskyniarskeho týždňa v roku 1970 (Chovan, 1970), pričom znížili hladinu asi o 1,5 m. Prívalové vody po povodniach počas nasledujúcich niekoľkých desiatok rokov zotreli akúkoľvek stopu po týchto výkopových prácach.

Dve akcie na vyvieracke uskutočnili aj zvolenský jaskyniari pod vedením P. Hipmana v rokoch 1988 – 1989, pričom postúpili asi 3 m do masívu a vytvorili tu menšiu kavernu (E. Hipmanová, 2019, e-mail. komunikácia). V polovici 90. rokov pracovali v aktívnom ponore Stračanika jaskyniari z Revúcej (dnešný Speleoklub Muránska planina) a podľa D. Kotlarčíka odkryli štrbinu, ktorou prešiel malý chlapec ale bál sa pokračovať ďalej pre tmú a hukot vody. V rokoch 2002 – 2003 tu niekoľko pracovných akcií uskutočnili jaskyniari zo speleoklubov Muránska planina, Drienka a UK Bratislava avšak bez výraznejších postupov. Odklonili potok Stračaník do neaktívneho západného ponoru a začali kopat' vo východnom ponore. Práce tu veľmi sťažoval závalový charakter ponoru, množstvo sedimentov a nejasný smer postupu. Preto potok odklonili naspäť a kopali v západnom ponore, kde však narazili na podobné problémy ako vo východnom ponore. Na vyvieracke títo jaskyniari nepracovali, pretože vtedy ešte na to nemali potrebnú techniku.



Obr. 2. Historická fotografia z vyvieracky pri Červenej skale z roku 1958, na fotografii A. Haninec, Otto Kňazovický, J. Jirásek, S. Kámen. Foto: V. Benický

Fig. 2. Historical photo of the karst spring near Červená skala from 1958, in the photo: A. Haninec, Otto Kňazovický, J. Jirásek, S. Kámen. Photo: V. Benický

Koncom roka 2003 sa na lokalite objavil vtedy začínajúci ale veľmi ambiciózny jaskyniar I. Pap, ktorý sa o nej dozvedel od P. Holúbeka. Bez toho aby informoval jaskyniarov, ktorí na tomto území pracovali, začal rozširovať neprieleznú puklinu s prievanom a hukotom vody, ktorá pokračovala z kaverny vyrazenej už členmi Speleo Detva. Spolu s R. Macháňom tu uskutočnili 8 akcií, rozšírili 16 m dlhú neprieleznú puklinu a v decembri 2003 prenikli do jaskyne, ktorú nazvali Stratený potok (Pap a kol., 2004). Objav bol značne medializovaný a keď sa o ňom dozvedela SIŽP v Banskej Bystrici začala voči objaviteľom konanie, pretože nemali výnimku na speleologickú činnosť. Po prieskume a zameraní dosiahla jaskyňa dĺžku 1542 m a prevýšenie 25 m. Rok po objave jaskyne prvotný veľký záujem opadol, v prieskume už objavitelia nepokračovali a I. Pap sa začal venovať novoobjavenej jaskyni Mesačný tieň vo Vysokých Tatrách. Vstupná plazivka sa po niekoľkých povodniach takmer celá zanesla naplaveným pieskom.

Po dohode so Speleoklubom Muránska planina začali v auguste 2013 v jaskyni pôsobiť jaskyniari zo Speleoklubu Drienka. Po prípravných prácach zameraných na vyčistenie a rozšírenie vstupnej plazivky sa pustili do prieskumu Severnej vetvy jaskyne, ktorá smeruje na jaskyňu Homoľa. Na jej konci začali s rozširovaním neprieleznej povodňovej pukliny s prievanom. Po trinástich, prevažne zimných akciách sa im podarilo rozšíriť asi 20 m dlhú neprieleznú úžinu až napokon 25. 10. 2015 prenikli cez úzke puklinové chodby do rozsiahleho pokračovania jaskyne. Objavili suché riečne chodby v tmavých vápencoch, úzke puklinové i priestrannejšie oválne, po ktorých narazili na chodbu s vodným tokom. Vodná chodba má dĺžku okolo 700 m a končí sifónom. Voľným vylezením dvoch komínov objavili hornú úroveň s bohatou a pre jaskyne tejto oblasti pozoruhodnou sintrovou výzdobou. V hornej úrovni sa im po rozšírení úžiny a prekonaní asi 30 m dlhého závalu podarilo objaviť okolo 400 m ďalších chodieb. Sú to zatiaľ najväčšie priestory jaskyne, inaktívne riečne chodby v dvoch úrovniach, ktoré sú miestami prerútené a vytvárajú



Obr. 3. Pohľad na Dlhý vrch z vtáčej perspektívy. Foto: I. Pap

Fig. 3. Bird's eye view of the Dlhý vrch Hill. Photo: I. Pap

väčšie siene. Tieto priestory ukončuje v priamom smere mohutný zával, v ktorom lokalizovali miesto so silným prievanom. Stručnú správu o nových objavoch v jaskyni publikovali v *Bulletine Slovenskej speleologickej spoločnosti* a časopise *Sinter* (Psotka, 2017a,b) a podrobnejšiu v *Spravodaji Slovenskej speleologickej spoločnosti* Papáč, Psotka a Imrich, (2018). Objavy a prieskum nových priestorov prebehol bez ich zbytočnej medializácie, vďaka čomu sme sa vyhli nežiaducemu záujmu rôznych zvedavcov a nejasníarov o túto potenciálne nebezpečnú jaskyňu.

NÁČRT GEOLÓGIE JASKYNE

Podľa geologickej mapy Klinca (1976), kde predmetné územie mapoval Bystrický (1959) by mali byť priestory Severnej a časť Južnej vetvy jaskyne vytvorené v tmavosivých až čiernych vápencoch gutensteinského súvrstvia (stredný trias). Väčšia časť priestorov Južnej vetvy by mala byť podľa mapy v steinalmských vápencoch (stredný

trias). Na základe výsledkov najnovšieho geologického mapovania a biostratigrafického výskumu územia (Kronome a Boórová, 2014) a publikovanej novej geologickej mapy by mali vstupné časti jaskyne a časť Južnej vetvy prechádzať tmavosivými až čiernymi slienitými vápencami geravského súvrstvia (jura: lias). Južná vetva by mala potom pokračovať cez tmavosivé až čierne vápence Skalky (vrchný trias: réť) a končiť v dachsteinských vápencoch (vrchný trias: norik). Priestory Severnej vetvy by podľa mapy mali byť vytvorené v tmavo- až svetlosivých dachsteinských vápencoch. Toto však nezodpovedá skutočnosti v podzemí, pretože táto vetva je celá vytvorená v tmavosivých až čiernych vápencoch s dolomitickými polohami a vložkami bridlic a svetlé vápence sme tu nikde nenašli. Vytváranie chodieb Severnej vetvy bolo podmienené puklinami SV – JZ a v menšej miere SZ – JV smeru. Kronome a Boórová (2014) interpretujú v oblasti Dlhého vrchu antiklinálnu štruktúru, podľa ich geologickej mapy by jaskyňa mala byť vytvorená v jej severnom ramene, čomu by nasvedčoval aj veľmi strmý sklon vrstiev, ktorý sme pozorovali v Severnej vetve. Pre objasnenie geologickej stavby jaskyne by bolo potrebné v podzemí vykonať geologické mapovanie a štruktúrne merania.

PREHĽAD KRASOVEJ HYDROLÓGIE

Krasový masív Dlhého vrchu odvodňuje do rieky Hron vyvieračka pod viaduktom, ktorá je spolu s ponormi potoka Stračaník v Dlhej doline už oddávna známym miestnym úkazom. Vyvieračka bola v minulosti pozorovaná SHMÚ pod názvom Telgárt Stračaník – ponor (č. 6912). Pozorovania prebiehali od novembra 1970 do októbra 1992, s minimálnou zaznamenanou výdatnosťou 40 l.s^{-1} a maximálnou až 4580 l.s^{-1} počas povodne



Obr. 4. Brodenie vo Vodnej chodbe. Foto: V. Papáč
Fig. 4. Wading in Vodná chodba Corridor. Photo: V. Papáč



Obr. 5. V hornej úrovni jaskyne. Foto: V. Papáč
Fig. 5. In the upper level of cave. Photo: V. Papáč



Obr. 6. Nožovité výbežky skalého dna – čery. Foto: Š. Kyšela
 Fig. 6. Projections of the bedrock channel – rock knives. Photo: Š. Kyšela

22. 10. 1974. Vodomerný objekt č. 6910 Telgárt – Dlhá dolina, nad ponorom Stračaníka bol pozorovaný od novembra 1970 do októbra 1989 s maximom 2680 l.s^{-1} takisto počas povodne dňa 22. 10. 1974. (P. Malík, 2015, e-mail. komunikácia). Priemerná výdatnosť vyvieračky v rokoch 1971 – 1985 bola 180 l.s^{-1} a potoka Stračaník nad ponorom 104 l.s^{-1} (Malík, Švasta a Baroková, 2008). Z hydrologických pozorovaní vyplýva, že okolo 42 % výdatnosti vyvieračky tvorí prítok zo Severnej vetvy jaskyne.

Hydrologické prepojenie vyvieračky pod viaduktom (v staršej literatúre vyvieračka Červenej skaly) s ponorom potoka Stračaník a s jaskyňou Homoľa bolo potvrdené farbiacim pokusom uskutočneným už počas 7. Jaskyniarskeho týždňa SSS v auguste 1958 (Benický, 1959). Farbivo fluoresceín prekonalo podzemnú trasu na úseku dlhom 840 m pri prevýšení 25 m za 2 h a 15 min a farbivo z ponoru Homoľa vzdialenom 2300 m s prevýšením asi 100 m sa objavilo za 31 hod. Spojitosť ponorov v doline Stračaníka a Vyvieračky pod viaduktom bola potvrdená farbením fluoresceínom aj počas pracovnej akcie v rámci ďalšieho jaskyniarskeho týždňa (Chovan, 1970). V súčasnosti je vzdialenosť od ponorov Stračaníka k známym priestorom jaskyne (II. zával v Južnej vetve) asi 440 m a z jaskyne Homoľa ku koncu novoobjavených priestorov Severnej vetvy je asi 1120 m.

Hydrologické pomery jaskyne (teploty, vodivosť vôd) opisujú Pap a kol. (2004). Títo autori predpokladali, že tok v Severnej vetve je zrejme autochtónny, nižšie si však protirečia tvrdením, že časť, možno až väčšina vôd by mohla pochádzať z ponorových závrtoch pod hrebeňom Tatričky, na severnom úpätí Dlhého vrchu. Podľa hojného výskytu štrkov pozostávajúcich z kremeňa a hornín kryštalinika (vo vrchnej úrovni veľkosti aj 6 – 8 cm) a veľmi častého výskytu naplavených organických zvyškov (ihlíky, úlomky smrekových konárov) nepredpokladáme autochtónny pôvod väčšiny vôd toku v Severnej vetve. Nepredpokladáme tiež súvis drobných tokov (s výdatnosťou $0,2 - 0,3 \text{ l.s}^{-1}$) ponárajúcich sa v náplavových závrtoch pod Tatričkami s jaskyňou Stratený potok. Tieto vody pravdepodobne vytekajú v prameni na HG mape pod č. 655 s výdatnosťou 2 l.s^{-1} ,



Obr. 7. P. Imrich a F. Majerníčková pri meraní jaskyne. Foto: Š. Kyšela
 Fig. 7. P. Imrich and F. Majerníčková while cave surveying. Photo: Š. Kyšela

ktorý leží vo vzdialenosti 400 m po doline na pravom brehu potoka Stračaník. Drenáž ponárajúcich sa vôd pravdepodobne prebieha pozdĺž zlomovej (násunovej) zóny SV – JZ smeru, ktorá oddeľuje masív Dlhého vrchu od hrebeňa Tatričky. Jaskyňa by mohla byť vhodným objektom pre podrobný hydrogeologický a hydrogeochemický výskum. Z hľadiska praktického speleologického prieskumu sú najlepšie podmienky v čase dlhotrvajúcich mrazov alebo letného či jesenného sucha.

ZAMERANIE PRIESTOROV

V jaskyni pracovalo viacero meračov a tak s očakávaním toho, že objavené priestory pripojíme k existujúcej mape jaskyne, začali sme zameriavať objavené priestory a zároveň sme požiadali tvorcov pôvodnej o spoluprácu na spoločnej mape. Južnú vetvu a vstupné časti jaskyne zmapoval a nakreslil J. Szunyog na prelome rokov 2003 a 2004. Severnú vetvu zase v tom istom období B. Šmída. Pôvodná zameraná dĺžka jaskyne bola 1542 m s deniveláciou 25 m. Ako pokračovali práce na mapovaní nových objavov jaskyne, J. Szunyog spracoval svoju časť mapy do Therionu a poskytol ju na pripojenie k objavom. B. Šmída nám na Speleomítingu vo Svite povedal, že nám pošle svoje údaje z merania. Jeho prísľub ostal nenaplnený a tak, aj keď neradi, museli sme po zmapovaní objavených častí jaskyne zamerať aj známe priestory pôvodne spracované Šmídom. Celkove sme urobili 18 mapovacích akcií v novoobjavených i známych priestoroch jaskyne. Priestory za prvým závalom v Južnej vetve jaskyne sme nezamerali, pretože prechod do nich je už nepriechodne zavalený. K zameraniu jaskyne prispeli všetci účastníci prieskumných prác ale najviac bola na prácach účastná F. Majerníčková a spracovateľ podkladov P. Imrich. Celkovo dosiahla jaskyňa dĺžku 3233 m a deniveláciu 40 m. Z toho je 1515 m starých a 1718 m novoobjavených priestorov. Severná vetva jaskyne je výrazne pretiahnutá v smere východ – západ, pričom celkové rozpätie v tomto smere je 1166 m, južná vetva zase smeruje približne na juh a celkové rozpätie jaskyne v smere sever – juh je 464 m. Mapovanie trvalo s prestávkami od decembra 2015 do decembra 2017.

ZHRNUTIE

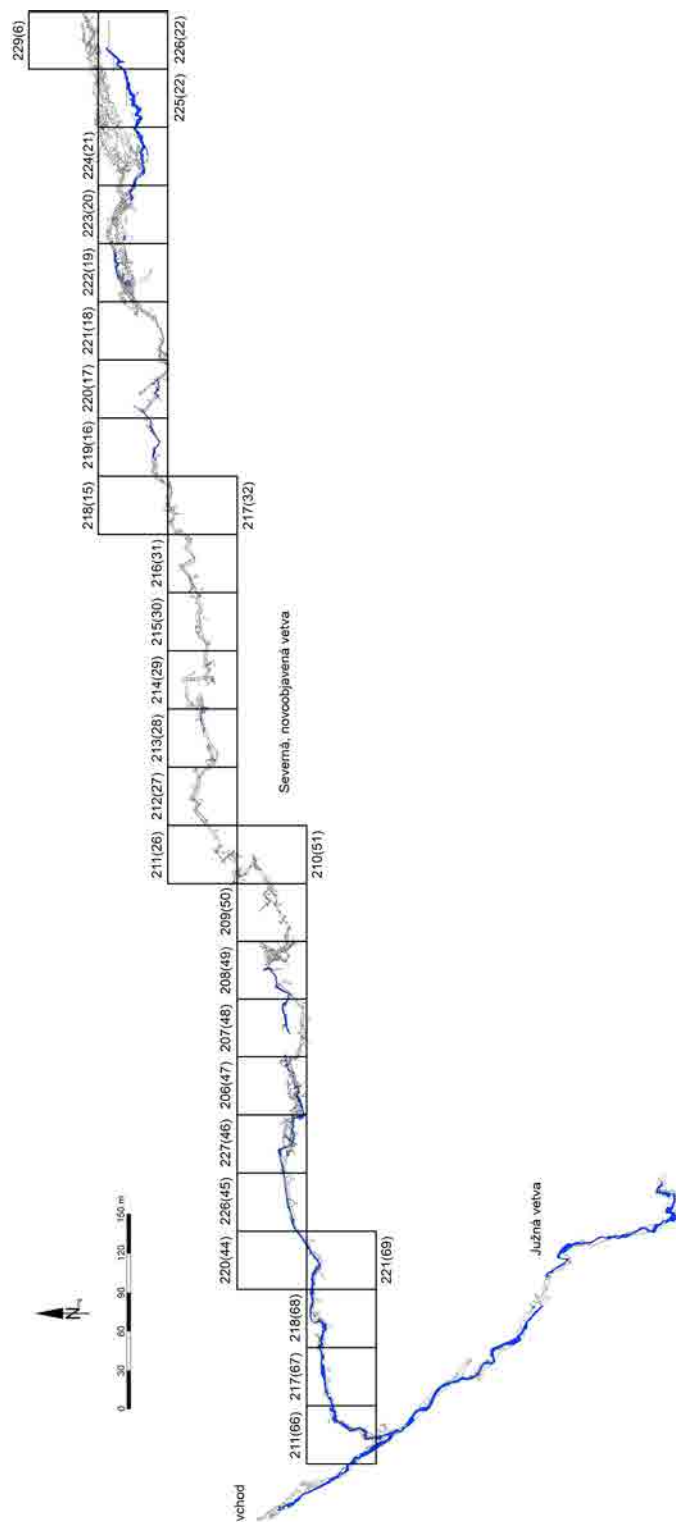
Speleologický prieskum Severnej vetvy jaskyne Stratený potok preukázal jej významné pokračovanie, ktoré sa tiahne približne v spodnej tretine severného svahu Dlhého vrchu, v smere V – SV a generálne smeruje na jaskyňu Homoľa. Podarilo sa tu objaviť a zamerať 1718 m nových priestorov. Výskyt nekrasových štrkov a naplavených organických zvyškov v podzemnom riečisku poukazuje na jej priame prepojenie s ponorom – jaskyňou Homoľa. Silný prievan na konci Severnej vetvy sa správa ako spodný vchod jaskynného systému, prievan vo vchode jaskyne Homoľa sa však takisto správa ako spodný vchod. Možný horný vchod alebo aspoň prejav prievanu na povrchu dosiaľ nepoznáme. Pri povrchovom prieskume svahov Dlhého vrchu nad jaskyňou Stratený potok sme nenašli žiadne jaskyne, vytopené miesta ani zvyšky či náznaky ďalších vstupov do podzemia. Zatiaľ poslednými možnosťami pokračovania jaskyne sú: potápačský prieskum koncového sifónu, kde treba počítať s náročným a dlhým transportom materiálu a potom práca v koncovom závale hornej úrovne, kde je silný prievan. Podarilo sa tu postúpiť dopredu do voľných dutín v blokovisku ale od ďalšej systematickej činnosti nás tu odrádza dlhý a namáhavý prístup na pracovisko (3,5 – 4 hod) ako aj samotné riziko práce v závale.

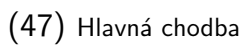
LITERATÚRA

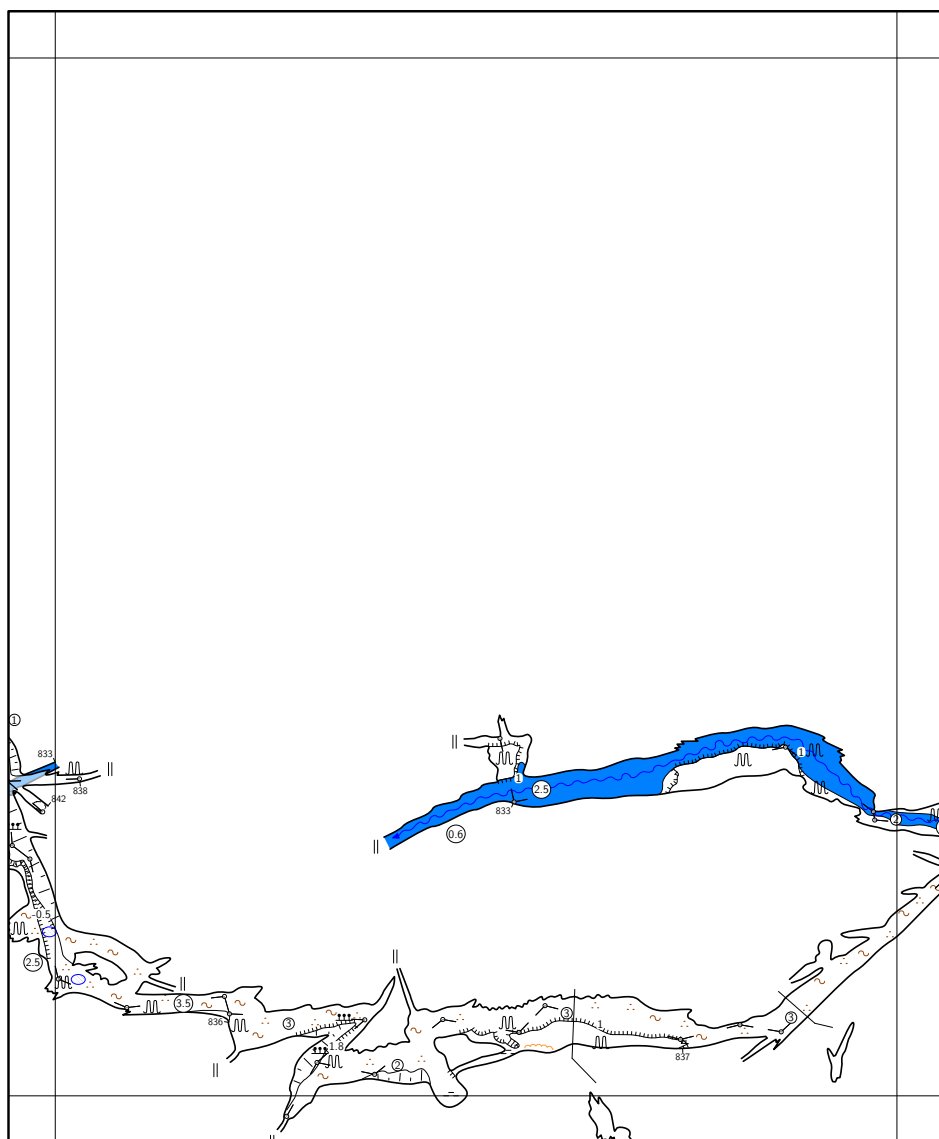
- Benický, V. 1959. 7. jaskyniarsky týždeň. Slovenský kras, 2, 161.
- Benický, V. 1960. Jaskynná sústava Červenej skaly. Československý kras, 12, 239.
- Bystrický, J. 1959. Príspevok k stratigrafii muránskeho mezozoika (Muránska plošina). Geologické práce, Zošit (Bratislava), 56, 5–53.
- Chovan, A. 1970. Jaskyniarsky týždeň Slovenskej speleologickej spoločnosti roku 1970 pri Dobšinskej ľadovej jaskyni. Slovenský kras, 10, 162–165.
- Kámen, S. 1961a. Z činnosti jaskyniarskej skupiny v Tisovci. Slovenský kras, 3, 154–155.
- Kámen, S. 1961b. Jaskyňa Dlhý vrch (Muránska planina). Slovenský kras, 3, 82–87.
- Klinec, A. 1976. Geologická mapa Slovenského rudohoria a Nízkych Tatier. GÚDŠ, Bratislava.
- Kronome, B. & Boórová, D. 2014. Geologická stavba masívu Tesnej skaly (Muránska planina, centrálne Západné Karpaty) – výsledky geologického mapovania a biostratigrafického štúdia. Geologické práce, Správy, 123, 7–29.
- Malík, P., Švasta, J. & Baroková, D. 2008. Pokus o rekonštrukciu a rozšírenie hydrologickej bilancie Muránskej planiny na obdobie rokov 1971 – 1985. Podzemná voda, 14, 1, 71–87.
- Pap, I., Šmída, B., Macháň, R. & Szunyog, J. 2004. Novoobjavená jaskyňa Stratený potok pod Muránskou planinou. Spravodaj SSS, 35, 1, 33–44.
- Papáč, V., Psotka, J. & Imrich, P. 2018. Nové objavy v jaskyni Stratený potok na Muránskej planine. Spravodaj SSS, 49, 31–41.
- Psotka, J. 2017a. New discoveries in the Stratený potok Cave (Muránska Plateau). Bulletin of the Slovak Speleological Society, 58–60.
- Psotka, J. 2017b. Nové objavy v jaskyni Stratený potok (Muránska planina). Sinter, 25, 22–24.
- Schön, F. 1926. Zweig Neusohl, Gruppe für Höhlenforschung. Turistik, Alpinismus, wintersport, 10-11, Kesmark, 201–202.
- Skřivánek, F. 1958. Krasové zjavy severovýchodního výběžku Muránského krasu. Krasový sborník, 1, 12–34.

Listoklad mapy novobjavených častí jaskyne Stratený potok:

Výsledky speleologického prieskumu a mapovania jaskyne Stratený potok. Listoklad východnej časti mapy jaskyne Stratený potok. Autor: P. Imrich, zamestnanci: P. Imrich, F. Majerničková, V. Papač, M. Miškov, J. Psoška, M. Gaško, sw THERION

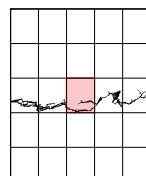




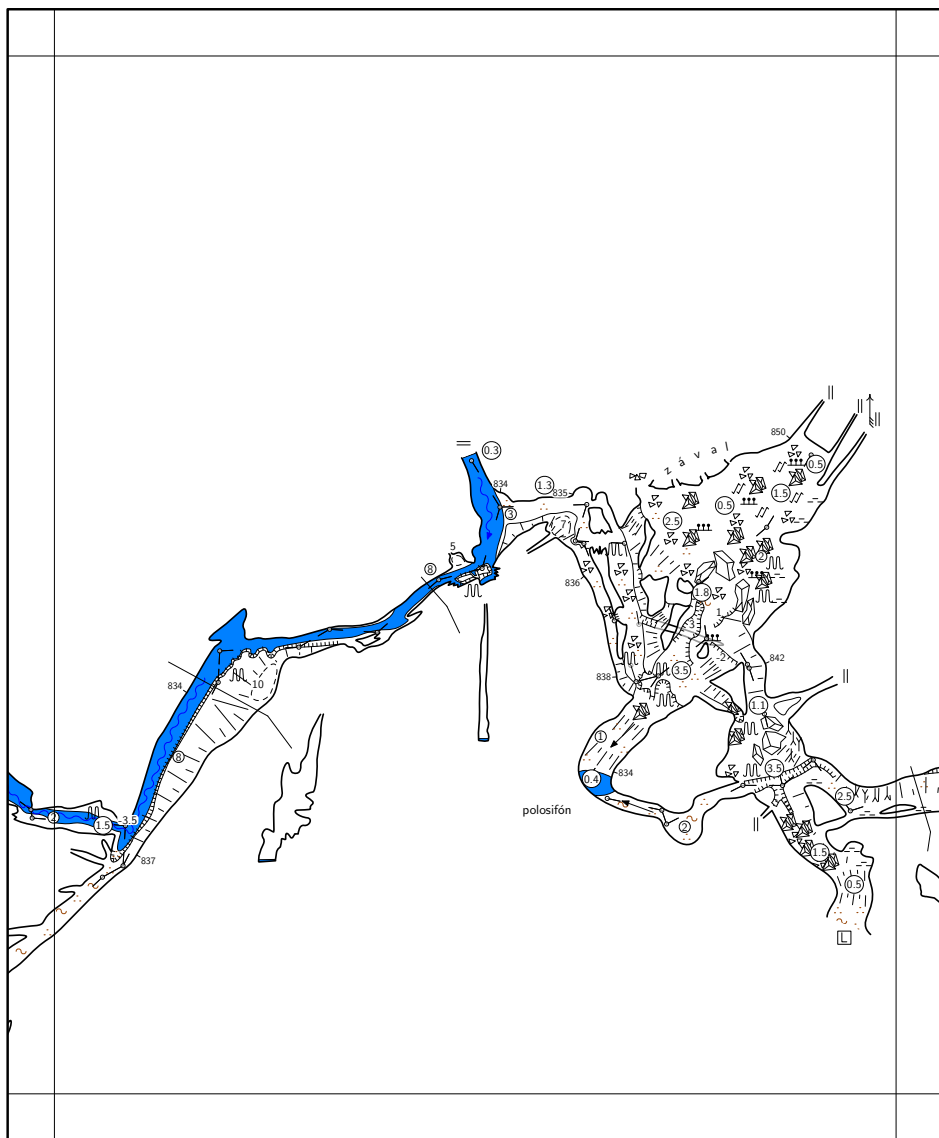


(48) Hlavná chodba

47 + 49
73

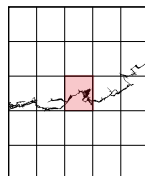


0 5 10 15 20 25 m

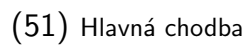


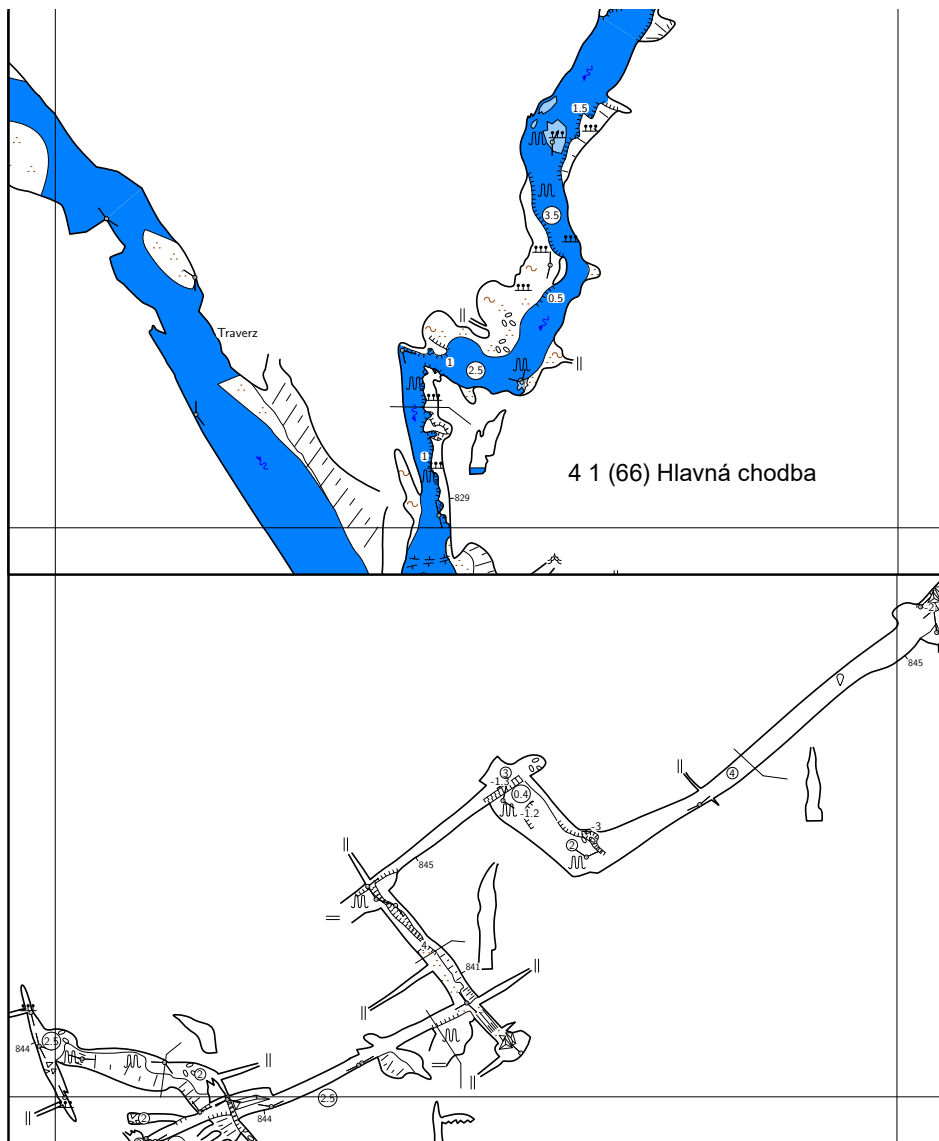
(49) Hlavná chodba

48 ↗ 50
74



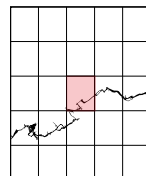
0 5 10 15 20 25 m



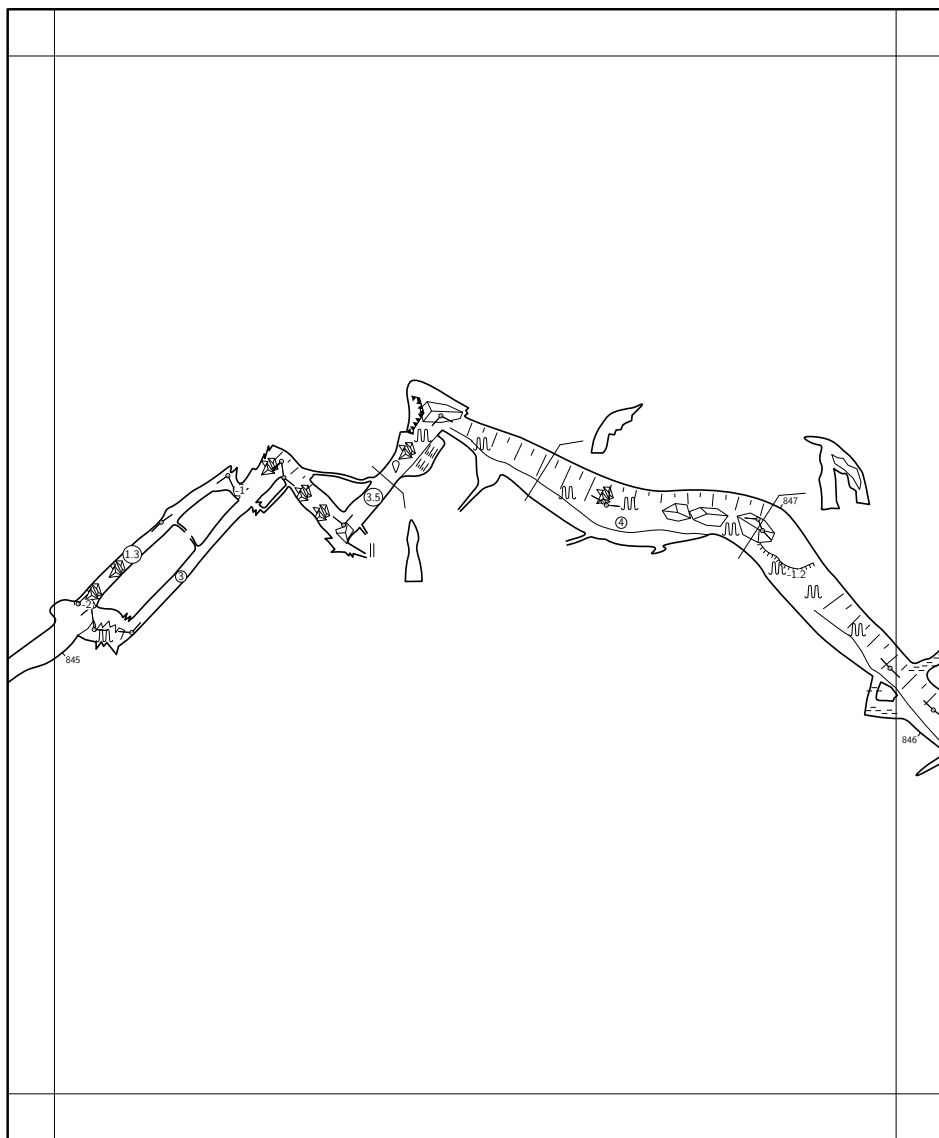


(26) Hlavná chodba

9
25 → 27
51

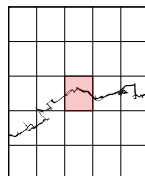


0 5 10 15 20 25 m

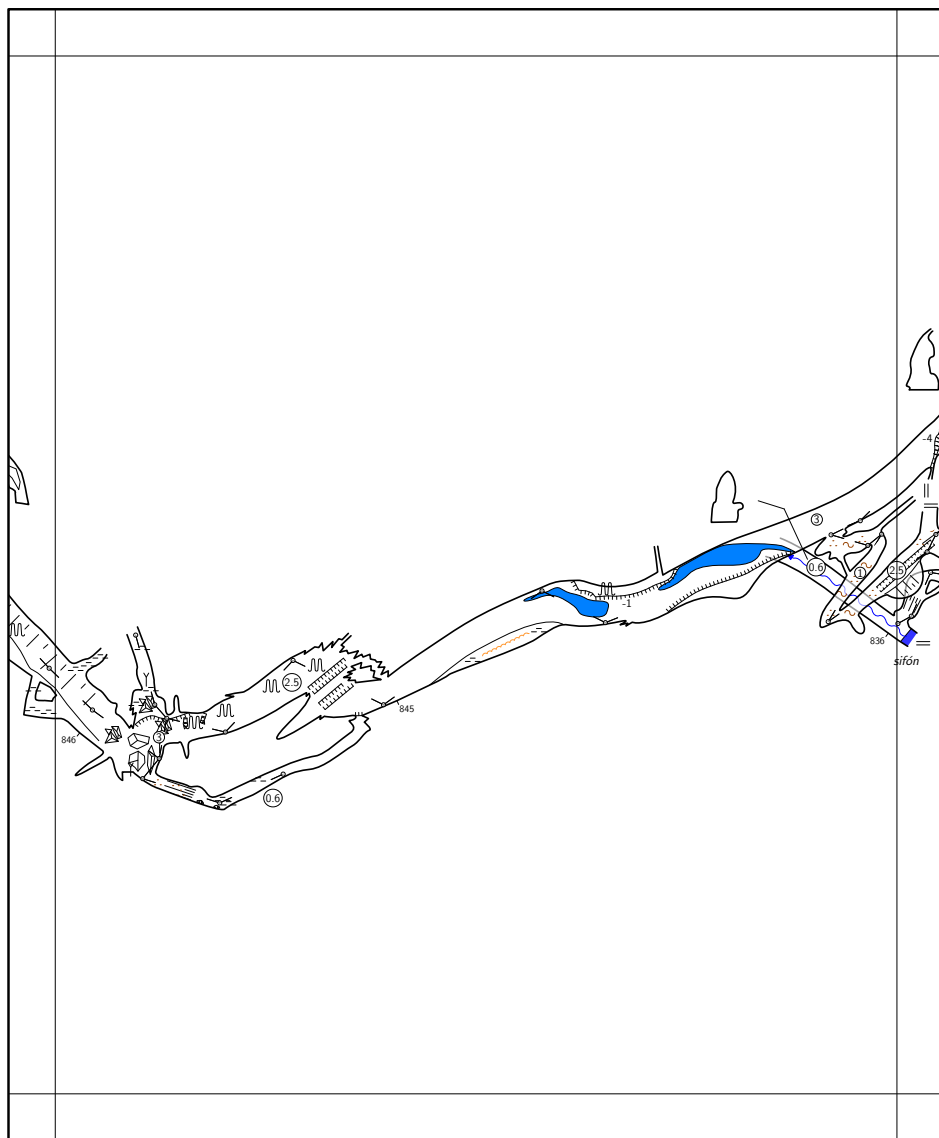


(27) Hlavná chodba

10
26 + 28
52

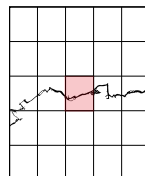


0 5 10 15 20 25 m

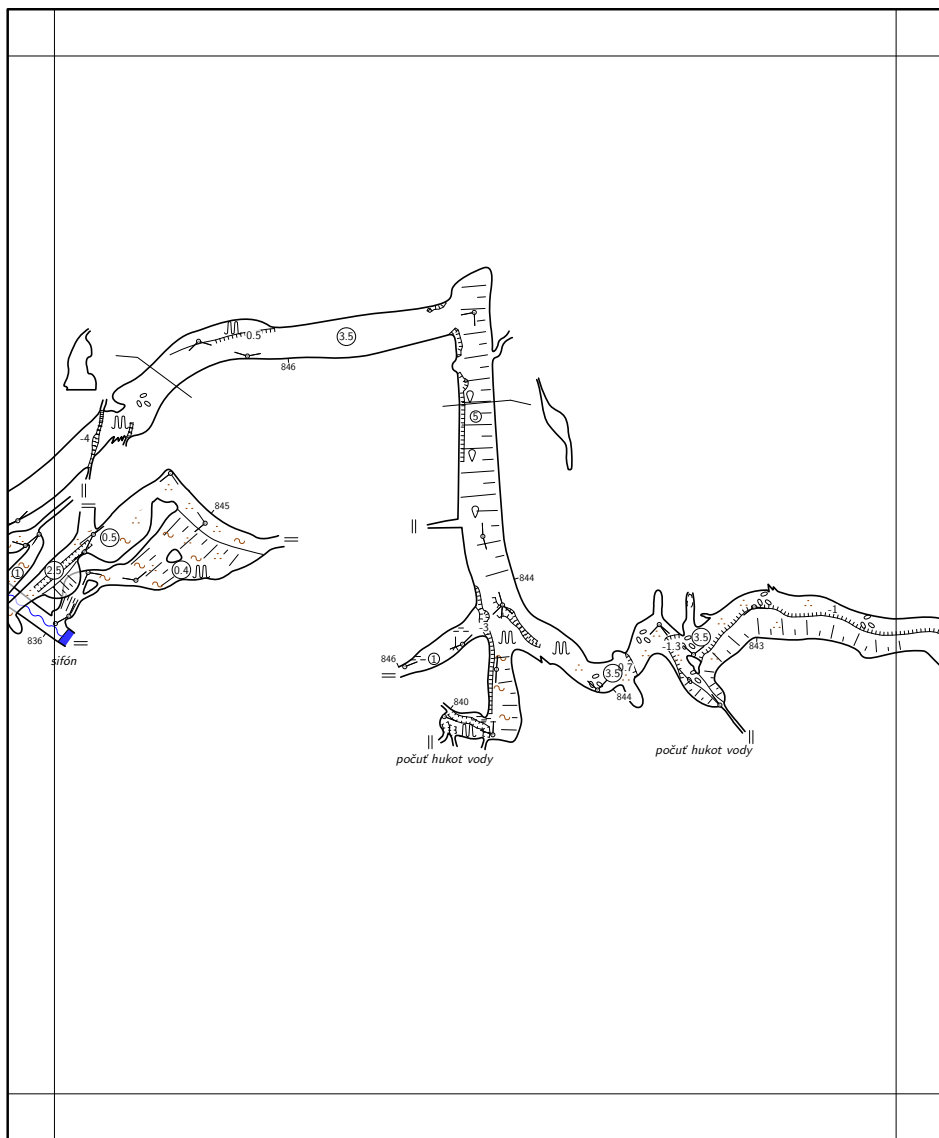


(28) Hlavná chodba

11
27 + 29
53

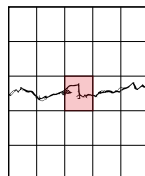


0 5 10 15 20 25 m

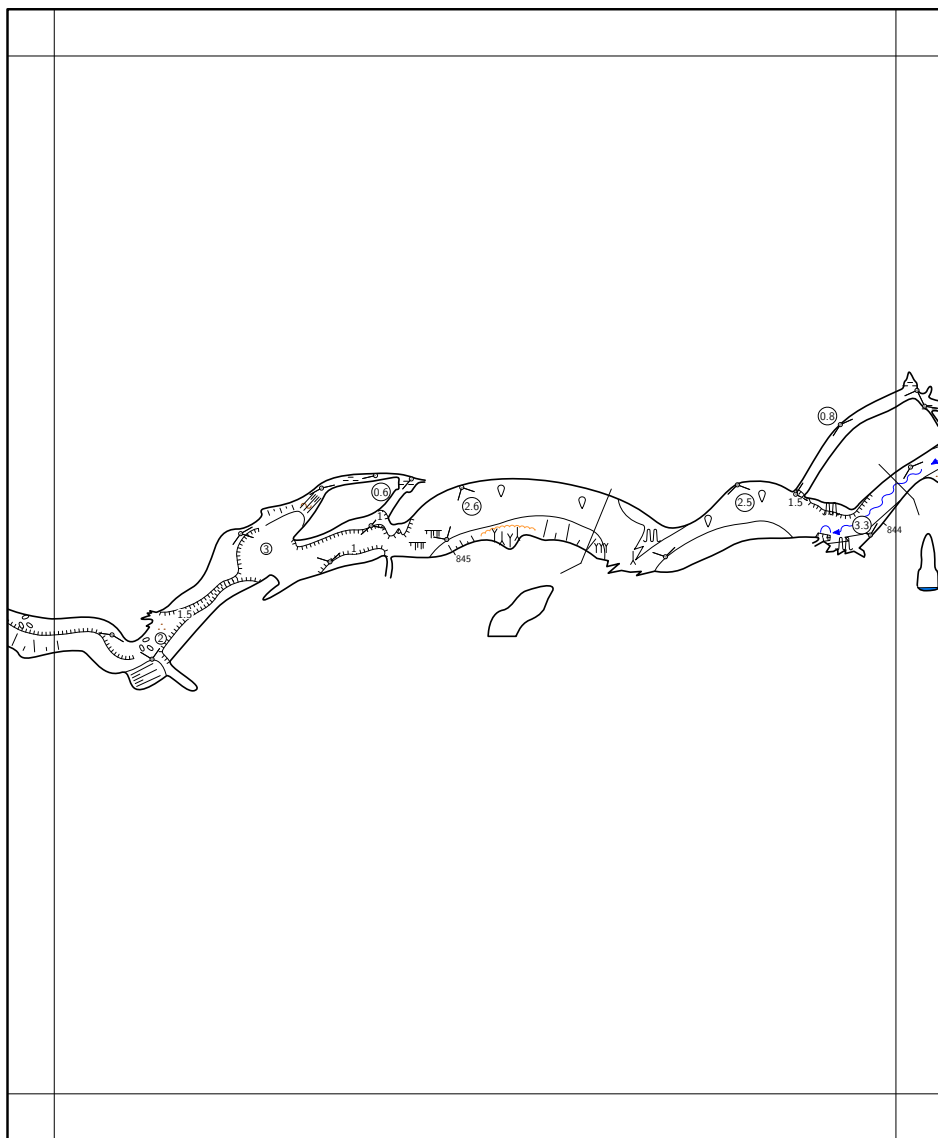


(29) Hlavná chodba

12
28 + 30
54

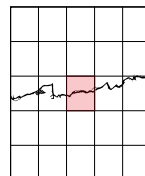


0 5 10 15 20 25 m

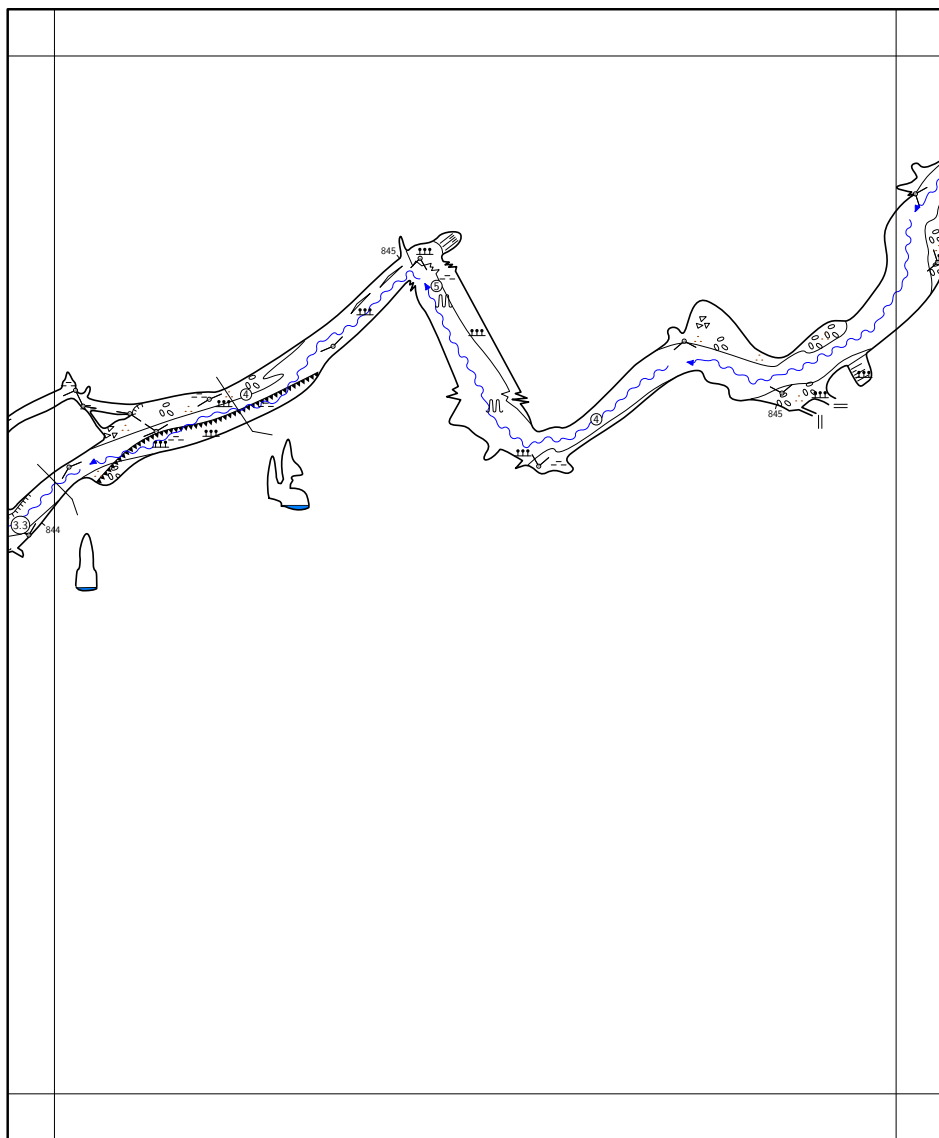


(30) Hlavná chodba

13
29 + 31
55

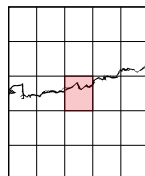


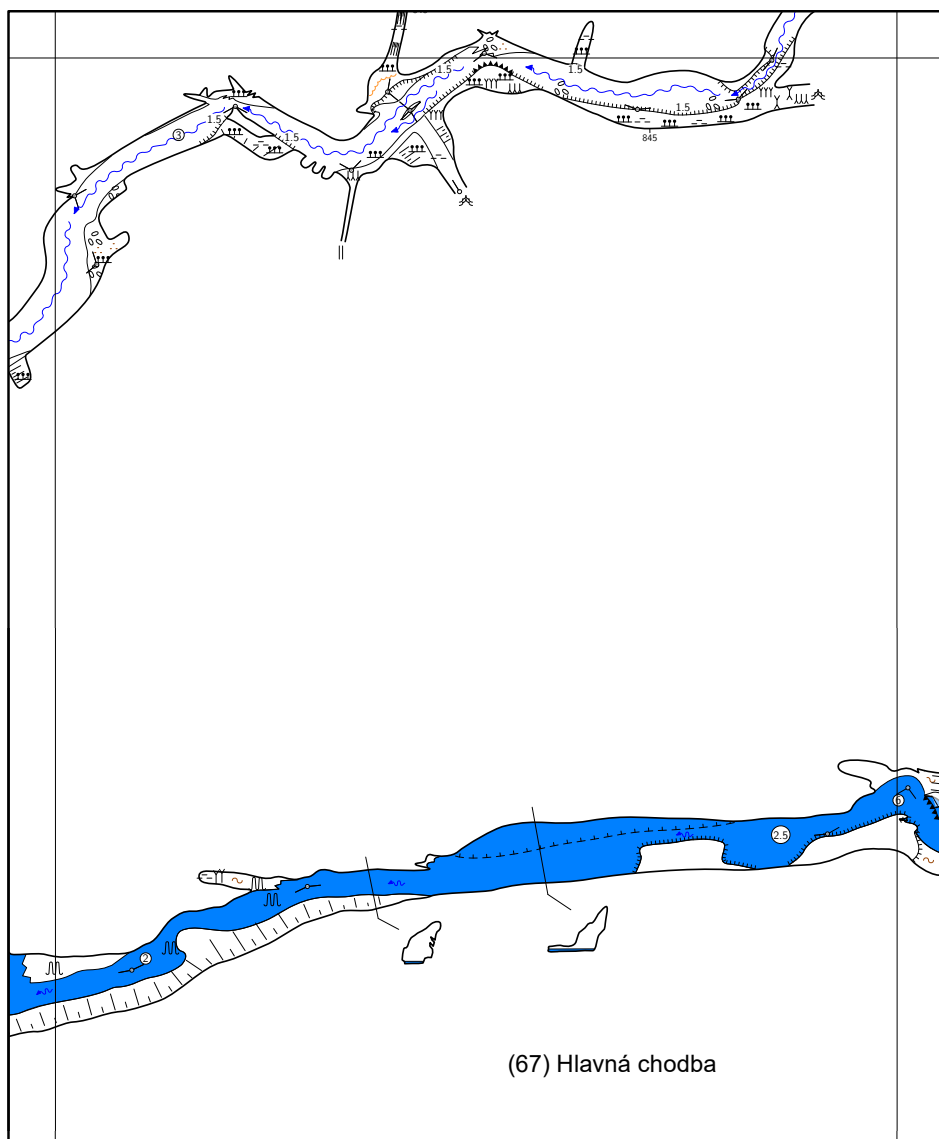
0 5 10 15 20 25 m



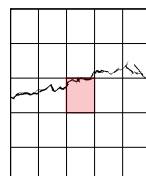
(31) Hlavná chodba

14
30 + 32
56

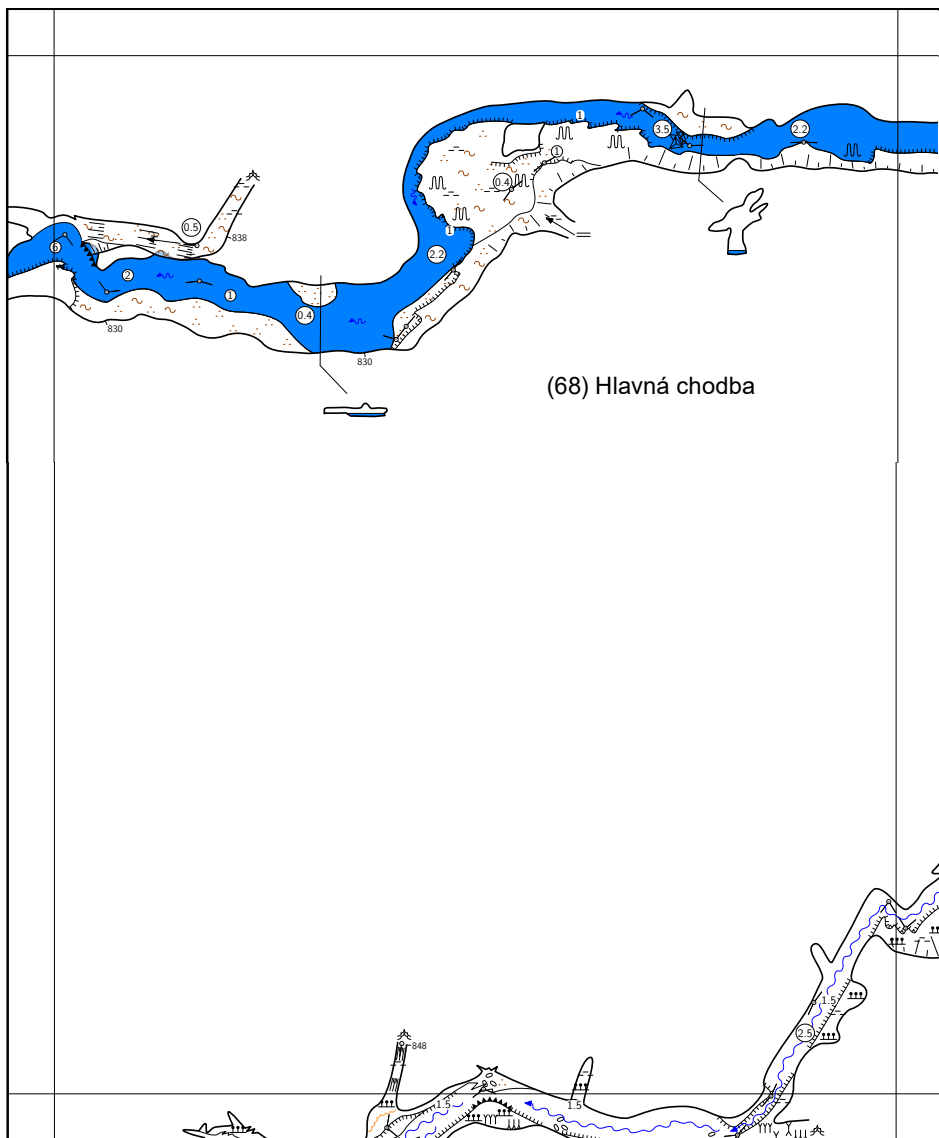




15
31 + 33
57

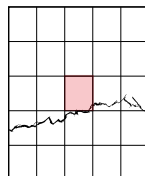


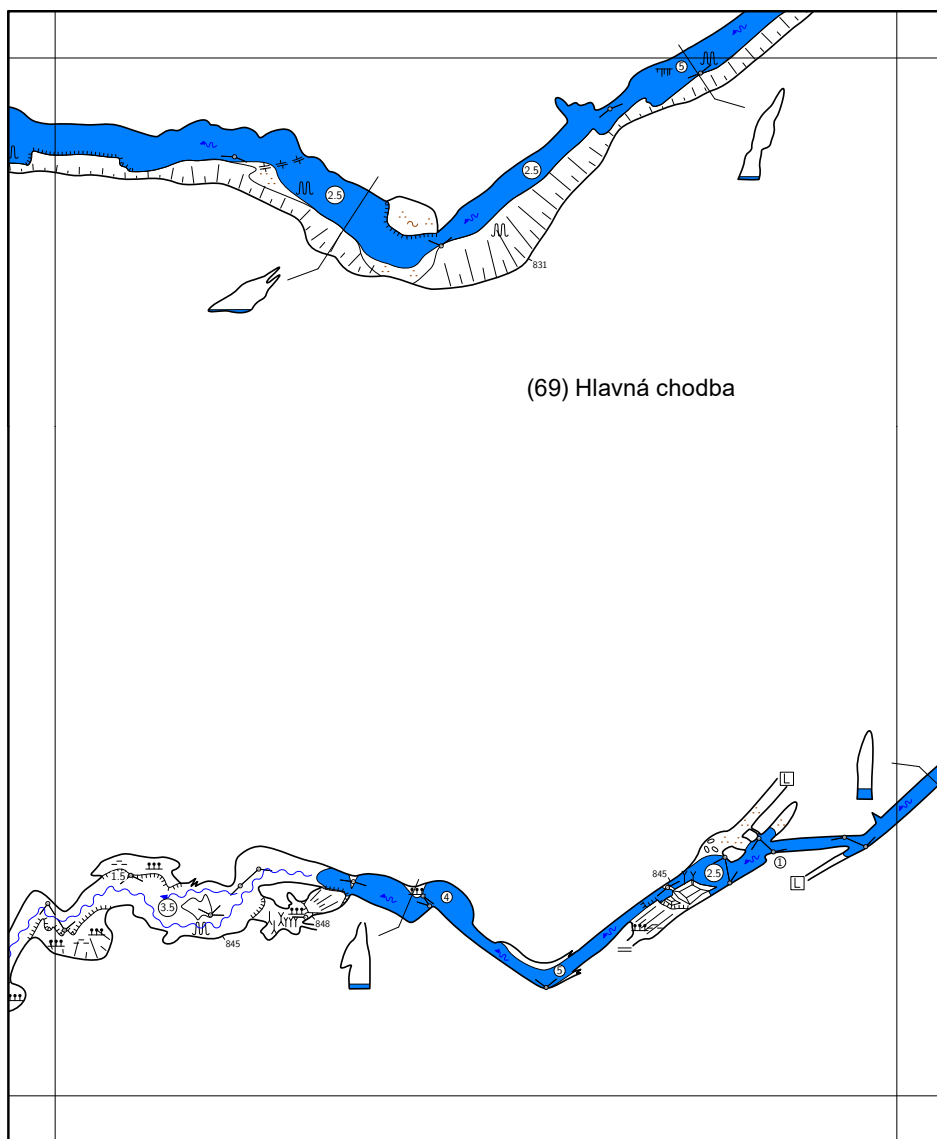
0 5 10 15 20 25 m



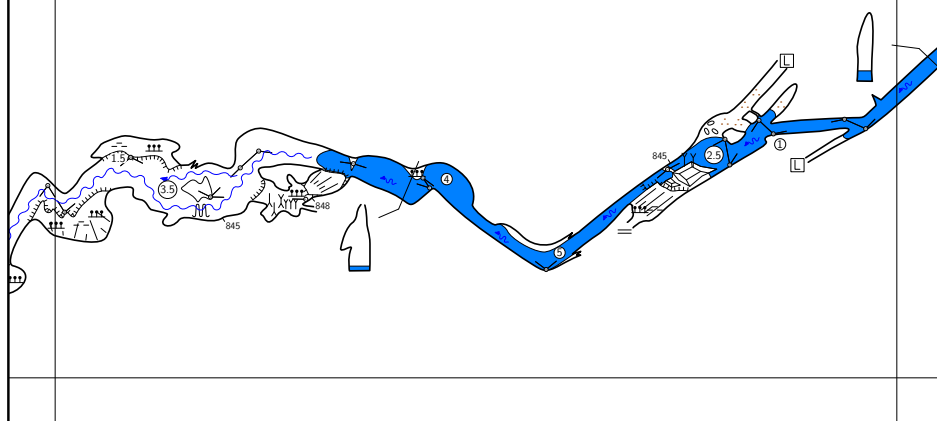
(15) Hlavná chodba

14 ↕ 16
32



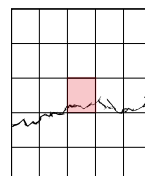


(69) Hlavná chodba

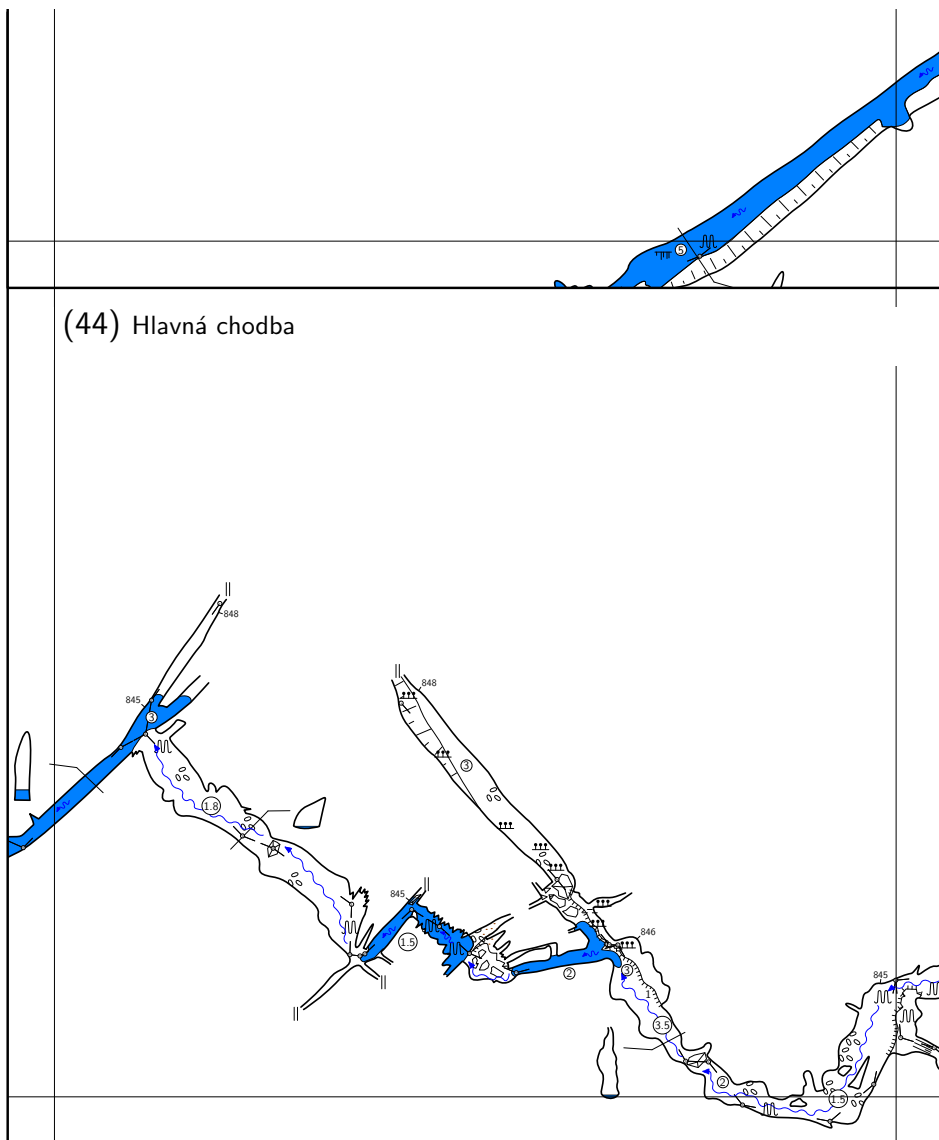


(16) Hlavná chodba

15 ↕ 17
33

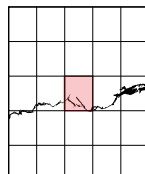


0 5 10 15 20 25 m

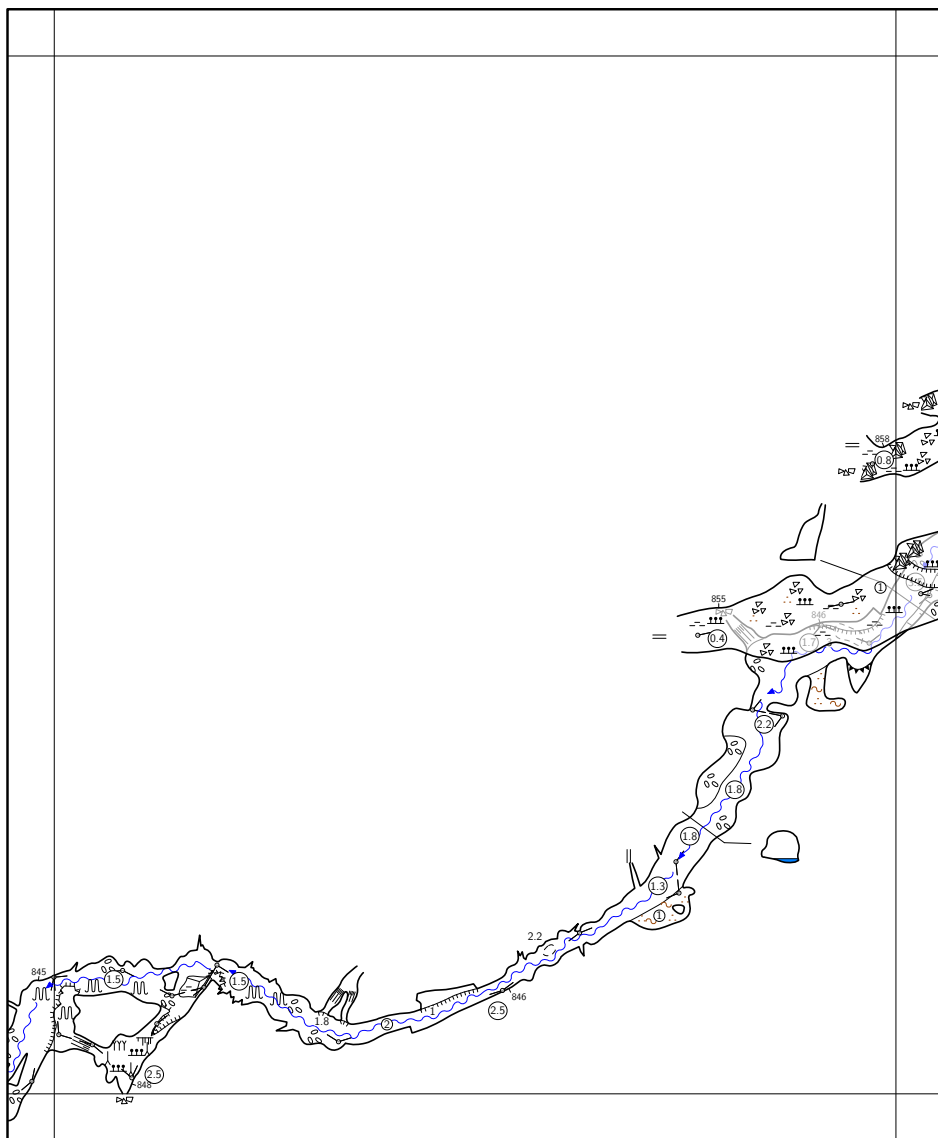


(17) Hlavná chodba

16 ↕ 18
34

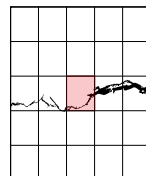


0 5 10 15 20 25 m

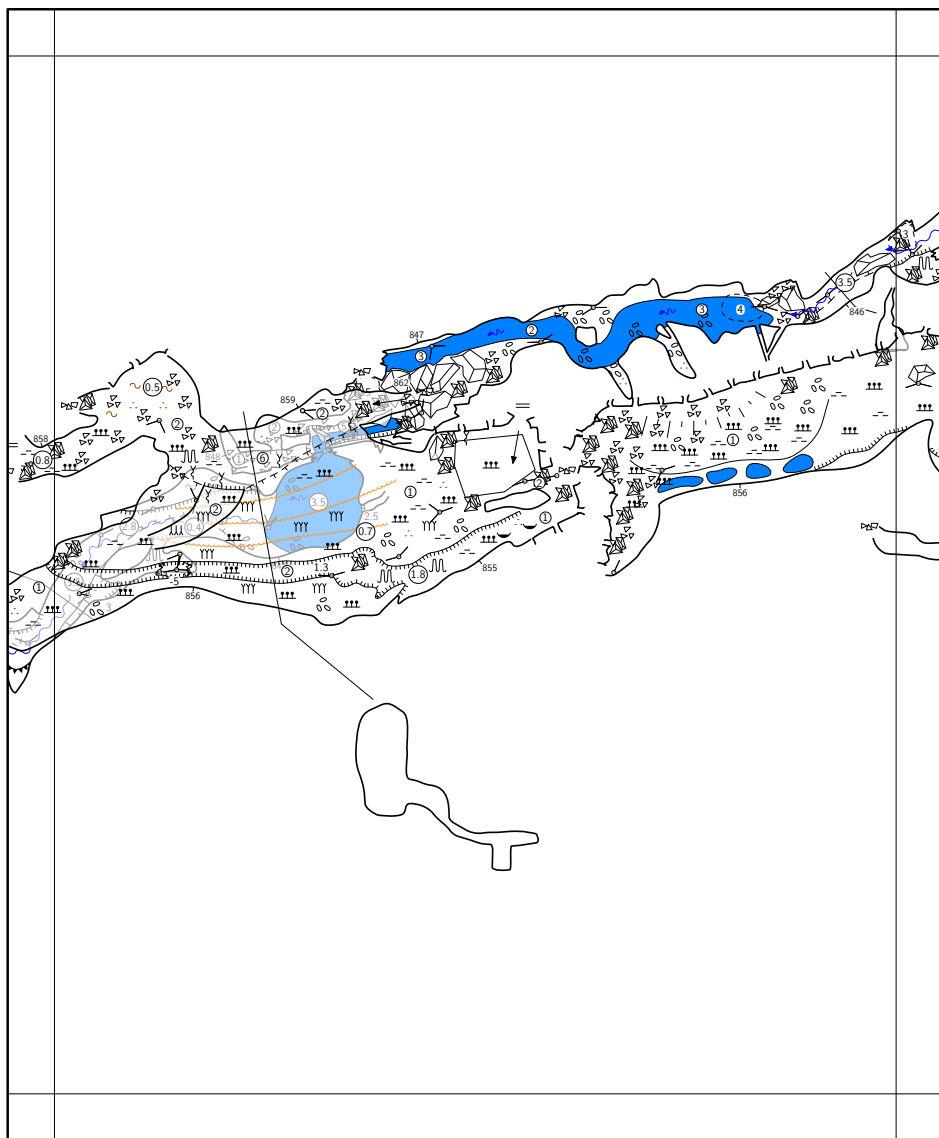


(18) Hlavná chodba

1
17 + 19
35

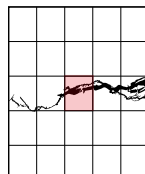


0 5 10 15 20 25 m

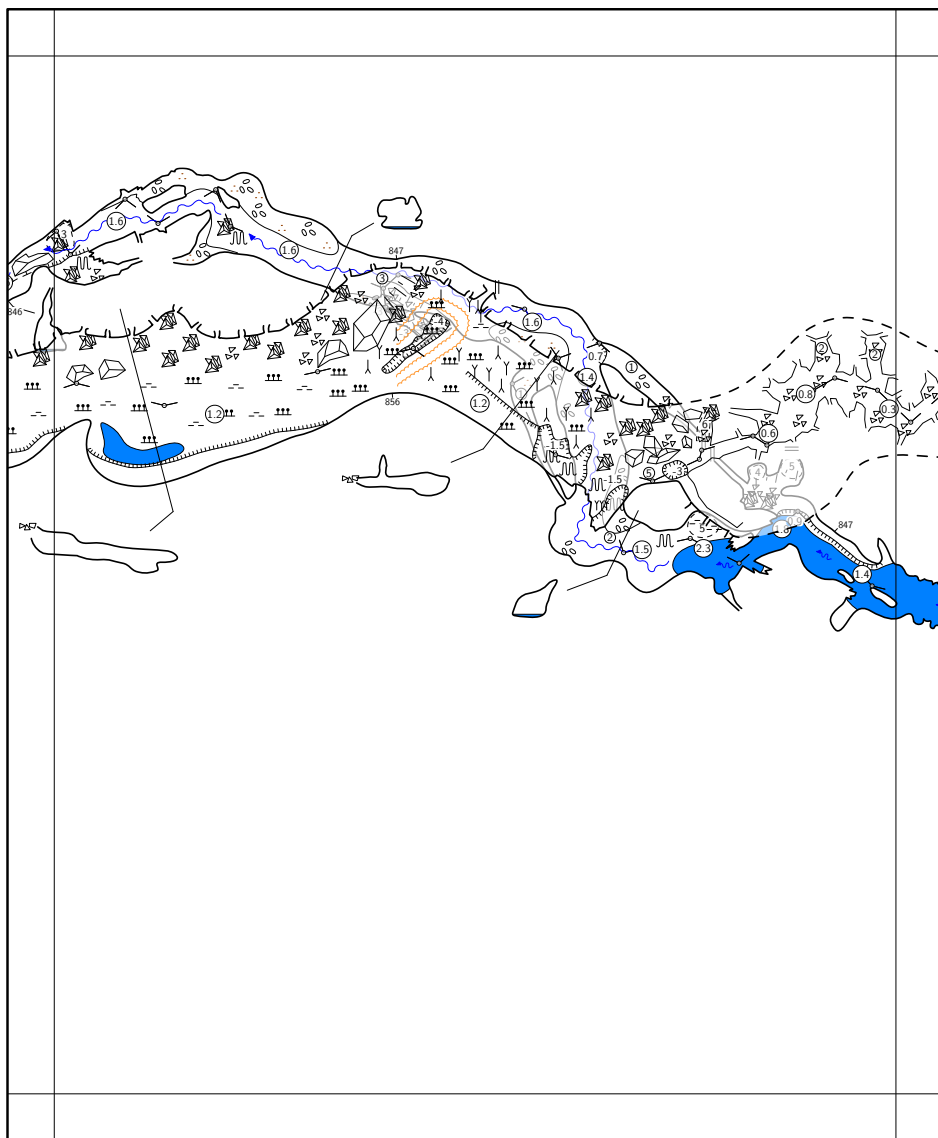


(19) Hlavná chodba

2
18 + 20
36

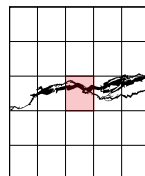


0 5 10 15 20 25 m

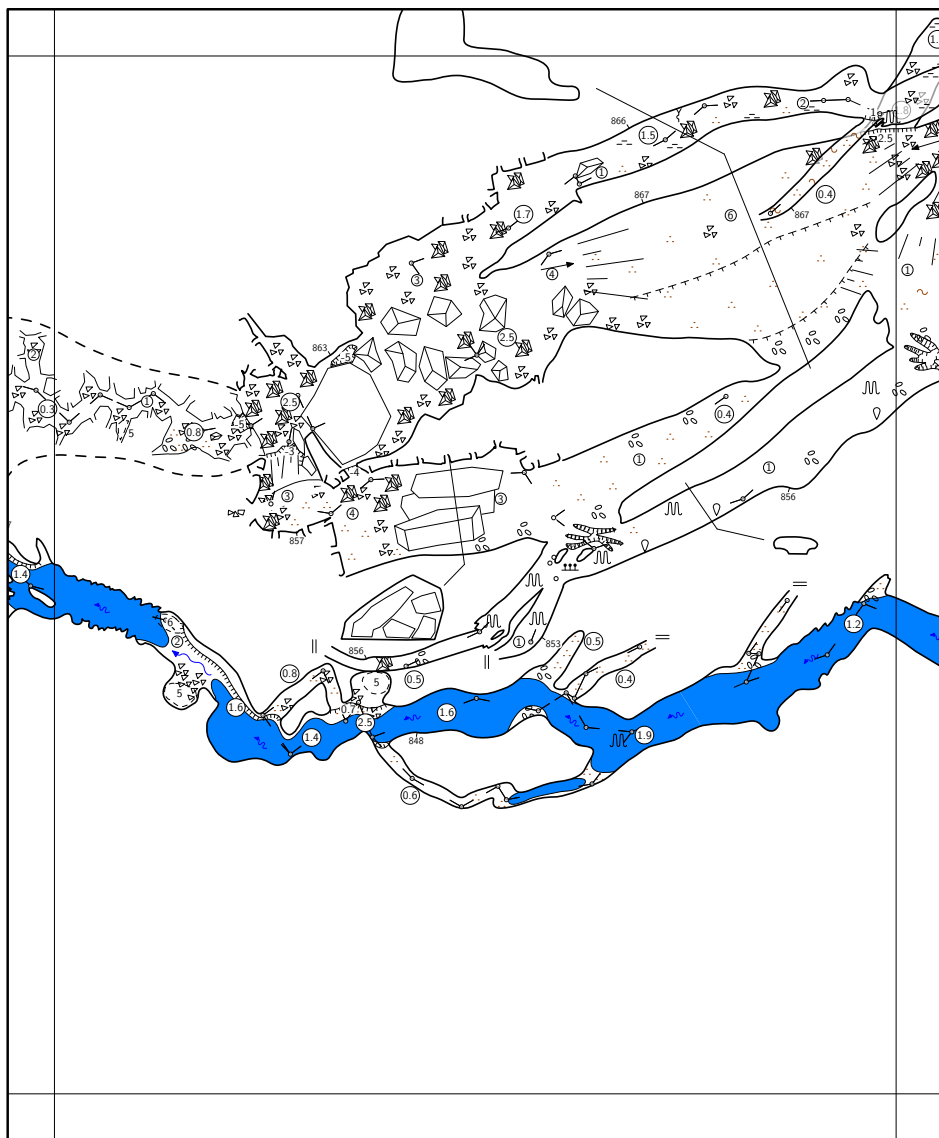


(20) Hlavná chodba

3
19 + 21
37

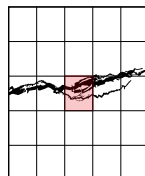


0 5 10 15 20 25 m

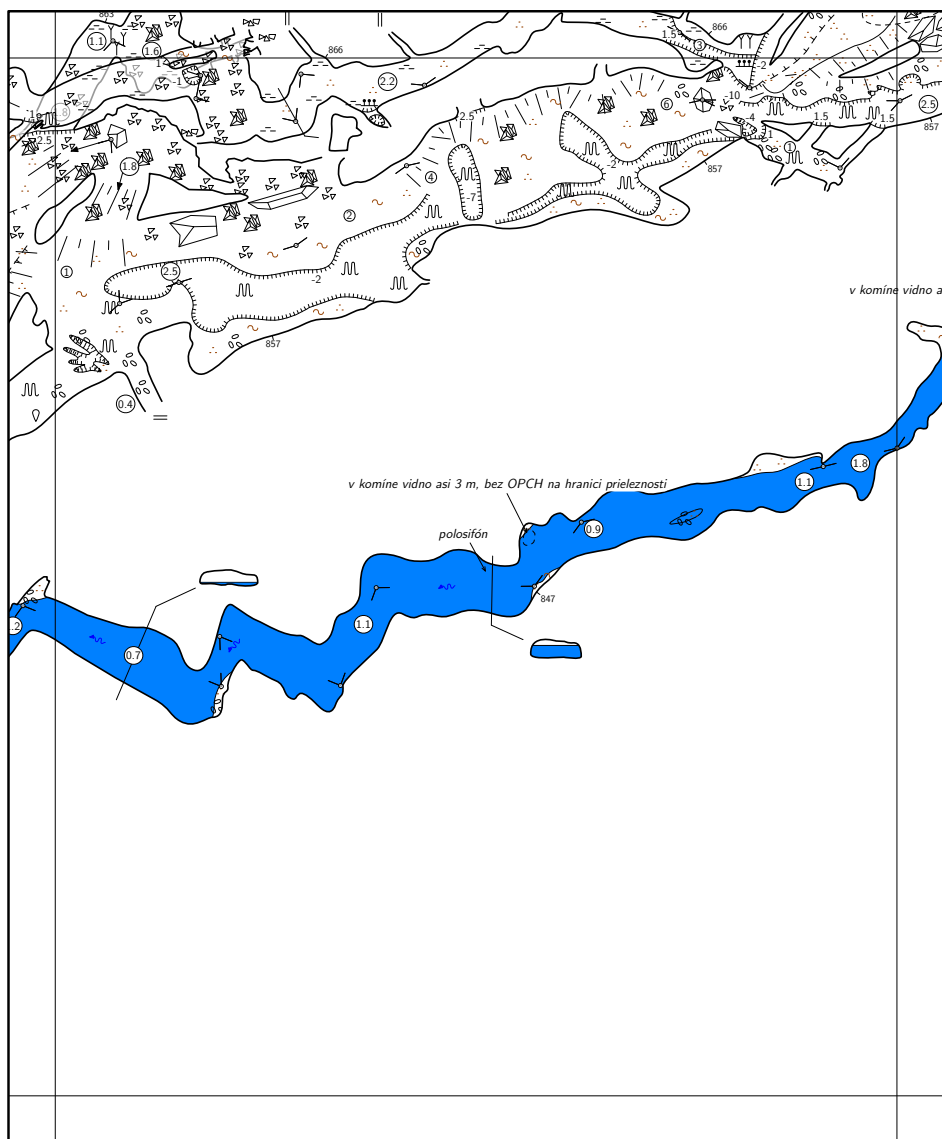


(21) Hlavná chodba

4
20 ± 22
38

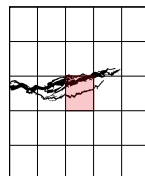


0 5 10 15 20 25 m

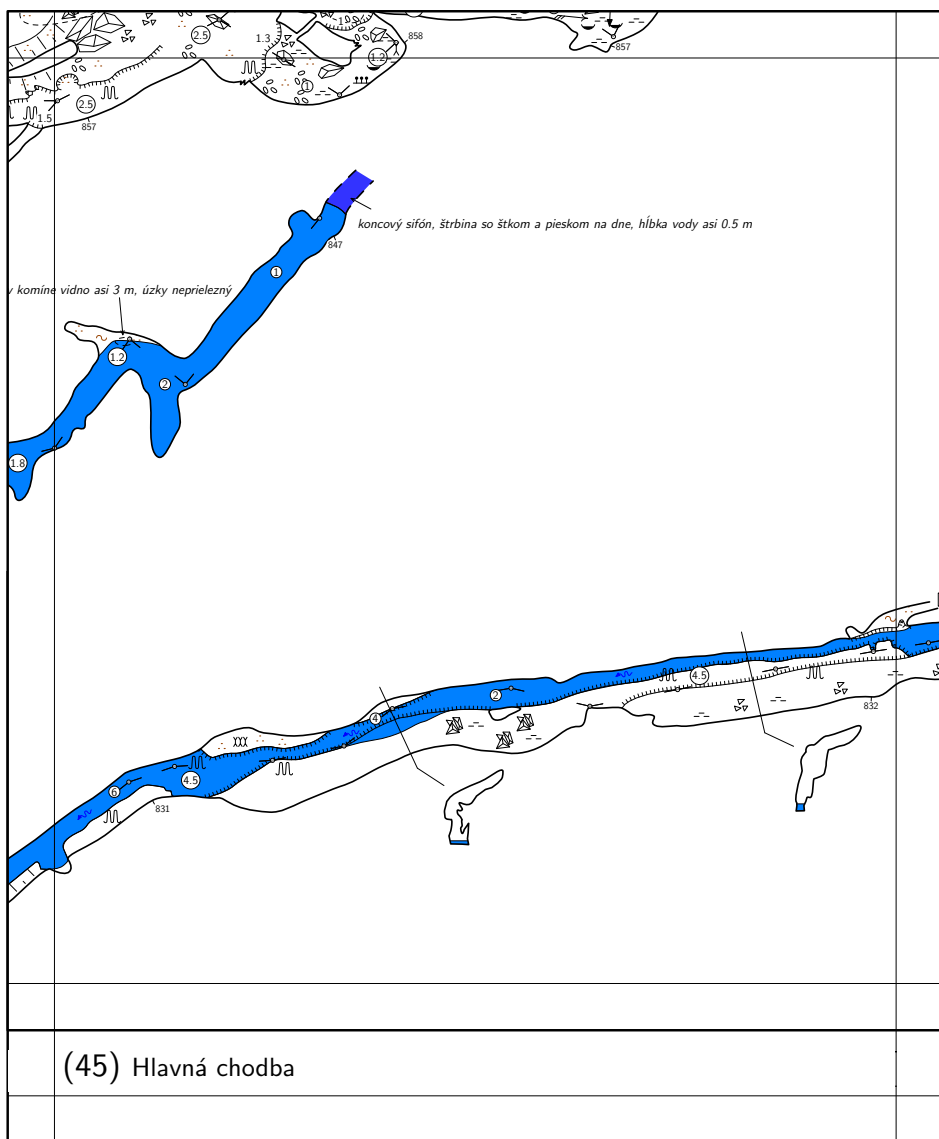


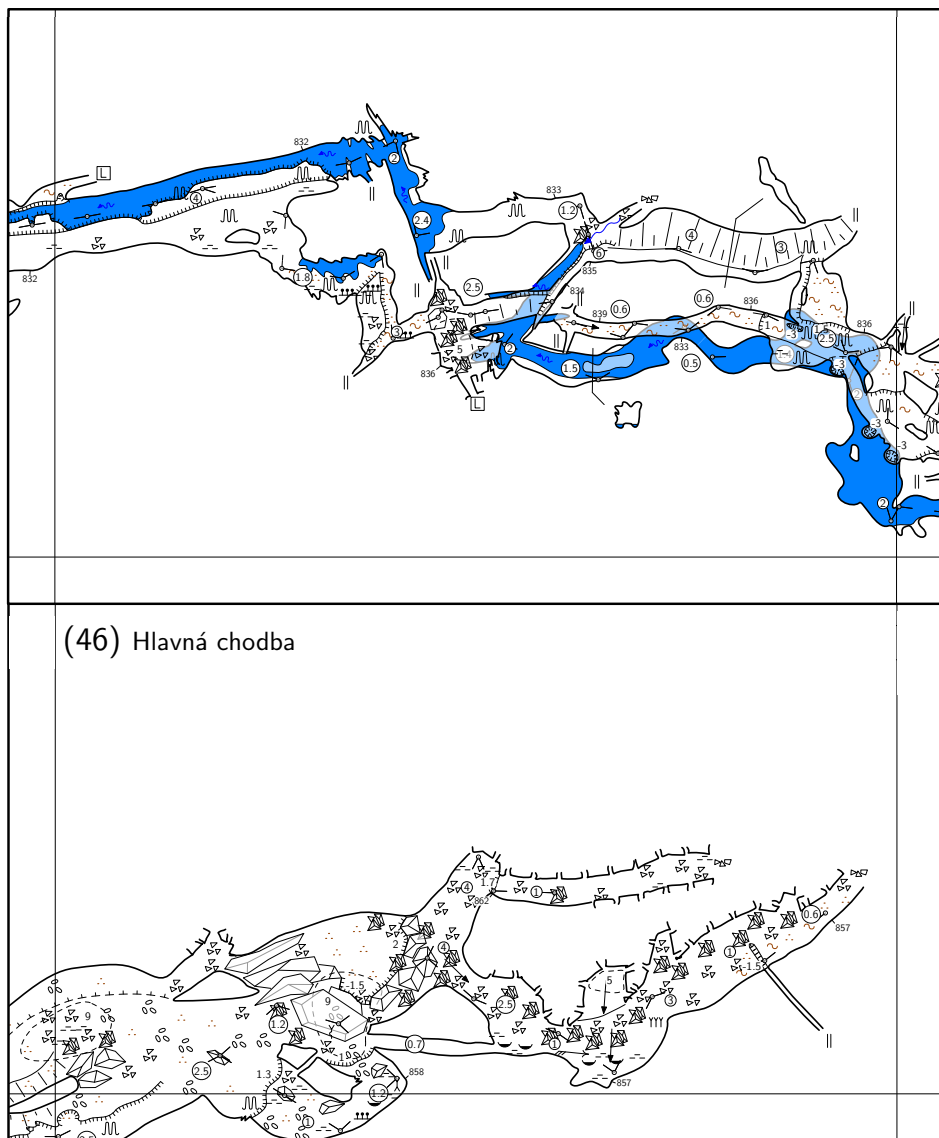
(22) Hlavná chodba

5
21 ↗ 23

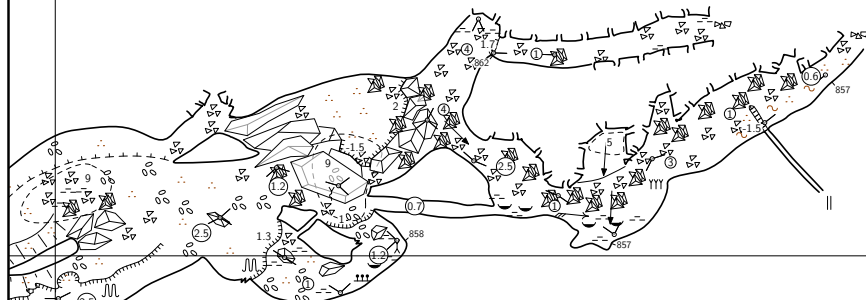


0 5 10 15 20 25 m



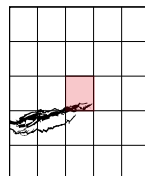


(46) Hlavná chodba



(6) Hlavná chodba

5 + 7
23



0 5 10 15 20 25 m

Legenda

	meračský bod (nestabilizovaný)		hrany kameňa
	polygónový ťah		kamenné bloky
	vchod		sutina
	stena		piesok
	stena nižšej úrovne		íl
	predpokladaná stena		voda
	stena tvorená závalom		okruhliaky
	nadmorská výška bodu na stene		ohraničenie
	priečny rez		vodná plocha
	výška chodby		zatopená plocha (sifón)
	prievan		vodný tok
	neprielezné zúženie		ponor
	neprielezné zníženie		sinter
	zasintrený koniec		mäkký sinter
	zavalený koniec		stalaktit
	koniec uzavretý ílom		point stalactites
	stupeň		stalagmit
	previs		point stalagmites
	meander v dne		stalagnát
	priepať		point pillars
	zmena výšky stropu		sintrové záclony
	komín		brčká
	sklon chodby		pizolity
	výška stupňa		sintrové jazierko
	hĺbka priepasti		anastomóza
	šikmá plocha		škrapy
	obrys kameňa		lastúrovité jamky

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	229 – 245	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

ZALESNENÉ SUTINOVÉ SVAHY – POZORUHODNÝ PODZEMNÝ BIOTOP ZÁPADNÝCH KARPÁT

MICHAL RENDOŠ¹ – MARTINA ČERVENÁ² – BEÁTA HALKOVÁ³
 – PATRÍCIA JAKŠOVÁ³ – NIKOLA JUREKOVÁ³ – JÁN RUDY³
 – TOMÁŠ JÁSZAY⁴ – NATÁLIA RASCHMANOVÁ³ – ANDREJ MOCK³
 – PETER LUPTÁČIK³ – ĽUBOMÍR KOVÁČ³

¹ Katedra ekológie, Fakulta humanitných a prírodných vied, Prešovská univerzita v Prešove, 17 novembra 1, 081 16 Prešov; michal.rendos@unipo.sk

² Katedra zoológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského v Bratislave, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava; martinacervena.lr@gmail.com

³ Ústav biologických a ekologických vied, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 041 54 Košice; andrej.mock@upjs.sk; natalia.raschmanová@upjs.sk

⁴ Šarišské múzeum, Radničné námestie 13, 085 01 Bardejov; tomasjaszay@nextra.sk

M. Rendoš, M. Červená, B. Halková, P. Jakšová, N. Jureková, J. Rudy, T. Jászay, N. Raschmanová, A. Mock, Ľ. Kováč, P. Luptáčík: Forested scree slopes – a noteworthy subterranean habitat of the Western Carpathians

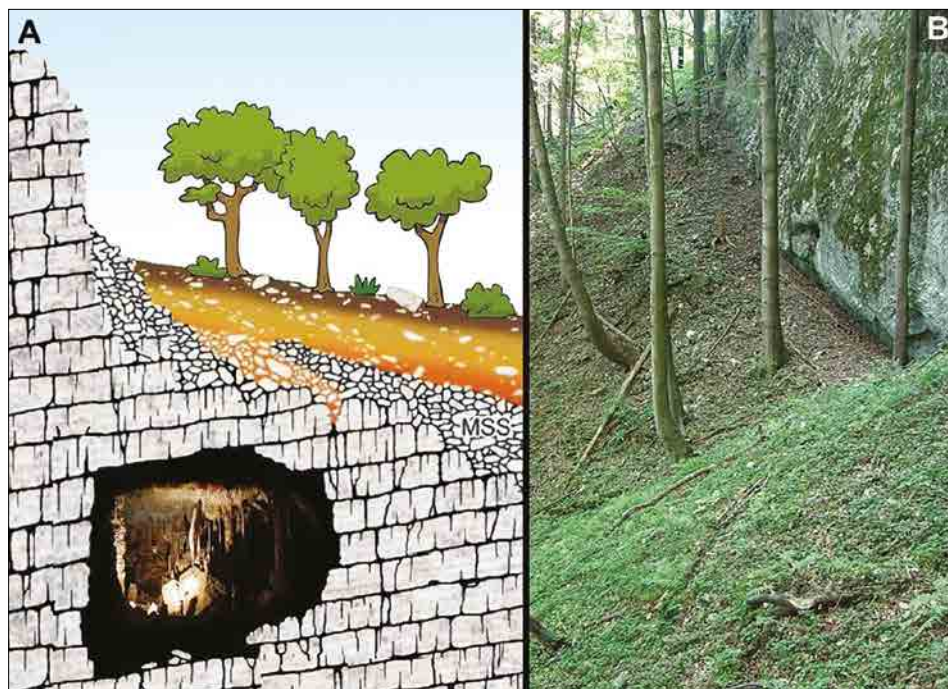
Abstract: An extensive labyrinth of air-filled cavities inside the forested scree slopes represents a peculiar type of terrestrial shallow subterranean habitat characterized by absence of light, minimal temperature fluctuations, high relative humidity and good accessibility of nutrients. The mesovoid shallow substratum, as this habitat is referred to, lies immediately below the soil, ranges from a depth of several centimetres up to several dozen metres and in the karst areas, it is spatially interconnected to the caves and narrow cracks situated deep below the ground surface. The interior of forested scree slopes is generally populated by invertebrate communities of common soil-dwelling and subterranean species, troglobionts and eutroglophiles, known from the caves. The research on forested scree slopes in the Western Carpathians has been conducted for nearly a decade. The depth profiles (from 5 to 95 cm from the soil surface) of six forested scree slopes have been studied so far. Invertebrates were sampled on each study site using subterranean traps consisting of a plastic cylinder with the small openings drilled around at 10 horizontal levels, and a system of 10 plastic cups connected to each other by a helical rod and nuts. Interior of forested scree slopes in the Western Carpathians is largely populated by arthropods. The mesofauna, particularly Collembola, considerably dominates the macrofauna. Depth distribution of invertebrates is largely affected by the gradient of nutrient distribution in the direction from the surface to deeper layers of the depth profile. Seasonal activities of all dominant groups culminated twice, during spring and autumn. Besides the common soil-dwelling invertebrates massively inhabiting scree slopes interior, several relict forms characterized by distinctive morphological adaptations towards life in constant darkness were found, e.g. blind and depigmented collembolans of the genus *Megalothorax*, *Neelus* and *Pseudosinella*, isopod *Mesoniscus graniger*, diplopods of the family Blaniulidae, and coleopterans of the genus *Duvalius*.

Key words: terrestrial shallow subterranean habitat, environmental characteristics, depth distribution, invertebrates, eutroglophiles, troglobionts

ÚVOD

Sutinové svahy predstavujú častý prvok reliéfu horských a podhorských oblastí Západných Karpát. Ich vznik súvisí so silným mrazovým zvetrávaním, resp. geliváciou, skálnych odkryvov v podmienkach chladnej periglaciálnej klímy (t.j. klímy v predpolí kontinentálneho ľadovca), ktorá na našom území prevládala v období pleistocénu (Růžička, 1993, 1999). Úlomky skál, ako produkt zvetrávania, sa vplyvom gravitačného premiestňovania nahromadili vo viacerých vrstvách pozdĺž svahov, ktoré postupom času na viacerých miestach zastabilizovala rozlične hrubá vrstva pôdy a koreňový systém lesných drevín (Juberthie, 2000; Culver a Pipan, 2014; Mammola et al., 2016).

Rozsiahy labyrint vzduchom vyplnených priestorov medzi skalnými úlomkami, ležiaci bezprostredne pod vrstvou pôdy, je príkladom terestrického podpovrchového habitatu označovaného v subteránnej biológii termínom „*mesovoid shallow substratum*“ (MSS) (Juberthie et al., 1980, 1981). MSS môže zasahovať do hĺbky až niekoľkých desiatok metrov od povrchu pôdy a v krasových oblastiach je priestorovo prepojené aj s jaskyňami prostredníctvom puklín v hornine (Giachino a Vailati, 2010; Mammola et al., 2016) (obr. 1). Pôda pokrývajúca povrch sutinových svahov výrazne zmierňuje sezónne výkyvy teploty a vlhkosti v celom hĺbkovom profile (Pipan et al., 2010). Tlejúci organický materiál hromadiaci sa na povrchu pôdy, ako aj korene stromov prerastajúce do hĺbky niekoľkých metrov, sú jedným z hlavných zdrojov živín pre organizmy v tomto



Obr. 1. Zalesnený sutinový svah: A – náčres prepojenia vnútorných priestorov sutín, tzv. MSS, s pôdou a jaskyňou (upravené podľa Giachino a Vailati, 2010), B – pohľad na sutinový svah v doline Malý Ružínok v Ružinskom krase. Foto: M. Rendoš

Fig. 1. Forested scree slope: A – interconnection of the scree slope interior (MSS) with soil and cave (modified after Giachino a Vailati, 2010), B – a forested scree slope in the Malý Ružínok Valley, Ružinský Karst. Photo: M. Rendoš

prostredí (Gers, 1998). Vzhľadom na priaznivú mikroklimu, blízky kontakt s povrchom a s tým súvisiacou dobrou dostupnosťou živín, sú vnútorné priestory zalesnených sutinových svahov obvykle osídlené bohatou faunou bezstavovcov. Vo všeobecnosti sa v tomto subteránnom prostredí prelínajú spoločenstvá pôdu osídľujúcich druhov (edafobionty) so spoločenstvami reliktných druhov článkonožcov, a to buď čiastočne (eutroglofily) alebo úplne (troglobionty) adaptovanými na podzemie (Nitzu et al., 2014; Jiménez-Valverde et al., 2015).

Biospeleologický výskum zalesnených sutinových svahov prebieha v Západných Karpatoch už desaťročie. Zámerom podrobnejšej štúdie tohto špecifického subteránneho prostredia je nadviazať na podobné výskumy v rôznych častiach Európy (napr. Juberthie et al., 1980; Růžička a Klimeš, 2005; Giachino a Vailati, 2010; Laška et al., 2011; Pipan et al., 2010; Nitzu et al., 2014; Jiménez-Valverde et al., 2015; Mammola et al., 2017; Nae a Băncilă, 2017) a rozšíriť poznatky o diverzite a ekológii terestrickej subteránnej fauny bezstavovcov dlhodobo študovanej v slovenských jaskyniach (Kováč et al., 2014).

Výskum fauny bezstavovcov bol doposiaľ realizovaný v zalesnenom sutinovom svahu v doline Malý Ružínok (Ružinský kras, Čierna hora) (Rendoš et al., 2012, 2014, 2016a,b; Rudy et al., 2018; Jakšová et al., 2019), v sutinovom svahu v závere doliny Drienok (Drienčanský kras, Revúcka vrchovina) (Mock et al., 2015; Jakšová et al., 2016; Rendoš et al., 2016b; Rudy et al., 2018; Jakšová et al., 2019), v sutinovom svahu neďaleko prepadliska Silická ľadnica a vo svahu pri Ardovskej jaskyni (Slovenský kras) (Rudy et al., 2018; Haľková a Mock, 2019; Jureková et al., 2019; Jakšová et al., 2019), pod čadičovými Belinskými skalami (Cerová vrchovina) (Mock et al., 2015; Jakšová et al., 2016; Rendoš et al., 2016b; Rudy et al., 2018; Šestáková et al., 2018; Jakšová et al., 2019) a v sutinovom svahu nad obcou Borinka (Borinský kras, Malé Karpaty) (Rudy et al., 2018; Šestáková et al., 2018; Jureková et al., 2019) (tabuľka 1). V tomto príspevku sumarizujeme najvýznamnejšie poznatky týkajúce sa environmentálnych parametrov (teplota, obsah organického uhlíka), diverzity a hĺbkovej distribúcie spoločenstiev bezstavovcov v profile (5 až 95 cm v smere povrch pôdy, pôdny horizont, MSS) doposiaľ študovaných zalesnených sutinových svahov Západných Karpát.

SUBTERÁNNE PASCE

Osvedčenou metódou, ktorá nám umožnila dlhodobý a kontinuálny zber bezstavovcov v hĺbkovom profile sutinových svahov bola inštalácia subteránnych pascí (Schlick-Steiner a Steiner, 2000) do vopred vyhlbených výskumných jám. Vzorky pôdy a sedimentov odobraté z týchto jám (v hĺbkach 5, 35, 65 a 95 cm) poslúžili na analýzu pôdno-chemických parametrov – obsah organického uhlíka a pH. Každá zo subteránnych pascí (obr. 3) pozostávala z dvoch hlavných komponentov: (1) plastového valca s otvormi (priemer 0,8 cm) vyvrtanými po jeho obvode v desiatich horizontálnych úrovniach (5 – 95 cm) a (2) rozoberateľnej sústavy desiatich plastových nádob (objem 500 ml) vzájomne pospájaných kovovou závitnicovou tyčou a maticami. Plastový valec slúžil po umiestnení a následnom zakopaní do výskumnej jamy ako ochranné puzdro na vloženie desiatich plastových nádob naplnených konzervačným roztokom (formaldehyd alebo etylénglykol). Pozícia každej z nádob vo vnútri valca zodpovedala otvorom na jeho povrchu, čo umožňuje vstup bezstavovcom do pascí. Prídavným komponentom subteránnych pascí bola taktiež séria meračov pripevnených na stene plastových nádob, ktoré umožnili pravidelné zaznamenávanie teplôt, prípadne vlhkosti, v sledovaných úrovniach hĺbkového profilu (0, 15, 35, 55, 75 a 95 cm).



Obr. 2. Zalesnený sutinový svah pod skalnou stenou. Údolie Malého Ružinka, Čierna hora.

Foto: Ľ. Kováč

Fig. 2. Forested scree slope under rocky wall. Malý Ružinok Valley, Čierna hora Mts.

Photo: Ľ. Kováč

Tabuľka 1. Charakteristiky študovaných sutinových svahov pri Ardovskej jaskyni (AR), pri obci Borinka (BO), pod Belinskými skalami (BS), v údolí Drienok (DR), Malom Ružinku (MR) pri prepadisku Silická ľadnica (SL) (podľa Rendoš et al., 2016b; Jureková et al., 2019)

Table 1. Characteristics of the studied scree slopes at the Ardovská Cave (AR), near the village of Borinka (BO), at the Belinské skaly Natural Monument (BS), in the Drienok Valley (DR), the Malý Ružinok Valley (MR) and next to the Silická ľadnica Cave (SL) (after Rendoš et al., 2016b; Jureková et al., 2019)

Charakteristiky lokalít <i>Site characteristics</i>	AR	BO	BS	DR	MR	SL
Súradnice <i>Coordinates</i>	48°31,3' N 20°25,2' E	48°16,3' N 17°07,4' E	48°13,3' N 19°51,8' E	48°31,7' N 20°07,1' E	48°50,5' N 21°06,6' E	48°33,0' N 20°30,2' E
Nadmorská výška (m n.m.) <i>Altitude (m a.s.l.)</i>	317	410	460	315	530	455
Sklon svahu (°) <i>Slope</i>	25	35	20	35	15	20
Orientácia svahu <i>Exposition</i>	JZ SW	JZ SW	JZ SW	S N	SV NE	Z W
Podložie <i>Bedrock</i>	vápenec limestone	granit granite	čadič basalt	vápenec limestone	vápenec limestone	vápenec limestone
Typ pôdy <i>Soil type</i>	rendzina	kambizem kambisol	kambizem kambisol	rendzina	rendzina	rendzina
Lesné spoločen- stvo <i>Forest composi- tion</i>	drieň- dubjavor dogwood- oak- maple	buk beech	dub-hrab oak- hornbeam	buk-hrab beech- hornbeam	lipa-javor linden- maple	lipa-javor- hrab linden- maple- hornbeam

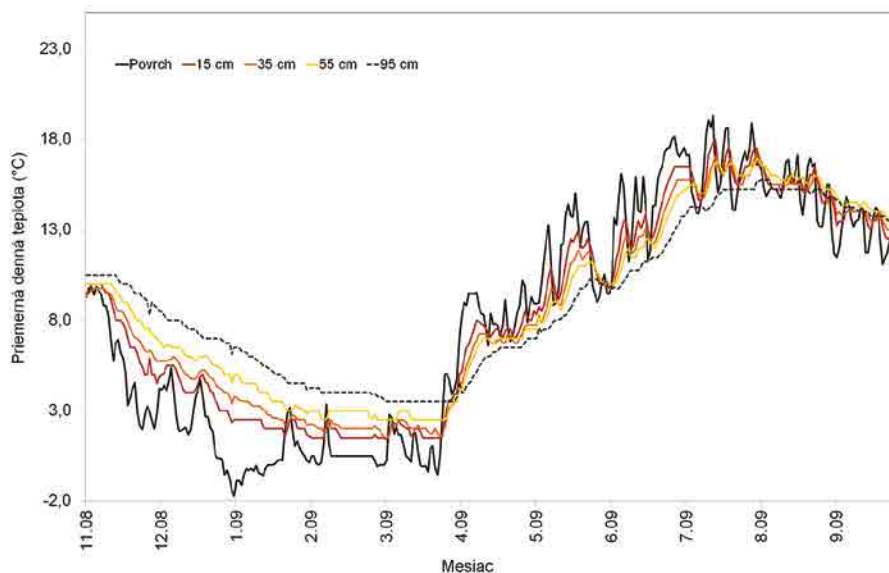
Pokračovanie Tabuľky 1 je na stranách 235 a 236

Charakteristiky lokalít <i>Site characteristics</i>	AR	BO	BS	DR	MR	SL
Štruktúra hĺbkového profilu <i>Depth profile structure</i>	0–15 cm: listový opad a humus, 15–75 cm: organo-minerálna vrstva, 75–95 cm: sutina <i>0–15 cm: leaf litter and humus, 15–75 cm: organo-mineral layer, 75–95 cm: scree</i>	0–5 cm: listový opad a humus, 5–75 cm: organo-minerálna vrstva so mesou drobných skalných úlomkov, 75–95 cm: sutina <i>0–5 cm: leaf litter and humus, 5–75 cm: organo-mineral layer with a mixture of small rock fragments, 75–95 cm: scree</i>	0–5 cm: listový opad a humus, 5–30 cm: organo-minerálna vrstva, 30–95 cm: sutina <i>0–5 cm: leaf litter and humus, 5–30 cm: organo-mineral layer, 30–95 cm: scree</i>	0–5 cm: listový opad a humus, 5–25 cm: organo-minerálna vrstva, 25–70 cm: zmes pôdy a skalných úlomkov, 70–95 cm: sutina <i>0–5 cm: leaf litter and humus, 5–25 cm: organo-mineral layer, 25–70 cm: mixture of soil and rock fragments, 70–95 cm: scree</i>	0–15cm: listový opad a humus, 15–45 cm: organo-minerálna vrstva, 45–95cm: sutina <i>0–15cm: leaf litter and humus, 15–45 cm: organo-mineral layer, 45–95 cm: scree</i>	0–5 cm: listový opad a humus, 5–30 cm: organo-minerálna vrstva, 30–95 cm: sutina <i>0–5 cm: leaf litter and humus, 5–30 cm: organo-mineral layer, 30–95 cm: scree</i>
Priemerná koncentrácia C_{org} (%) v hĺbkach 5 a 95 cm <i>Average C_{org} (%) concentration at the depths of 5 and 95 cm</i>	12,2; 2,3	10,8; 1,1	3,2; 0,5	7,3; 1,7	15,5; 8,8	10,3; 3,7
Súradnice <i>Coordinates</i>	48°31,3' N 20°25,2' E	48°16,3' N 17°07,4' E	48°13,3' N 19°51,8' E	48°31,7' N 20°07,1' E	48°50,5' N 21°06,6' E	48°33,0' N 20°30,2' E
Priemerná teplota (°C) v hĺbkach 5 a 95 cm (obdobie merania teploty) <i>Average temperature (°C) at the depths of 5 and 95 cm (temperature measurement period)</i>	14,2; 12,0 (IV. – X. 2015)	13,3; 11,5 (IV. – X. 2015)	17,1; 15,0 (V. – X. 2012)	13,9; 13,2 (V. – X. 2012)	13,7; 12,8 (V. – X. 2009)	12,0; 9,7 (IV. – X. 2015)

Charakteristiky lokalít <i>Site characteristics</i>	AR	BO	BS	DR	MR	SL
Priemerná pôd- na vlhkosť (%) v hlĺbkach 5 a 95 cm <i>Average soil moisture (%) at the depths of 5 and 95 cm</i>	26,3; 17,8	21,5; 9,4	–	–	–	41,9; 28,3



Obr. 3. Subteránna pasca na zber bezstavovcov v hlĺbkovom profile sutiny. Legenda: a – plastová rúra, b – plastová nádoba, c – kovová závitnicová tyč, d – plastový uzáver
 Fig. 3. Subterranean trap for invertebrates occupying the scree profile. Caption: a – plastic cylinder, b – plastic cup, c – metal rod, d – plastic lid



Obr. 4. Priemerné denné fluktuácie teploty pozdĺž hĺbkového profilu zalesneného sutinového svahu v Malom Ružínku v období 1. 11. 2008 – 31. 10. 2009 (podľa Rendoš et al., 2012)

Fig. 4. Average daily temperature fluctuations along the depth profile of a forested scree slope in the Malý Ružínok Valley in the period from November 1, 2008 to October 31, 2009 (after Rendoš et al., 2012)

MIKROKLÍMA ZALESNENÝCH SUTINOVÝCH SVAHOV

Hrúbka pôdneho horizontu, hustota vegetačného krytu, ako aj expozícia, sklon svahu a geomorfológia okolia, sú kľúčovými faktormi podmieňujúcimi špecifickú mikroklimu v profile zalesnených sutinových svahov (Pipan et al., 2010). Teplotný režim sa tu javí ako prechodný medzi teplotne premenlivým povrchom a takmer stabilným hlbokým podzemím. V porovnaní s povrchovými habitatmi sú denné teplotné výkyvy v MSS výrazne redukované. Na rozdiel od hlbších častí jaskýň, kde teplota v priebehu roka kolíše len minimálne (Badino, 2010), sú pre prostredie MSS charakteristické výrazné sezónne výkyvy teplotného režimu. Na skúmaných lokalitách sa najvýraznejšími teplotnými výkyvmi vyznačovali úrovne v blízkosti povrchu (5 – 15 cm), hlbšie boli teplotné amplitúdy menšie, avšak naďalej synchronizované s dynamikou klímy na povrchu (obr. 4). Priemerná ročná teplota vzduchu (meraná kontinuálne počas obdobia výskumu) sa zvyšovala pozdĺž hĺbkového gradientu, zatiaľ čo rozdiel medzi minimálnou a maximálnou teplotou sa s narastajúcou hĺbkou znižoval (Rendoš et al., 2012; Rendoš et al., 2016b; Jureková et al., 2019) (obr. 4).

Vyššia variabilita teploty v podzemí zalesnených sutinových svahov znamená aj vyššiu variabilitu vlhkosti (Pipan et al., 2010; Gilgado et al., 2014). Pôdna vlhkosť sa vo vnútri zalesnených sutín Západných Karpát pre obťažnosť inštalácie hygrometrov doposiaľ zaznamenávala iba na lokalitách v Borinskom a Slovenskom krase. Priemerná pôdna vlhkosť, stanovená jednorázovo gravimetrickou metódou (z pôdných vzoriek odobratých počas výkopov), tu mala tendenciu znižovať sa s narastajúcou hĺbkou (Jureková et al., 2019) (tabuľka 1).

POTRAVNÉ ZDROJE

Na rozdiel od jaskýň, kde časť slnečného žiarenia prenikajúca do vstupných častí osídlených špecifickými spoločenstvami fototrofných organizmov môže podnecovať veľmi slabú primárnu produkciu (fotosyntézu), sa vnútorné priestory zalesnených sutinových svahov v celom hĺbkovom profile vyznačujú absenciou svetla a sú tak úplne závislé na alochtónnych (nepôvodných) potravných zdrojoch. Vzhľadom na ich blízky kontakt s povrchom sú v porovnaní s hlbokými podzemnými ekosystémami na takéto potravné zdroje omnoho bohatšie (Culver a Pipan, 2009). Hlavným zdrojom organického uhlíka v plytkých podzemných habitatoch je odumretý rastlinný materiál rozkladajúci sa na povrchu pôdy, ďalej exkrementy pôdných organizmov a podzemné časti vegetácie (korene). Organický uhlík môže byť do MSS transportovaný buď prostredníctvom zrážkovej vody presakujúcej z povrchu, ktorá pasívne unáša organické látky buď vo forme rozpustených alebo suspendovaných jemných častíc, alebo aktívnou migráciou živočíchov, najmä pôdnej makrofauny (hlbinné dážďovky, mnohonôžky, larvy dvojkrídlorcov a ďalšie), ktoré do vnútra sutinových svahov prinášajú častice organického materiálu z povrchu (Gers, 1998; Mammola et al., 2016). Tok organického uhlíka z povrchu do nižších vrstiev hĺbkového profilu súvisí pravdepodobne s rýchlosťou dekompozície, ktorá je podmienená množstvom a chemickou kvalitou listového opadu (Lavelle a Spain, 2001). V profile zalesnených sutinových svahov Západných Karpát bola najvyššia koncentrácia organického uhlíka (stanovený jednorázovo zo vzoriek sedimentu odobratých pri výkope výskumných jám) zaznamenaná v blízkosti povrchu (5 cm), v nižších úrovniach bol zaznamenaný postupný alebo náhly pokles koncentrácie uhlíka. Sutinové svahy pri Silickej ľadnici a doline Malý Ružínok sa vyznačovali vyšším obsahom organického uhlíka aj v hlbších úrovniach hĺbkového profilu (Rendoš et al., 2016b; Jureková et al., 2019). Dôležitým článkom potravného reťazca v zalesnených sutinových svahoch sú taktiež predátory, najmä chrobáky, pavúky a stonôžky živiace sa chvostoskokmi, vidličiarikami a juvenilnými štádiami rozličných skupín bezstavovcov (Gers, 1998; Juberthie a Decu, 2004).

DIVERZITA, HĽBKOVÁ DISTRIBÚCIA A EKOLÓGIA SPOLOČENSTIEV SUBTERÁNNYCH BEZSTAVOVCOV

Hĺbkový profil zalesnených sutinových svahov Západných Karpát je v značnej miere osídlený článkonožcami. V malých počtoch sa tu vyskytujú aj zástupcovia mäkkýšov (Mollusca) a máloštetinavcov (Oligochaeta). Mezofauna, predovšetkým chvostoskoky (Collembola), výrazne prevláda nad makrofaunou. Dominantným zastúpením sa vyznačujú aj drobné formy dvojkrídlorcov (Diptera), chrobákov (Coleoptera) a larválne štádiá niektorých skupín holometabolného hmyzu. Štruktúra (t. j. počet jedincov a druhov) spoločenstiev bezstavovcov osídľujúcich vnútorné priestory zalesnených sutín sa zreteľne mení s narastajúcou hĺbkou. Edafické druhy bezstavovcov, tvoriace podstatnú časť spoločenstiev, sú viazané na najvrchnejšie, pôdou vyplnené vrstvy (5 – 15 cm), obvykle bohaté na živiny a ich výskyt hlbšie v sutine je iba sporadický. Naproti tomu, podľa očakávania, na podzemie adaptované subteránne druhy dominujú najmä v spodnej polovici hĺbkového profilu (55 – 95 cm) (Rendoš et al., 2012; Mock et al., 2015).

Spoločenstvá bezstavovcov osídľujúce vnútorné priestory zalesnených sutín reagujú na striedanie sa ročných období dynamikou pohybovej aktivity (tzn. prítomnosť v pasciach), ktorú možno pozorovať u všetkých dominantných skupín a vo všetkých úrovniach hĺbkového profilu. Ako zaznamenali Rendoš et al. (2012), pohybová aktivita

Tabuľka 2. Prehľad druhov bezstavovcov s afinitou k podzemnému prostrediu, odchytých v hĺbkovom profile zalesnených sutinových svahov pri Ardovskej jaskyni (AR), pri obci Borinka (BO), pod Belinskými skalami (BS), v údolí Drienok (DR), Malom Ružínku (MR) a pri prepadisku Silická ľadnica (SL). Otázniky uvádzame v prípade, že materiál z danej lokality nie je ešte kompletne determinovaný. Tučným písmom sú označené troglobionty. Legenda: ¹ Rendoš et al., 2012; ² Rendoš et al., 2014; ³ Mock et al., 2015; ⁴ Rendoš et al., 2016a; ⁵ Rendoš et al., 2016a; ⁶ Šestáková et al., 2018; ⁷ Rudy et al., 2018; ⁸ Jureková et al., 2019; ⁹ Rendoš et al., under review; ¹⁰ Jakšová et al., 2019

Table 2. Overview of the subterranean invertebrates sampled in the depth profile of forested scree slopes at Ardovská Cave (AR), near the village of Borinka (BO), at the Belinské skaly Natural Monument (BS), in the Drienok Valley (DR), the Malý Ružínok Valley (MR) and next to the Silická ľadnica Cave (SL). Question marks indicate that the material from the individual site has not been completely identified on the species level yet. Troglobionts are marked in bold. Caption: ¹ Rendoš et al., 2012; ² Rendoš et al., 2014; ³ Mock et al., 2015; ⁴ Rendoš et al., 2016a; ⁵ Rendoš et al., 2016a; ⁶ Šestáková et al., 2018; ⁷ Rudy et al., 2018; ⁸ Jureková et al., 2019; ⁹ Rendoš et al., under review; ¹⁰ Jakšová et al., 2019

Taxón <i>Taxa</i>	AR	BO	BS	DR	MR	SL
GASTROPODA ²						
<i>Daudebardia rufa</i> (Draparnaud, 1805)	-	-	-	-	+	-
<i>Oxychilus depressus</i> (Sterki, 1880)	-	-	-	-	+	-
<i>Oxychilus glaber</i> (Rossmässler, 1835)	-	-	-	-	-	+
ARANEAE ^{3,6}						
<i>Pseudomaro aenigmaticus</i> Denis, 1966	-	+	-	-	-	-
ACARI (ORIBATIDA) ¹⁰						
<i>Pantelozetes cavatica</i> (Kunst, 1962)	-	-	-	-	+	-
ISOPODA (ONISCIDAE) ^{3,4,7}						
<i>Mesoniscus graniger</i> (Frivaldszky, 1865)	+	-	+	+	+	+
DIPLOPODA ^{3,4}						
<i>Archiboreoiulus pallidus</i> (Brade-Birks, 1920)	-	-	+	-	-	-
<i>Cibiniulus slovacus</i> Antić, Mock et Enghoff, 2015	+	-	-	+	-	+
<i>Mecogonopodium carpathicum</i> Mock et Tajovský, 2008	-	-	-	-	+	-
<i>Polydesmus denticulatus</i> C.L. Koch, 1847	+	+	+	-	+	+
<i>Trachysphaera costata</i> (Waga, 1857)	-	+	-	-	+	-
COLLEMBOLA ^{3,5,8,9}						
<i>Ceratophysella bengtssoni</i> (Agren, 1904)	+	-	-	-	-	-
<i>Ceratophysella denticulata</i> (Bagnall, 1941)	-	+	-	-	+	-
<i>Ceratophysella granulata</i> Stach, 1949	+	-	+	-	+	-
<i>Folsomia candida</i> (Willem, 1902)	+	-	-	-	-	+
<i>Folsomia lawrencei</i> Rusek, 1984	-	-	-	-	+	-
<i>Heteromurus nitidus</i> (Templeton, 1835)	+	+	-	-	-	+
<i>Hypogastrura purpurascens</i> (Lubbock, 1867)	-	-	-	+	-	-
<i>Kalaphorura carpenteri</i> (Stach, 1919)	-	-	-	-	-	+
<i>Kalaphorura paradoxa</i> (Schäffer, 1900)	-	-	-	+	+	-
<i>Megalothorax carpathicus</i> Papáč et Kováč, 2013	-	-	-	-	+	-
<i>Megalothorax hipmani</i> Papáč et Kováč, 2013	-	-	-	-	+	-
<i>Megalothorax incertus</i> Börner, 1903	-	-	-	-	+	+
<i>Megalothorax minimus</i> Willem, 1900	-	+	+	+	+	-

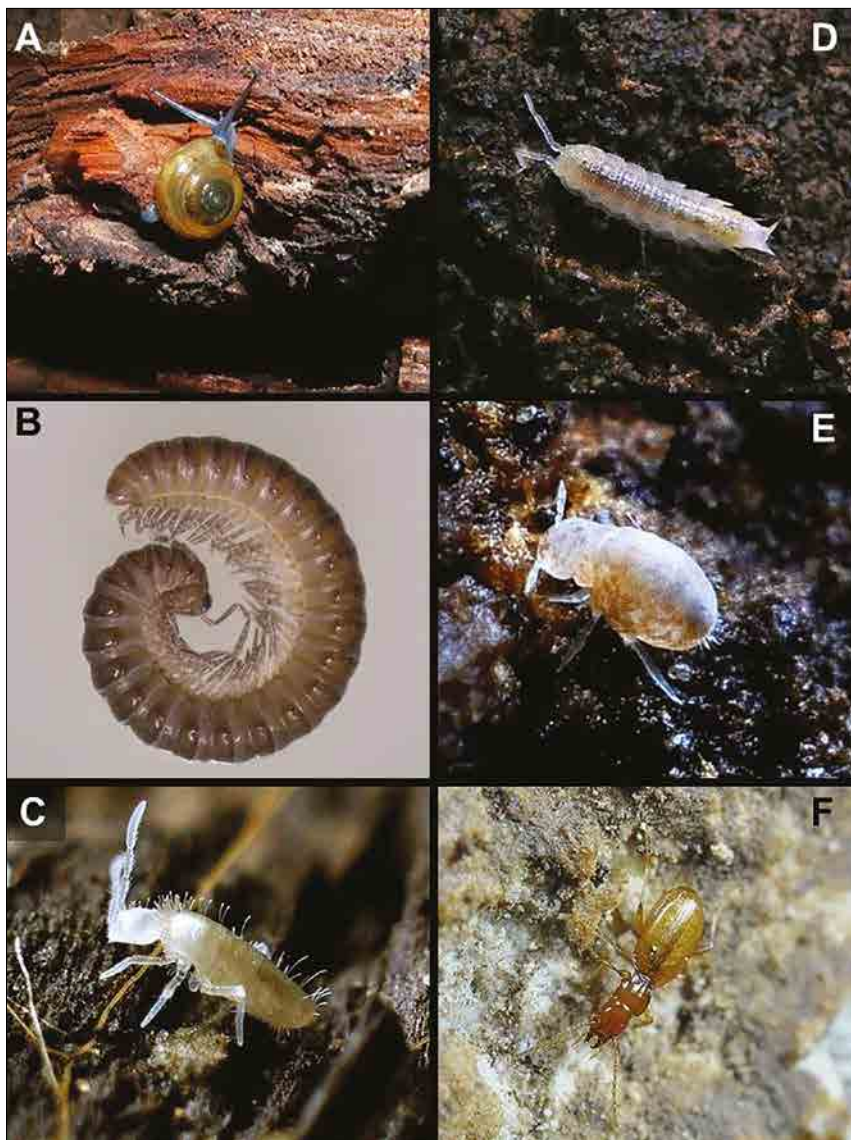
Taxón Taxa	AR	BO	BS	DR	MR	SL
<i>Megalothorax willemi</i> Schneider et D'Haese, 2013	-	-	-	-	+	+
<i>Neelus koseli</i> Kováč et Papáč, 2010	-	-	-	-	+	-
<i>Oncopodura crassicornis</i> Shoebotham, 1911	-	+	+	+	+	+
<i>Oncopodura reyersdorfensis</i> Stach, 1936	-	-	+	+	-	+
<i>Plutomurus carpaticus</i> Rusek et Weiner, 1978	-	-	+	+	+	+
<i>Protaphorura armata</i> (Tullberg, 1869)	+	+	+	+	+	+
Pseudosinella sp.	-	-	+	+	-	-
<i>Pseudosinella thibaudi</i> Stomp, 1977	+	+	+	+	-	+
<i>Pygmarrhopalites bifidus</i> Stach, 1945	-	-	-	-	+	+
<i>Pygmarrhopalites caecus</i> (Tullberg, 1871)	-	-	+	+	-	-
<i>Pygmarrhopalites elegans</i> Cassagnau et Delamare Deboutteville, 1953	-	-	+	-	+	-
<i>Pygmarrhopalites principalis</i> Stach, 1945	-	+	+	+	+	-
<i>Pygmarrhopalites pygmaeus</i> (Wankel, 1860)	+	+	+	+	+	+
COLEOPTERA ^{1,3}						
<i>Atheta pervagata</i> Benick, 1975	?	?	+	+	-	?
<i>Bryaxis frivaldszkyi slovenicus</i> (Machulka, 1926)	-	-	-	-	+	-
<i>Duvalius bokori gelidus</i> (Csiki, 1912)	-	-	-	-	-	+
<i>Duvalius bokori valyianus</i> (Bokor, 1922)	?	?	-	-	+	?
<i>Omalium validum</i> Kraatz, 1857	?	?	-	-	+	?
<i>Quedius mesomelinus mesomelinus</i> (Marsham, 1802)	?	?	-	-	+	?

bezstavovcov v profile sutinového svahu kulminuje na jar a na jeseň. Aktivita zástupcov makrofauny (Coleoptera a Diptera) môže byť krátkodobo prerušená počas leta, čo pravdepodobne súvisí s deficitom atmosférických zrážok, a dlhodobejšie prerušená počas zimy. Na druhej strane pokles aktivity mezofauny (Acarina, Collembola) počas roka je zvyčajne iba mierny.

V nasledujúcej časti textu prinášame faunistický prehľad najzaujímavejších nálezov subteránnych druhov bezstavovcov (eutroglofilov a troglobiontov) osídľujúcich vnútorné priestory zalesnených sutín Západných Karpát (tabuľka 2, obr. 5).

Z ulitníkov má najbližší vzťah k terestrickému podzemiu druh *Oxychilus glaber*, tvoriaci často súčasť parietálnej fauny v teplých a vlhkých jaskynných vchodoch (Kováč et al., 2014). Tento druh bol doposiaľ zachytený v sutinovom svahu neďaleko Silickej ľadnice (det. Tomáš Čejka). Druhy *Oxychilus depressus* a *Dauderbardia rufa*, odchytené v blízkosti povrchu na lokalite v Malom Ružítku, možno považovať za troglofilu. Ich karnivorný spôsob života im dáva výhodu pri kolonizácii tmavých subteránnych habitatov bez priameho vplyvu slnečného žiarenia (Bernasconi, 2004).

Pavúky (Araneae) a pancierniky (Acari, Oribatida) sú nateraz jedinými skupinami pavúkovcov (Arachnida) v podpovrchových subteránnych habitatoch Západných Karpát, ktoré zahŕňajú okrem bežných povrchových druhov aj druhy s väzbou na podzemie. Eutroglofil *Pseudomaro aenigmaticus*, zaznamenaný v sutinovom svahu nad Borinkou, predstavuje prvý nález pre územie Slovenska. Doposiaľ bol tento drobný pavúk s redukovanými očami známy najmä zo subteránnych habitatov západnej Európy (Šestáková et al., 2018). Eutroglofilný roztoč panciernik *Pantelozetes cavatica*, často nachádzaný v slovenských jaskyniach v asociácii s guánom (Luptáčík a Miko, 2003), bol zachytený na lokalite v Malom Ružítku (Jakšová et al., 2019).



Obr. 5. Príklady niektorých subteránnych druhov bezstavovcov odchytených v zalesnených sutinových svahoch Západných Karpát: A – ulitník *Oxychilus glaber*. Foto: P. Ľuptáčík, B – mnohonôžka *Mecogonopodium carpathicum*. Foto: A. Mock, C – chvostoskok *Pseudosinella* sp. Foto: Ľ. Kováč a P. Ľuptáčík, D – rovnakonôžka *Mesoniscus graniger*. Foto: J. Stankovič, E – chvostoskok *Neelus koseli*. Foto: Ľ. Kováč a P. Ľuptáčík, F – bystruška *Duvallius bokori*. Foto: Ľ. Kováč a A. Mock

Fig. 5. Examples of some subterranean invertebrates trapped in forested scree slopes of the Western Carpathians: A – gastropod *Oxychilus glaber*. Photo: P. Ľuptáčík, B – diplopod *Mecogonopodium carpathicum*. Photo: A. Mock, C – collembolan *Pseudosinella* sp. Photo: Ľ. Kováč a P. Ľuptáčík, D – isopod *Mesoniscus graniger*. Photo: J. Stankovič, E – collembolan *Neelus koseli*. Photo: Ľ. Kováč a P. Ľuptáčík, F – colleopteran *Duvallius bokori*. Photo: Ľ. Kováč a A. Mock

V podzemí západokarpatských sutín bolo zistených 11 druhov suchozemských rovnakonôžok (Isopoda, Oniscidae) (Rudy et al., 2018). Jeho trvalým obyvateľom je slepý, depigmentovaný druh, *Mesoniscus graniger*, hojne rozšírený v podzemí strednej a juhovýchodnej Európy (Kováč et al., 2014). Obýva väčšinu zo študovaných sutinových svahov, predovšetkým úrovne hlbšie pod povrchom (15 – 95 cm).

Vnútročné prostredie sutín osídľuje aj niekoľko subteránnych foriem mnohonôžok (Diplopoda). Spodným úrovniam sutinového svahu vo vulkanických Belinských skalách dominuje slepá eutroglofilná mnohonôžka *Archiboreoiulus pallidus* z čeľade Blaniulidae (Mock et al., 2015). V hlbších vrstvách sutinového svahu pri Silickej ľadnici prevláda ďalší slepý zástupca čeľade Blaniulidae, *Cibiniulus slovacus*. Výskyt tohto eutroglofilného druhu mnohonôžky, opísaného len nedávno z viacerých slovenských jaskýň (Antić et al., 2015), bol v malých počtoch zdokumentovaný aj v sutinovom svahu neďaleko Ardotskej jaskyne a v Drienčanskom krase (det. A. Mock). Mnohonôžka *Mecogonopodium carpathicum* je svojím výskytom obmedzená výlučne na rozlohou neveľký Ružínsky kras. Tento eutroglofilný druh predstavuje najvýchodnejšieho zástupcu čeľade Attemsidae, ktorá je primárne rozšírená v Alpách a susedných horských oblastiach severozápadnej časti Balkánskeho polostrova. Tak, ako väčšina mnohonôžok patriaca do uvedenej čeľade, sa podobne ani *M. carpathicum* nevyznačuje výraznejšími morfológickými adaptáciami na podzemie (Mock a Tajovský, 2008). Napriek tomu je tento druh úzko spätý s teplotne stabilným subteránnym prostredím. Okrem sutinového svahu sa hojne vyskytuje aj vo väčšine jaskýň Ružínskoho krasu (Mock et al., 2009; Rendoš et al., 2016a). *Polydesmus denticulatus*, zistený takmer na všetkých študovaných lokalitách, predstavuje vysoko adaptívny, bežne rozšírený povrchový druh mnohonôžky, predstavuje vysoko adaptívny, bežne rozšírený povrchový druh mnohonôžky, známy svojou tendenciou vytvárať lokálne subteránne populácie (Kováč et al., 2014). Podrobná analýza jednotlivých vývinových štádií mnohonôžok *Mecogonopodium carpathicum* a *Polydesmus denticulatus* odchytených v hĺbkovom profile zalesneného sutinového svahu v doline Malý Ružínok odhalila výraznú vzájomnú priestorovú segregáciu skorých post-embryonálnych štádií oboch druhov. *P. denticulatus* prechádza prvými fázami životného cyklu v najvrchnejších, pôdou vyplnených vrstvách (5 – 35 cm). Hlbšie do sutiny prenikajú až neskoršie pohyblivejšie štádiá. Naopak skoré vývinové štádiá *M. carpathicum* zotrávajú hlboko v profile sutinového svahu a neskôr prenikajú do povrchových častí sutín (Rendoš et al., 2016a).

Ďalšou podrobnejšie študovanou skupinou bezstavovcov v sutinových svahoch Západných Karpát sú chvostokoky (Collembola). Frekventovaný výskyt tu majú eutroglofily *Oncopodura crassicornis*, *Protaphorura armata*, *Pseudosinella thibaudi* a *Pygmarrhopalites pygmaeus* (Mock et al., 2015; Rendoš et al., 2016b; Jureková et al., 2019), známe z mnohých slovenských jaskýň (Kováč, 2000; Kováč et al., 2014, 2016). Zaujímavý je pre územie Slovenska vôbec prvý nález eutroglofilného druhu *Pygmarrhopalites elegans* v sutinových svahoch pod Belinskými skalami a v Malom Ružínku. Chvostokoky predstavujú doposiaľ jediný taxón, ktorý je okrem eutroglofilných druhov, v sutinách zastúpený aj troglobiontnými druhmi. Z doposiaľ študovaných lokalít je na troglobionty najbohatší sutinový svah v doline Malý Ružínok (Rendoš et al., 2016b). Prevažne v spodných častiach hĺbkového profilu sa vyskytuje troglobiont *Neelus koseli*, zaznamenaný primárne v krasových jaskyniach na východnom Slovensku (Kováč a Papáč, 2010). Menej početným je tu drobný troglobiont *Megalothorax hipmani* (Rendoš et al., 2016b), ktorý osídľuje široké spektrum jaskýň centrálnych krasových

regiónov Západných Karpát (Papáč a Kováč, 2013; Kováč et al., 2016). Vulkanický sutinový svah pod Belinskými skalami v Cerovej vrchovine a vápencový sutinový svah v Drienčanskom krase obýva zatiaľ taxonomicky neopísaný troglomorfný chvostoskok rodu *Pseudosinella* (Mock et al., 2015). Dôležitými faktormi determinujúcimi diverzitu subteránnych druhov v zalesnených sutinách je množstvo organického uhlíka a nižšia teplota, príkladom čoho je sutinový svah v Malom Ružíniku. Spomedzi všetkých doposiaľ študovaných lokalít sa vyznačoval najvyšším obsahom organického uhlíka a zároveň chladnou mikroklimou naprieč hĺbkovým profilom, čo sa odzrkadlilo na relatívne vysokej diverzite eutroglofilov a troglobiontov (Rendoš et al., 2016b) (tabuľka 1 a 2). Toto zistenie čiastočne podporujú aj nedávne výskumy spoločenstiev chvostoskokov, realizované v prostredí sutinového svahu prepادلiska Silická ľadnica a vo vstupe Dobšinskej ľadovej jaskyne. Obe lokality sú charakterizované výrazným mikroklimatickým gradientom, tzn. výrazným poklesom teploty od okraja až po dno prepادلiska, kde sa nachádza permanentná ľadová výplň (Raschmanová et al., 2018; Papáč et al., 2019). V pôde na dne prepادلiska Silická ľadnica, ktorá mala počas obdobia výskumu relatívne vysokú vlhkosť a nízku teplotu (teplota tu bola podstatne menej variabilná ako v hornej časti gradientu), boli zistené dva subteránne druhy, eutroglofil *Megalothorax carpaticus*, nachádzaný prevažne v jaskynných vchodoch a jaskyniach alpského krasu ako aj v chladných jaskyniach v nižších nadmorských výškach, a troglobiont *Pygmarrhopalites aggtelekiensis*, ktorý bol doposiaľ považovaný za obligátny jaskynný druh chvostoskoka osídľujúci výlučne jaskyne centrálnych a južných krasových regiónov Západných Karpát (Kováč et al., 2016). Nález *P. aggtelekiensis* v blízkosti povrchu pravdepodobne súvisí s vertikálnou migráciou troglobiontov medzi hlbším subteránnym prostredím a na organický uhlík bohatším edafickým prostredím v čase priaznivej mikroklimy (Raschmanová et al., 2018). Pôdu vo vstupe do Dobšinskej ľadovej jaskyne osídľuje novoobjavený eutroglofil *Megalothorax dobsinensis*, ktorého výskyt je viazaný výlučne na chladné a vlhké časti mikroklimatického gradientu (Papáč et al., 2019). Detailnejšia analýza sezónnej dynamiky jednotlivých druhov chvostoskokov (Rendoš et al., under review) na lokalite v Malom Ružíniku naznačuje, že väčšina edafických druhov preferuje vyššie teploty, a tak majú tendenciu vyskytovať sa vo vyšších počtoch počas leta, zatiaľ čo eutroglofily a troglobionty inklinujúce k nižším teplotám, sú typické pre jesenné mesiace. Ďalšia štúdia týkajúca sa chvostoskokov v zalesnených sutinách Západných Karpát sa zaoberala vplyvom dvoch typov fixačných roztokov, etylénglykolu a formaldehydu, na efektívnosť odchytu chvostoskokov do subteránnych pascí (Jureková et al., 2019). Z výsledkov štúdie jednoznačne vyplýva, že typ konzervačného roztoku použitého v pasciach môže výrazne ovplyvniť štruktúru odchyteneho spoločenstva chvostoskokov. Pohybová aktivita a druhové spektrum chvostoskokov v profile zalesnených sutinových svahov boli výrazne vyššie, ak boli subteránne pasce naplnené etylénglykolom. Rovnako pri použití etylénglykolu bol zaznamenaný aj vyšší podiel subteránnych druhov (obzvlášť eutroglofilov) v hlbších vrstvách vertikálneho profilu.

Chrobáky (Coleoptera) predstavujú druhovo najpočetnejšiu skupinu bezstavovcov v zalesnených sutinách Západných Karpát, pričom na všetkých doposiaľ študovaných lokalitách výrazne dominuje čeľaď drobkíkovité (Staphylinidae). Tá zahŕňa drobné chrobáky so štíhlym telom, skrátenými krovkami a redukovaným druhým párom krídel. Za zmienku stoja nálezy drobkíkov ako *Bryaxis frivaldszkyi slovenicus*, *Omalium validum* a *Quedius mesomelinus* v sutinovom svahu v doline Malý Ružínok, či *Atheta pervagata* v sutinovom svahu pod Belinskými skalami a v doline Drienok. Uvedené

druhy drobcíkov predstavujú subteránne formy, no bez znakov typických pre podzemné chrobáky (napr. nestratili zrakové orgány) (Rendoš et al., 2012; Mock et al., 2015). Sú častými obyvateľmi subteránnych habitatov, kde môžu prežiť celý život a rozmnožovať sa. Sutinový svah v blízkosti vchodu do Ardovskej jaskyne predstavuje typovú lokalitu vzácného subteránneho drobcíka *Leptotyphlus kovaci*, ktorý osídľuje jeho najvrchnejšie, pôdou vyplnené úrovne. V strednej Európe je doposiaľ jediným zástupcom rodu *Leptotyphlus*, výskyt ktorého je známy najmä v strednej a západnej časti Stredomoria (Šustek, 2000; Makranczy, 2015). Subteránnymi pascami sa nám tento vzácny reliktný druh chrobáka nepodarilo zachytiť. Zo zistených druhov chrobákov majú najväčšiu afinitu k subteránnemu prostrediu dva eutroglofilné taxóny bystrušiek rodu *Duvalius*. *Duvalius bokori gelidus*, známy výlučne z jaskýň na dne závrtovej Silickej planiny (Košel, 2009), bol zistený aj v sutine pri Silickej ľadnici (det. T. Jászay). Sutinový svah v Malom Ružínku je zase charakteristický prítomnosťou druhu *D. bokori valyianus*, ktorý sa vyskytuje vo viacerých jaskyniach Slovenska (Rendoš et al., 2012; Kováč et al., 2014). V porovnaní s jaskyňami sa sutinové svahy Západných Karpát predbežne vyznačujú absenciou niektorých významných, na jaskynné prostredie viazaných druhov chrobákov, akými sú napríklad *Atheta spelaea* či *Duvalius hungaricus*.

ZÁVER

Ako ukazujú doterajšie poznatky, podzemie zalesnených sutinových svahov Západných Karpát osídľujú v prevažnej miere spoločenstvá pôdných druhov bezstavovcov. Vzhľadom na priaznivé mikroklimatické podmienky a dobrú dostupnosť živín sa podzemie zalesnených sutinových svahov vyznačuje prítomnosťou aj viacerých karpatských endemitov a zároveň klimatických reliktov subteránnej fauny. Ich rozšírenie je často obmedzené na rozlohou veľké krasové oblasti Slovenska (napr. chrobák *Duvalius bokori gelidus* či mnohonôžka *Mecogonopodium carpathicum*). Prítomnosť týchto, na podzemie adaptovaných, foriem bezstavovcov zdôrazňuje význam sutín, ako habitatu tvoriaceho nadstavbu hlbokých podzemných priestorov – jaskýň – a na ne nadväzujúcej siete puklín. Podzemie zalesnených sutín je zároveň často aj „rezervoárom“ druhov nových pre vedu (napr. chvostoskok *Pseudosinella* sp.) alebo druhov, ktorých výskyt nebol na území Slovenska doposiaľ známy (napr. pavúk *Pseudomaro aenigmaticus* a chvostoskok *Pygmarrhopalites elegans*). Z hľadiska ochrany si tak sutinové habitaty a v nich žijúce terestrické subteránne spoločenstvá bezstavovcov zaslúžia rovnakú pozornosť ako jaskyne.

Ďakovanie. Veľká vďaka patrí všetkým priateľom a kolegom, ktorí nám ochotne pomáhali pri terénnom výskume, spracovaní odchyteného materiálu bezstavovcov a ich prípadnej determinácii do druhovej úrovne. Andrea Parimuchová nám pomohla s grafickým spracovaním obrazových príloh. Tento výskum bol realizovaný za podpory viacerých vedeckých grantov ako napr. VEGA 1/0199/14, VEGA 1/0346/18 alebo APVV-17-0477.

FORESTED SCREE SLOPES – A NOTEWORTHY SUBTERRANEAN HABITAT OF THE WESTERN CARPATHIANS

S u m m a r y

Our study shows the interior of forested scree slopes in the Western Carpathians to be predominantly populated by communities of edaphic invertebrate species. Due to favourable microclimatic conditions as well as good nutrient availability, the depth profile (5 to 95 cm from the soil surface) of forested scree slopes is characterized by the presence of several Carpathian endemics

and climatic relicts with distribution ranges often limited to the small karst areas of Slovakia (e.g. coleopteran *Duvalius bokori gelidus* or diplopod *Mecogonopodium carpathicum*). The occurrence of subterranean invertebrates inside the forested scree slopes stress the role of this subterranean habitat as an extension of the deep subterranean environment (caves along with the associated cracks). Furthermore, the forested scree slopes are often a “reservoir” of species new to science (e.g. *Pseudosinella* sp.) or species which distribution was not previously known in Slovakia (e.g. *Pseudomaro aenigmaticus* and *Pygmarrhopalites elegans*). From the conservation point of view, the forested scree slopes and therein living subterranean invertebrate communities deserve the same attention as the caves.

LITERATÚRA

- Antić, D. Ž., Mock, A. & Enghoff, E. 2015. Two new species of the millipede family Blaniulidae (Diplopoda, Julida) from caves in central and southeastern Europe. *Zootaxa*, 3985, 4, 523–540.
- Badino, G. 2010. Underground meteorology. What's the weather underground? *Acta Carsologica*, 39, 3, 427–448.
- Bernasconi, R. 2004. Mollusca. In Gunn, J. (Ed.): *Encyclopedia of caves and karst science*. Taylor and Francis, New York, 984–987.
- Culver, D. C. & Pipan, T. 2009. *The biology of caves and other subterranean habitats*. Oxford University Press, Oxford, 272 p.
- Culver, D. C. & Pipan, T. 2014. *Shallow subterranean habitats. Ecology, evolution and conservation*. Oxford University Press, Oxford, 288 p.
- Gers, C. 1998. Diversity of energy fluxes and interactions between arthropod communities: from soil to cave. *Acta Oecologica*, 19, 3, 205–213.
- Giachino, P. M. & Vailati, D. 2010. *The subterranean environment. Hypogean life, concepts and collecting techniques*. WBA Handbooks, Verona, 132 p.
- Gilgado, J. D., Ledesma, E., Cuesta, E., Arrechea, E., de la Vega, J. L. Z., Sánchez-Ruiz, A. & Ortuño, V. M. 2014. *Dima assoi* Perez Arcas 1872 (Coleoptera: Elateridae): from montane to hypogean life. An example of exaptations to the subterranean environment? *Annales de la Societe Entomologique de France* 50, 3–4, 264–271.
- Hal'ková, B. & Mock, A. 2019. Hľbková distribúcia makrofauny v zalesnených sutinách Slovenského krasu. In: *Zborník príspevkov zo 6. jarnej internacionalizovanej školy doktorandov UPJŠ. Univerzita Pavla Jozefa Šafárika, Košice*, 21–24.
- Jakšová, P., Luptáčik, P. & Miklisová, D. 2019. Distribution of Oribatida (Acari) along a depth gradient in forested scree slopes. *Subterranean biology*, 31, 29–48.
- Jakšová, P., Luptáčik, P., Mock, A., Rendoš, M. & Šašková, T. 2016. Porovnanie vertikálnej distribúcie panciarníkov (Acari: Oribatida) v zalesnených suťových svahoch krasového a nekrasového prostredia. In Fend'a, P. (Ed.): *14. Arachnologická konferencia, Zborník abstraktov. Slovenská arachnologická spoločnosť, Bratislava*, 16.
- Jiménez-Valverde, A., Gilgado, J. D., Sendra, A., Pérez-Suaréz, G., Herrero-Borgoñón, J. J. & Ortuño, V. M. 2015. Exceptional invertebrate diversity in a scree slope in Eastern Spain. *Journal of Insect Conservation*, 19, 4, 713–728.
- Juberthie, C. 2000. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. In Wilkens, H., Culver, D. C. & Humphreys, W. F. (Eds): *Subterranean ecosystems, Ecosystems of the World 30*. Elsevier, Amsterdam, 17–39.
- Juberthie, C. & Decu, V. 2004. Interstitial habitats (terrestrial). In Gunn, J. (Ed): *Encyclopedia of Caves and Karst Science*. Taylor and Francis, New York, 984–986.
- Juberthie, C., Delay, B. & Bouillon, M. 1980. Extension du milieu souterrain en zone non calcaire: description d'un nouveau milieu et de son peuplement par les coléoptères troglobies. *Mémoires de Biospéologie*, 7, 19–52.
- Juberthie, C., Delay, B. & Bouillon, M. 1981. Extension du milieu souterrain superficiel en zone calcaire. *Mémoires de Biospéologie*, 8, 77–93.

- Jureková, N., Raschmanová, N., Kováč, L., Miklisová, D., Červená, M. & Christophoryová, J. 2019. Type of fixative solution in pitfall traps as a decisive factor affecting community parameters of Collembola (Hexapoda) inhabiting superficial subterranean habitats. *The Science of Nature*, 106, 21, 1–18.
- Košel, V. 2009. Subteránna fauna Západných Karpát. Institute of Soil Biology BC CAS, České Budějovice, 204 p.
- Kováč, L. 2000. A review of the distribution of cave Collembola (Hexapoda) in the Western Carpathians. *Mémoires de Biospéologie*, 27, 71–76.
- Kováč, L., Elhottová, D., Mock, A., Nováková, A., Krištůfek, V., Chroňáková, A., Lukešová, A., Mulec, J., Košel, V., Papáč, V., Luptáčík, P., Uhrin, M., Višňovská, Z., Hudec, I., Gaál, L. & Bella, P. 2014. The cave biota of Slovakia. *Speleologia Slovaca* 5. Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň, Liptovský Mikuláš, 191 p.
- Kováč, L. & Papáč, V. 2010. Revision of the genus *Neelus* Folsom, 1896 (Collembola, Neelida) with the description of two new trogllobiotic species from Europe. *Zootaxa*, 2663, 36–52.
- Kováč, L., Parimuchová, A. & Miklisová, D. 2016. Distributional patterns of cave Collembola (Hexapoda) in association with habitat conditions, geography and subterranean refugia in the Western Carpathians. *Biological Journal of the Linnean Society*, 119, 3, 571–592.
- Laška, V., Kopecký, O., Růžicka, V., Mikula, J., Vele, A., Šarapatka, B. & Tuf, I. H. 2011. Vertical distribution of spiders in soil. *The Journal of Arachnology*, 39, 3, 393–398.
- Lavelle, P. & Spain, A. V. 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 654 p.
- Luptáčík, P. & Miko, L. 2003. Oribatid mites (Acarina, Oribatida) of Slovak caves. *Subterranean Biology*, 1, 25–29.
- Makranczy, G. 2015. Description of the male of *Leptotyphlus kovaci* Šustek, 2000, the only Central European species of the Mediterranean genus *Leptotyphlus* Fauvel, 1874 (Coleoptera, Staphylinidae, Leptotyphlinae). *ZooKeys*, 509, 141–146.
- Mammola, S., Piano, E., Giachino, P. M. & Isaia, M. 2017. An ecological survey of the invertebrate community at the epigean/hypogean interface. *Subterranean biology* 24, 27–52.
- Mammola, S., Giachino, P. M., Piano, E., Jones, A., Barberis, M., Badino, G. & Isaia, M. 2016. Ecology and sampling techniques of an understudied subterranean habitat: the Milieu Souterrain Superficiel (MSS). *The Science of Nature*, 103, 88.
- Mock, A., Jászay, T., Svatoň, J., Christophoryová, J., & Stašiov, S. 2009. Suchozemské článko-nožce (Arthropoda) jaskýň Čiernej hory (Západné Karpaty). *Slovenský kras*, 47, 2, 259–274.
- Mock, A., Šašková, T., Raschmanová, N., Jászay, T., Luptáčík, P., Rendoš, M., Tajovský, K. & Jászayová, A. 2015. An introductory study of subterranean communities of invertebrates in forested talus habitats in southern Slovakia. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 79, 243–256.
- Mock, A. & Tajovský, K. 2008. *Mecogonopodium carpathicum* n. sp. (Diplopoda: Chordeumatida: Attemsidae), a new troglophilic millipede from Slovakia. *Zootaxa*, 1778, 26–36.
- Nae, I., Băncilă, R. I. 2017. Mesovoid shallow substratum as a biodiversity hotspot for conservation priorities: analysis of oribatid mite (Acari: Oribatida) fauna. *Acarologia*, 57, 855–868.
- Nitzu, E., Nae, A., Băncilă, R., Popa, I., Giurginca, A. & Plăiașu, R. 2014. Scree habitats: ecological function, species conservation and vertical-temporal variation in the arthropod community. *Systematics and Biodiversity*, 12, 1, 65–75.
- Papáč, V. & Kováč, L. 2013. Four new trogllobiotic species of the genus *Megalothorax* Willem, 1900 (Collembola: Neelipleona) from the Carpathian Mountains (Slovakia, Romania). *Zootaxa*, 3737, 545–75.
- Papáč, V., Raschmanová N. & Kováč, L. 2019. New species of the genus *Megalothorax* Willem, 1900 (Collembola: Neelipleona) from a superficial subterranean habitat at Dobšinská Ice Cave, Slovakia. *Zootaxa* 4648, 1, 165–177.
- Pipan, T., López, H., Oromí, P., Polak, S. & Culver, D. C. 2010. Temperature variation and the presence of trogllobionts in terrestrial shallow subterranean habitats. *Journal of Natural History*, 45, 3–4, 253–273.

- Raschmanová, N., Miklisová, D. & Kováč, L. 2018. A unique small-scale microclimatic gradient in a temperate karst harbours exceptionally high diversity of soil Collembola. *Journal of Speleology*, 47, 2, 247–262.
- Rendoš, M., Čejka, T., Šteffek, J. & Mock, A. 2014. Land snails from subterranean traps exposed in a forested scree slope (Western Carpathians, Slovakia). *Folia Malacologica*, 22, 4, 255–261.
- Rendoš, M., Mock, A. & Jászay, T. 2012. Spatial and temporal dynamics of invertebrates dwelling karstic mesovoid shallow substratum of NNR Sivec (Slovakia), with emphasis on Coleoptera. *Biologia* 67, 6, 1143–1151.
- Rendoš, M., Mock, A. & Miklisová, D. 2016a. Terrestrial isopods and myriapods in a forested scree slope: subterranean biodiversity, depth gradient and annual dynamics. *Journal of Natural History*, 50, 33–34, 2129–2142.
- Rendoš, M., Raschmanová, N., Kováč, L., Miklisová, D., Mock, A. & Luptáčík, P. 2016b. Organic carbon content and temperature as substantial factors affecting diversity and vertical distribution of Collembola on forested scree slopes. *European Journal of Soil Biology*, 75, 180–187.
- Rudy, J., Rendoš, M., Luptáčík, P. & Mock, A. 2018. Terrestrial isopods associated with shallow underground of forested scree slopes in the Western Carpathians (Slovakia). *ZooKeys*, 801, 323–335.
- Růžička, V. 1993. Stony debris ecosystems - sources of landscape diversity. *Ekologia*, 12, 3, 291–298.
- Růžička, V. 1999. The first steps in subterranean evolution of spiders (Araneae) in Central Europe. *Journal of Natural History*, 33, 2, 255–256.
- Růžička, V. & Kimeš, L. 2005. Spiders (Araneae) communities of scree slopes in the Czech Republic. *The Journal of Arachnology*, 33, 280–289.
- Schlick-Steiner, B. C. & Steiner, F. M. 2000. Eine neue Subterrannfalle und Fänge aus Kärnten. *Carinthia II*, 190/110, 475–482.
- Šestáková, A., Mock, A., Christophoryová, J. & Gajdoš, P. 2018. Two subterranean-dwelling spiders new to Slovakia (Araneae: Linyphiidae). *Arachnologische Mitteilungen – Arachnology Letters*, 55, 22–29.
- Šustek, Z. 2000. *Leptotyphlus kovaci* sp. n. (Coleoptera, Staphylinidae), a relic endogean rove beetle from Slovakia. *Biologia*, 55, 2, 151–158.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	247 – 251	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

NÁLEZ BEHÚNIKA *DUVALIOPSIS PILOSELLA STOBIECKII* CSIKI 1907, (COLEOPTERA, CARABIDAE) V PRIEPASTI V SIVOM VRCHU (ZÁPADNÉ TATRY)

JÁN LAKOTA

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

J. Lakota: A discovery of a ground beetle *Duvaliopsis pilosella stobieckii* Csiki, 1907, (Coleoptera, Carabidae) in the pit Priepasť v Sivom vrchu Mt. (Western Tatra Mountains)

Abstract: A female of a ground beetle *Duvaliopsis pilosella stobieckii* Csiki, 1907, (Coleoptera, Carabidae) was discovered in the pit Priepasť v Sivom vrchu Mt. (1790 m a. s. l.), during the stocktaking research of biodiversity in the territory of Mt. Sivý vrch (1805 m a. s. l., Western Tatra Mountains), practised by scientific staff of Slovak Museum of Cave Protection and Speleology in Liptovský Mikuláš. This specimen was found at the first step of the pit, in the deep of about 5 m, under deep stone in a clay-rendzina soil. It is a first discovery of this species from a pit of massif of Western Tatras Mts.

Key words: Western Tatras Mts., Mt. Sivý vrch, pit Priepasť v Sivom vrchu Mt., ground beetle, Coleoptera, Carabidae, *Duvaliopsis*

ÚVOD

Západné Tatry zaberajú rozlohou na území Slovenska 286 km². Ich geomorfologický podcelok – Sivý vrch, sa nachádza v ich najzápadnejšej časti a nadväzuje na rozsiahly hlavný horský hrebeň. Od ďalšieho podcelku Západných Tatier – Liptovských Tatier, je oddelený Jaloveckou a Bobroveckou dolinou, so sedlom Pálenica. Celá oblasť je budovaná hlavne vápencami a dolomitmi a doteraz tu bolo identifikovaných 70 prevažne menších jaskýň.

Hlavnému hrebeňu dominuje vrchol s rovnomenným názvom, Sivý vrch (1805 m), k. ú. Zuberec. Od jeho vrcholu sa smerom na západ tiahne skalný dolomitový hrebeň Radových skál, s vypreparovanými skalnými vežami. Približne 100 m od vrcholu Sivého vrchu sa na tomto hrebene nachádza hlavný, takmer kolmý vchod do Priepasti v Sivom vrchu (1790 m). Keďže leží pri turistickom chodníku, bol známy nielen turistom, ale v minulosti aj lesníkom či poľovníkom. Prvá zmienka o vchode pochádza od Antona Kocyana (1900 – 1984), autora prvého turistického sprievodcu po Orave (Brodňanský, 1972). Samotná priepasť má vertikálny charakter, je rozsadlinovo-rútivá so severo-južnou orientáciou a relatívna hĺbka dosahuje 86 m.

V júni roku 2018, počas inventarizačného prieskumu biodiverzity v tejto lokalite, vykonávaný odbornými pracovníkmi Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši, zostúpil autor článku v Priepasti v Sivom vrchu na skalnú etáž v hĺbke asi 5 metrov. Tu pod hlboko zapadnutým kameňom do hlinito-humóznej pôdy, ktorá tvorí výplň na skalnej plošine, našiel jeden exemplár samičky bystruškovitého chrobáka – behúnika *Duvaliopsis pilosella stobieckii* Csiki, 1907.



Obr. 1. Pohľad na vrcholovú časť Sivého vrchu od juhu. Foto: J. Lakota
 Fig. 1. The peak of Mt. Sivý vrch. A view from south part. Photo: J. Lakota



Obr. 2. Vchod do Priepasti v Sivom vrchu. Foto: J. Lakota
 Fig. 2. The entrance of the pit Priepast' v Sivom vrchu Mt. Photo: J. Lakota

MATERIÁL A METODIKA

Rod *Duvaliopsis* Jeannel, 1928, je starobylý endemický rod bystruškovitých chrobákov (Coleoptera, Carabidae) a je rozšírený v Karpatskom oblúku, od Moravsko-sliezskych Beskýd po Muntii Fagarasului v Rumunsku. Tento rod sa tu vyskytuje v šiestich druhoch: *D. meliki* Csiki, 1912, *D. transsylvanica* Csiki, 1902, *D. bielzi* Seidlitz, 1867, *D. calimanensis* Knirsch, 1924, *D. rybinskii* Knirsch, 1924 a *D. pilosella* L. Miller, 1868. Rod *Duvaliopsis* bol dočasne zaradený ako mladšie synonymum rodu *Pseudanophthalmus* Jeannel, 1920, (Barr T. C. jr., 1964; Hůrka, 1977). Porovnávacími expertízami sa však potvrdilo, že *Duvaliopsis* je rod samostatný. Rod *Pseudanophthalmus* je rozšírený len na severoamerickom kontinente.



Obr. 3. Behúnik *Duvaliopsis pilosella stobieckii* v Priepasti v Sivom vrchu. Foto: J. Lakota
 Fig. 3. A ground beetle *Duvaliopsis pilosella stobieckii* in the pit Priepast' v Sivom vrchu Mt.
 Photo: J. Lakota

Rod *Duvaliopsis* žije vysoko v horách, spravidla nad 600 či 800 – 1000 m nadmorskej výšky, v závislosti od jednotlivých druhov, v okolí pramenísk či potokov, subteránne, pod veľkými hlboko zapadnutými kameňmi. Občasne bol nájdený aj v jaskyniach, hoci aj nižšie ležiacich, než je uvedená nadmorská výška. Tieto nálezy sú však viac-menej výnimočné.

Druh *Duvaliopsis pilosella* bol popísaný L. Millerom v roku 1868 z pohoria Czernagora v Zakarpatskej Ukrajine a pôvodne bol zaradený do rodu *Anophthalmus* Sturm, 1844. Neskôr, v roku 1928, bol R. Jeannelom preradený do nového rodu *Duvaliopsis*. Na území Slovenska sa vyskytuje v dvoch poddruhoch: *D. pilosella stobieckii* Csiki, 1907 a *D. pilosella poloninensis* Húrka, 1974. Poddruh *D. pilosella poloninensis* sa vyskytuje len na východoslovensko-poľskom pomedzí, ktoré patrí biogeograficky k východným Karpatom (Vihorlat, Bukovské vrchy, Bieszczady Zachodnie). Poddruh *D. pilosella stobieckii* je na Slovensku rozšírený v Oravských Beskydách (Babia hora), Malej Fatre (Chleb), Nízkych Tatrách (Jánska dolina, Slemä – nesprávnou interpretáciou sa táto lokalita dostala do literatúry ako Slemeň), Západných, Vysokých a Belianskych Tatrách, Spišskej Magure, Pieninách, Čergove (Bukový vrch), Branisku (Smrekovica), Slanských vrchoch (Šimonka) (Húrka, 1996). Z historických prameňov sa v literatúre uvádzajú: Vysoké Tatry – Javorová dolina; „Kežmarské Alpy“; „Bielske Alpy – Javorina, Havran, sedlo Kopa a Kotlina“ (Kult, 1947; Húrka, 1977). Z nálezov z poslednej doby sú to okrem nálezu v Priepasti v Sivom vrchu ešte: Oravská vrchovina: Jaskyňa v Ostrej skale; Belianske Tatry: Belianska jaskyňa (Višňovská a Jászay, 2010) a Nízke Tatry: Svidovské sedlo, Malužinská jaskyňa; Vysoké Tatry: Suchá Poľana (nepublikované).

V rokoch 2016 – 2018 vykonávali odborní pracovníci Slovenského múzea ochrany prírody a jaskyniarstva v Liptovskom Mikuláši biomonitring vybraných lokalít v rámci svojich výskumných aktivít. Jednou z vybraných lokalít bola aj vrcholová oblasť Sivého vrchu. 16. 6. 2018 bolo na skalnom stupni v Priepesti v Sivom vrchu v hĺbke približne 5 m nájdených 5 exemplárov drobkovitých chrobákov (Staphylinidae) a jedna samička spomenutého bystruškovitého chrobáka *Duvaliopsis pilosella stobieckii*. Tento exemplár bol nájdený po odvalení väčšieho kameňa, ktorý sem spadol z povrchu, resp. bol odtrhnutý zo steny priepasti a zapadol do čiernej hlinito-humóznej pôdy, ktorá tvorí výplň v sutine na dne tohto skalného stupňa. Exemplár bol objavený makroskopicky na spodnej strane kameňa. Nájdený exemplár má dĺžku (merané od aneriálneho okraja clypea po apex kroviek) 3,65 mm. Tento druh vykazuje výrazné črty troglobiontných druhov entomofauny, ktoré sa svojou bionómiou prispôbili životu v podzemí: depigmentáciu (stratu farbiva) a anoftalmiu (stratu zraku). Je svetlo žlto-hnedo sfarbený a jeho oči nie sú vyvinuté. Sčasti badateľné sú len nadočnicové (supraorbitálne) ryhy (na rozdiel od príbuzného rodu *Duvalius* Delarouze, 1859, kde síce oči vyvinuté sú, ale stratili facetáciu. U niektorých druhov rodu *Duvalius* sú badateľné tiež malé zhľuky facet v strednej časti oka). Nohy má dlhšie a štíhle, podobne ako iné bystruškovité chrobáky a tykadlá má štíhle, avšak kratšie, než majú iné druhy rodu *Duvaliopsis*. Na relatívne úzkych krovkách má v treťom medzirýží celkovo tri pôrojamky (tretia sa nachádza tesne pred apexom kroviek).

Exemplár bol spoľahlivo determinovaný autorom podľa určovacích kľúčov (Húrka, 1977; Húrka, 1996) a porovnávaním so sériou exemplárov toho istého druhu i iných druhov rodu *Duvaliopsis*.

DISKUSIA A ZÁVER

Pri terénnom prieskume najbližšieho okolia vchodu do Priepesti v Sivom vrchu bolo na trávinatej sutine pozorovaných viac exemplárov vzácnnej vysokohorskej bystrušky Fabriciovej (*Carabus fabricii fabricii* Panzer, 1810) a v rozpadajúcom sa ílovitom odkryve nájdený jeden kus veľmi vzácného lokálneho druhu bystruškovitého chrobáka *Trechus matejkai* Všetěčka, 1938. Preto je veľký predpoklad, že pri terénnych prieskumoch budú objavení aj iní zástupcovia vzácnnej entomofauny, ktorí sú svojim spôsobom života viazaní na vysokohorské prostredie či subteránny spôsob života.

Ako je vyššie uvedené, behúnik *Duvaliopsis pilosella stobieckii* sa vyskytuje práve v takomto prostredí, pod hlboko zapadnutými kameňmi. Nález z Priepesti v Sivom vrchu je prvým jaskynným nálezom v Západných Tatrách a celkovo štvrtým jaskynným nálezom pre tento druh vôbec. Doteraz bol nájdený len v jaskyniach: Malužinská jaskyňa, Jaskyňa v Ostrej skale a Belianska jaskyňa. Určite by bolo veľkým prínosom pokračovať v biospeleologickom prieskume speleologických objektov nielen v oblasti Sivého vrchu, či Západných Tatier, ale aj na celom teritóriu rozšírenia tohto významného a vzácného živočíšneho druhu, monitorovať jeho výskyt a zabezpečiť mu primeranú ochranu.

LITERATÚRA

- Barr T. C., jr. 1964. The status and affinities of *Duvaliopsis Jeannel* (Coleoptera: Carabidae). *Psyche* 71, Cambridge, 57–64.
- Bella, P., Hlaváčová, I. & Holúbek, P. 2018. Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 31. 12. 2017). SMOPaJ, Liptovský Mikuláš, 528 s.
- Brodňanský, J. 1972. Priepešť v Sivom vrchu. *Slovenský kras*, 10, 129–135.

- Hůrka, K. 1974. *Pseudanophthalmus pilosellus poloninensis* ssp. n. (Col.: Carabidae: Trechinae), Věstník Československé společnosti zoologické, 38, 3, 178–181.
- Hůrka, K. 1977. Revision der Arten-Gruppe von *Pseudanophthalmus bielzi* Seidlitz (Coleoptera, Carabidae). Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae, 39, Praha, 159–185.
- Hůrka, K. 1996. Carabidae of the Czech and Slovak Republics/České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín, 566 s.
- Kult, K. 1947. Klíč k určování brouků čeledi Carabidae Československé republiky. Československá společnost entomologická, Entomologické příručky č. 20, 200 s.
- Višňovská, Z. & Jászay, T. 2010. O náleze chrobáka *Pseudanophthalmus pilosellus stobieckii* (Coleoptera, Carabidae) v Belianskej jaskyni. Aragonit, 15, 1, 37–38.

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	253 – 254	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

SPOLOČENSKÁ KRONIKA – SOCIAL CHRONICLE

POZDRAV K SEDEMDESIATKE JOZEFA HLAVÁČA



V letných mesiacoch sa v Pavčínej Lehotě, v ústí Demänovskej doliny, dožil v dobrom zdraví Jozef Hlaváč významného životného jubilea. Takmer 40 rokov jeho aktívneho života sa spája s jaskyňami, krasom a podzemím. Pôsobil vo všetkých inštitúciách, ktoré tvoria súčasné slovenské organizované jaskyniarstvo: Slovenská speleologická spoločnosť (1976 – 1990), kde pôsobil ako tajomník, Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva (1990 – 1994), kde zastával funkciu vedúceho jaskyniarskeho oddelenia a Správa slovenských jaskýň (1994 – 2012), kde až do odchodu na dôchodok pôsobil ako riaditeľ. Jozef, ako človek s nadhľadom a znalosťou literatúry, vedel vnieť do každej riadiacej funkcie osobitú atmosféru. Videl za horizont. Mal cit riešiť podstatné a koncepčné veci a odlíšiť ich od prázdneho obsahu závalu byrokratických povinností.

Narodil sa 30. júla 1949 v Ružomberku, meste obklopenom prírodou, kde prežil svoju mladosť. Po absolvovaní baníckej priemyslovky a Vysokej školy baníckej v Ostrave sa zamestnal na dva roky v Geologickom prieskume v Turčianskych Tepliciach. V roku 1976 sa vrátil domov a ako odborník na podzemie našiel uplatnenie v Múzeu slovenského krasu, ktorého súčasťou bola aj Slovenská speleologická spoločnosť. V nej zastával post tajomníka. Dlhoročná práca s oblastnými skupinami, kde pôsobili desiatky osobností rôzneho zamerania, formovala jeho postoj k jaskyniam a samozrejme aj k životu. Jozef pochopil, že človek zanietený pre vec je nenahraditeľný, a to najmä v takej špecifickej oblasti, akou je speleológia.

Do roku 1994 možno jeho život charakterizovať ako prípravu na budúcu kľúčovú funkciu – post riaditeľa Správy slovenských jaskýň. Po nástupe na túto pozíciu sa obklopil kolektívom ľudí, ktorí urobili veľký kus práce na poli profesionálneho jaskyniarstva. Vymenovať všetky jeho aktivity v profesionálnom pôsobení je samozrejme nemožné a pripísať ich iba jednému človeku aj nespravodlivé. Jozef mal však podstatné zásluhy na tom, že sa v roku 2001, odhlasovaním novely Ústavy Slovenskej republiky, všetky jaskyne dostali do vlastníctva štátu. Až dnes sa s odstupom rokov ukázalo, že aj keď toto riešenie prinieslo veľa praktických problémov, tak v dnešnom svete komercie sa stalo zárukou toho, že sa jaskyne nebudú dať jednoducho zneužiť na súkromné účely.

S menom Jozefa Hlaváča, ako dlhoročného riaditeľa Správy slovenských jaskýň, sú spojené mnohé činnosti, v ktorých sa z titulu svojej funkcie musel angažovať. Sú to vedecké konferencie, zapísanie jaskýň Slovenského a Aggteleškého krasu do svetového prírodného dedičstva UNESCO a množstvo organizačnej práce. Z jeho iniciatívy sa v roku 2002 udiala pre slovenskú speleológiu významná udalosť, ktorá zmenila pozíciu jaskyniarov v slovenskej spoločnosti. Správa slovenských jaskýň vtedy získala všetky slovenské jaskyne do svojej starostlivosti a tento stav trvá dodnes. Čas určite ohodnotí aj toto rozhodnutie. Avšak súčasný stav, keď o slovenských jaskyniach rozhoduje kolektív odborníkov s dlhoročnými skúsenosťami, je asi to dobré riešenie.

V súčasnosti sa Jozef Hlaváč zúčastňuje jaskyniarskeho života ako člen Jaskyniarskeho klubu Demänovská dolina, kde svojimi skúsenosťami pomáha usmerňovať mladú jaskyniarsku generáciu. Pravidelne sa zúčastňuje aj zasadnutí redakčnej rady časopisu Slovenský kras, ktorého sa v roku 1988 stal výkonným redaktorom. Dnes je jeho najdlhšie pôsobiacim členom redakčnej rady.

Do ďalšieho života mu v mene všetkých slovenských jaskyniarov prajem veľa zdravia a pokoja v kruhu najbližších a čas na jeho obľúbené aktivity.

Peter Holúbek

SLOVENSKÝ KRAS ACTA CARSOLOGICA SLOVACA	57/2	255 – 255	LIPTOVSKÝ MIKULÁŠ 2019
--	------	-----------	------------------------

RECENZIE – REVIEWS

Vlastimil Růžička: A review of the spider genus *Porrhomma* (Araneae, Linyphiidae) Magnolia Press, Auckland 2018, 75 strán ISBN 978-1-77670-470-5 (print) ISBN 978-1-77670-471-2 (online edition)

Monografia českého arachnológa Vlastimila Růžičku vyšla v septembri 2018 a je výsledkom jeho dlhoročnej práce. Autor pôsobí na Inštitúte entomológie Českej akadémie vied v Prahe. Publikáciu vydala spoločnosť Magnolia press v Aucklande na Novom Zélande. Zoologický materiál, s ktorým autor pracoval, pochádza od odborníkov z mnohých krajín. Cieľom monografie je aktualizácia taxonomického prehľadu o rode *Porrhomma*. Revízia by mala prispieť aj k objasneniu afinity druhov k podzemiu.

Pavúky z rodu *Porrhomma* sa vyznačujú tendenciou kolonizovania plytkých a hlbokých podzemných biotopov, ako sú napríklad svahovité sutiny, pseudokrasové a krasové jaskyne či pieskovcové skalné labyrinty. Ide o pomerne homogénnu skupinu malých pavúkov, distribuovaných v nearktickom a prevažne v palearktickom regióne. Kým niektoré z nich sú glaciálnymi reliktnými v mikroklimaticky extrémnych biotopoch, iné sa pokladajú za eutroglofily a troglobionty. Približne až polovica druhov tohto rodu má troglomorfné znaky, akými sú depigmentácia, redukcia očí či predĺženie končatín. Tieto znaky sú spojené s prechodom na podzemný spôsob života. Troglobiontom vyskytujúcim sa aj na území Slovenska je *Porrhomma profundum*.

Spolu s novými štúdiami a opismi vzrastali problémy s determináciou. Niektoré druhy boli opísané zo samíc, iné len z jediného exemplára a veľa druhov z tohto rodu malo veľmi podobné znaky. Na základe toho sa európski autori pokúšali o revíziu týchto poznatkov, avšak ázijské a severoamerické druhy sa zvyčajne nezahŕňali do týchto štúdií a ich afinita k európskym druhom dlho zostávala neznáma. Rod *Porrhomma* teraz zahŕňa 24 druhov s dvoma novoopísanými druhmi – *Porrhomma altaica* z pohoria Altaj a *Porrhomma nekolai* z Východnej Ázie a Severnej Ameriky. Nateraz je z Európy známych 15 druhov, z Ázie 14 a zo Severnej Ameriky 4 druhy, pričom troglomorfné druhy sa vyskytovali na každom z kontinentov. Centrum rozmanitosti druhov leží v strednej Európe, pričom až štrnásť druhov sa vyskytuje na území Českej republiky a v Nemecku.

Oblasti s prerušovaným permafrostom počas pleistocénnych zaľadnení zahŕňali jaskyne s trvalým ľadom alebo bez neho. V jaskyniach, v ktorých nebol ľad, sa predpokladá, že druhy rodu *Porrhomma* mohli pokračovať v ich subteránnom vývoji. Avšak druhy z trvalo zaľadnených jaskýň pravdepodobne migrovali do povrchových a podpovrchových biotopov. Takýmto spôsobom mohli byť troglomorfné znaky zavádzané do populácií, ktoré žijú v plytkých podzemných biotopoch. V súčasnosti troglomorfné znaky nachádzame u druhov v jaskyniach, plytkých podzemných biotopoch ďaleko od krasových regiónov. Ich veľká variabilita morfológických znakov komplikuje taxonomické hodnotenie.

Predmetná odborná monografia je predovšetkým vhodná pre dlhoročných aj začínajúcich arachnológov a biospeleológov. Vyšla v anglickom jazyku. Zhrnula množstvo poznatkov týkajúcich sa problémov s determináciou druhov a je neoceniteľným zdrojom informácií. Prehľadne usporiadaný text, mapy distribúcie druhov i množstvo kvalitných kresieb a fotografií len potvrdzuje vysokú úroveň tejto monografie.



Troglobiont *Porrhomma profundum* z jaskyne Domica. Foto: Ľ. Kováč

Miloš Melega

Slovenský kras, ročník 57, číslo 2
Acta Carsologica Slovaca

Rok vydania:	október 2019
Vydanie:	prvé
Evidenčné číslo:	EV 3878/09
Vydavateľ:	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš
Sídlo vydavateľa a adresa redakcie:	Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, Liptovský Mikuláš, Školská 4, 031 01 Liptovský Mikuláš, IČO: 361 45 114
Jazyková korektúra:	Mgr. Miroslav Nemec, PhD.; Bohuslav Kortman (slovenský jazyk)
Anglické preklady:	autori príspevkov
Grafika:	Ing. Jiří Goralski
Tlač:	ULTRAPRINT, s. r. o., Pluhová 933/49, 831 03 Bratislava
Náklad:	400 ks
Cena:	Nepredajné
Obálka:	Čachtická jaskyňa, Malé Karpaty. Foto: Lukáš Kubičina

ISSN 0560-3137