

Vtokové klesajúce chodby a nevytriedené fluviálne sedimenty v jaskyniach ponorovej zóny stredohorského alogénneho krasu: na príklade Demänovskej jaskyne slobody (Demänovská dolina, Nízke Tatry)

Pavel BELLA

Abstract: *The Demänová Caves are well-known as the typical locality of cave levels development in correlation with river terraces on the surface. The ponor zone of the middle-mountain allogenic karst in the Demänová Valley, including the Demänová Cave of Liberty, is featured by different cave morphology resulted from hydraulic gradients between surface and underground streams (inflow drawdown passages lead to lower levelled passages). This paper presents basic results of an additional geomorphological research of inflow drawdown vadose passages and adjacent parts of cave levels with allochthonous unsorted fluvial (removed glacialfluvial) sediments. The presented knowledge contributes to a more complete explanation of the cave origin and development in the ponor zone in relation to the karst hydrography and the geomorphological development of this valley.*

Key words: *geomorphology, allogenic karst, cave, inflow drawdown vadose passage, allochthonous sediment, unsorted fluvial sediment, Demänová Cave of Liberty, Demänová Valley, Nízke Tatry Mts., Western Carpathians*

Úvod

Na viacerých miestach Demänovských jaskýň sa zachovali alochtónne fluviálne sedimenty, ktoré poukazujú na bývalé hydrologické pomery v jednotlivých fázach vývoja tohto rozsiahleho jaskynného systému. Napriek tomu sa tu systematický sedimentologický výskum v dostatočnej miere nerealizoval. Niekoľko samostatných čiastkových správ, avšak zväčša iba stručné opisy sedimentov v širšie zameralých štúdiách a správach pritom prinášajú dôležité poznatky, ktoré prispievajú k rekonštrukcii hydrografického vývoja jaskýň. Ak sú alochtónne fluviálne sedimenty pokryté sintrovými kôrami, predstavujú dôležité profily na datovanie príslušných fáz vývoja jaskynného systému. Ak sa miesta depozícií fluviálnych sedimentov posudzujú vo vzťahu k morfológii a priestorovému usporiadaniu podzemných chodieb, možno rekonštruovať spôsob a cesty ich transportu z povrchu do jaskýň.

Na niektorých miestach Demänovskej jaskyne slobody vidieť nevytriedené uloženiny žulových okruhliakov a štrkov, ktoré sa nepravidelným usporiadaním i miestami depozície odlišujú od triedených fluviálnych sedimentov v jej ostatných častiach. Hlavným cieľom tohto príspevku je analyzovať spôsob a cesty transportu týchto alochtónnych nevytriedených fluviálnych, resp. glacialfluviálnych sedimentov do jaskyne v súvislosti s vývojom Demänovskej doliny v oblasti ponorov poniže styku nekrasových a krasových hornín, kde sa vytvorili ponorové chodby klesajúce na jaskynnú úroveň, hydrograficky viažuce sa na hlavný podzemný tok Demänovky ústiaci do vvieracki.

Morfológia Demänovskej jaskyne slobody a ponorových chodieb v rámci Demänovského jaskynného systému

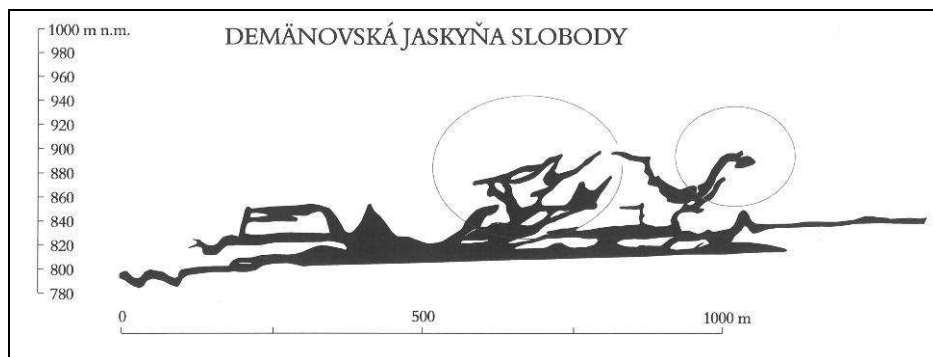
Demänovská jaskyňa slobody zasahuje do ponorovej (vtokovej) a strednej (prietokovej) časti Demänovského jaskynného systému, ktorý sa na severnej strane Nízkych Tatier vytvoril najmä v strednotriasových tmavosivých gutensteinských vápencoch krížňanského príkrovu pozdĺž tektonických porúch alochtónnymi ponornými tokmi Demänovky a Zadnej vody, sčasti aj bočnými visutými ponornými prítokmi zo svahových dolínok. Zameraná dĺžka tejto jaskyne je 8336 m, výškový rozdiel 120 m.

Dolné, riečne modelované horizontálne chodby v Demänovskej jaskyni slobody (Mramorové riečisko, Hlinená chodba, Suchá chodba, Prízemie, Kráľova galéria) predstavujú spodné a stredné vývojové úrovne typu riečnych korýt (Droppa 1966, 1972). Vývoj jaskynných úrovní v stredohorskom alogénnom krase Demänovskej doliny koreluje s vývojom riečnych terás Váhu v Liptovskej kotline (jaskynné

úrovne sa vytvárali v závislosti od etapovitého zahľbovania riečisk Váhu a Demänovky), čo umožňuje rekonštruovať pleistocénne fázy vývoja reliéfu (Droppa 1966, 1972; Bella et al. 2011).

V ponorovej zóne sú jaskynné úrovne v nižšej pozícii ako povrchové riečiská (Droppa 1957; Hochmuth 1997). Výškový rozdiel medzi Objavným ponorom a podzemným tokom Demänovky na západnom okraji Mramorového riečiska je 13 m. Terajšie riečisko v Pekelnom dome Demänovskej jaskyne slobody je 23 m pod úrovňou povrchového riečiska na sútoku povrchovej Demänovky a Zadnej vody, povrchové riečisko Demänovky pri ústí Pustej dolinky je 40 m nad riečiskom podzemnej Demänovky v Achátovom dome v Pustej jaskyni (Droppa 1957, mapové prílohy), smerom k styku nekrasových a krasových hornín v dolnej časti Lúčok sa tento výškový rozdiel (hydraulický gradient) zväčšuje. Vo vrte HNT-9 (886,34 m n. m.) pri ústí Machnatej dolinky sa hladina podzemnej vody zistila v hĺbke 63,34 m; glacifluviálne sedimenty nad vápencami sú hrubé 18,7 m (Méryová a kol. 1990).

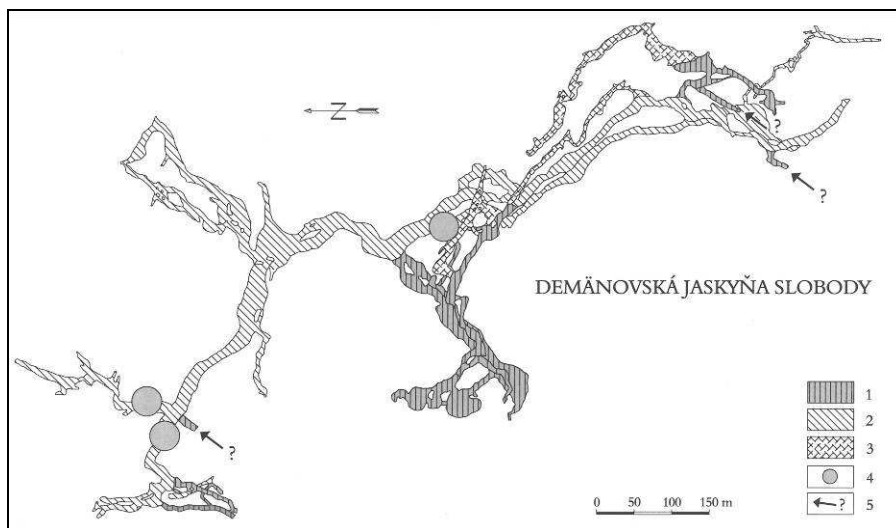
Na viacerých miestach ponorovej časti Demänovského jaskynného systému na jaskynné úrovne ústia šikmé až kaskádovité chodby klesajúce z bývalých ponorov, ktoré sú vo visutých polohách nad terajším dnom doliny. Vytvorené sú prevažne pozdĺž tektonických porúch SV – JZ smeru, ktoré takisto usmernili vytváranie bočných svahových doliniek. Prúdenie vôd v podzemí ovplyvňovalo aj uloženie vrstiev gutensteinských vápencov so smerom sklonu na severovýchod. Tieto chodby sa vo viacerých vývojových fázach vytvorili bočnými ponornými prítokmi, v podzemí ústiacimi do nižšie položeného hlavného podzemného toku Demänovky (Bella 1993, 1996a, 2000). Takéto prúdenie vôd podmieňuje hydraulický gradient medzi ponormi a nižším piezometrickým povrchom podzemnej vody v úrovni hlavnej riečiskovej chodby (v niektorých úsekoch s vodnými sifónmi) smerujúcej do vyvieracky. V Demänovskej jaskyni slobody takýto charakter majú chodby klesajúce z dolinky Točište na Prízemie (obr. 1 a 2), klesajúca chodba Klenotnice, ako aj chodby klesajúce z priestoru Objavného ponoru k podzemnému toku Demänovky západne od Mramorového riečiska (Hochmuth 1996). Podobné chodby sa vytvorili aj v Pustej jaskyni a v jaskyni Štefanová (Bella a Holúbek 1996).



Obr. 1. Bočný priemet Demänovskou jaskyňou slobody s vyznačením ponorových chodieb klesajúcich na jaskynné úrovne (mapový podklad: A. Droppa, 1965; Z. Hochmuth a kol., 1987).

Väčšina bývalých i súčasných ponorov nie je priamo na styku nekrasových a krasových hornín. Najmä v úseku medzi Lúčkami a sútokom občasnej povrchovej Demänovky so Zadnou vodou (na severnom okraji Stodôlky) sú na občasnom riečisku, ktorým voda preteká iba za vyšších vodných stavov, keď sa nestačí úplne stratíť do podzemia cez ponory na Lúčkach. Občas býva suché riečisko aj v nižšej časti doliny až po ústie dolinky Vyvieranie, kde do riečiska vtekajú vody zo stálej vyvieracky podzemnej Demänovky. Prívalovými vodami, ktoré sa nestačia stratíť do podzemia staršími ponormi, veľakrát upchanými glacifluviálnymi sedimentmi, v miestach novotvoriacich sa ponorov vznikajú, resp. vznikali strmšie až priepastovité invázne vadózne jaskyne či ponorové chodby (napr. vstupné časti jaskyne Štefanová na pravom brehu Demänovky, strmé úseky Demänovskej medvedej jaskyne a ponorových chodieb v Demänovskej jaskyni slobody vedúcich z priestoru terajšej dolinky Točište).

Z morfofenetického hľadiska ponorové jaskyne a chodby vytvorené v závislosti od hydraulického gradientu medzi miestami vnikania vody do podzemia a nižším piezometrickým povrchom podzemných vôd predstavujú *drawdown vadose caves*, resp. *invasion vadose caves* (Ford 1977, 2000).



Obr. 2. Pôdorysná štruktúra základných morfogenetických častí a hlavné depozície nevytriedených fluviálnych sedimentov v Demänovskej jaskyni slobody: 1 – bočné ponorové chodby klesajúce na jaskynné úrovne, 2 – horizontálne chodby jaskynných úrovní a subhorizontálne chodby s freatickými slučkami, resp. sifónmi, 3 – puklinové chodby korózne rozšírené vo freatickej zóne, miestami remodelované povodňovými vodami, 4 – miesta opisovaných nevytriedených fluviálnych sedimentov, 5 – predpokladané prítoky ponorných vôd zo svahových dolínok (mapový podklad: A. Droppa, 1951; P. Holúbek a kol., 2000).

Ponorové vody, ktoré vo vadóznej zóne prenikajú pozdĺž medzivrstvových plôch vápencov alebo iných štruktúrno-tektonických diskontinuit, prvotne modelujú prevažne trubicovité, tzv. parafreatické chodby (Tratman 1957). Neskorším zahľbovaním podlahového kanála sa hlavné trubice pretvárajú do podoby meandrovitých až kaňonovitých chodieb (Lauritzen a Lauritsen 1995 a iní), napr. meander v jaskyni Štefanová pod občasým povrchovým riečiskom Demänovky. Prvotné parafreatické trubice tvoria stropnú časť vadóznych meandrovitých chodieb. Parafreatické ponorové chodby, ktorými po počiatočnej fáze vývoja prestala prúdiť voda (penikla do nižších odvodňovacích trubic vo vadóznej zóne alebo až k piezometrickému povrchu podzemných vôd), sa zachovali v pôvodnom rúrovitom, resp. trubicovitom tvare (typickom pre freatický vývoj jaskýň).

V jaskynných chodbách s viacúrovňovými segmentmi (s horizontálnou podlahou a horizontálnymi bočnými korytami vo vyššej polohe – pozostatkami staršej podlahy) sú ústia bočných inaktívnych prítokových chodieb (klesajúcich z bývalých ponorov) vo visutej polohe. V Demänovskej jaskyni slobody pri zahľbovaní spodnej časti Prízemia podzemným tokom Demänovky bočné ponorové klesajúce chodby už neboli hydrologicky aktívne, pretože po zahľbení povrchového riečiska na dne doliny „zostali“ vo svahu vo visutej polohe.

Na hydrografický vývoj jaskýň pravdepodobne vplývalo aj opakovanie fáz zahľbovania doliny a čiastočnej agradácie jej riečiska, najmä vzhľadom na striedanie glaciálov a interglaciálov počas stredného a vrchného pleistocénu (spojeného so zaľadnením horných častí Demänovskej doliny pod hlavným chrbtom Nízkyh Tatier).

Výskyt a zloženie alochtónnych nevytriedených fluviálnych sedimentov

Na viacerých miestach Demänovskej jaskyne slobody sa v bočných šikmých chodbách a príľahlých častiach jaskynných úrovní zachovali uloženiny nevytriedených fluviálnych sedimentov, najmä v zasedimentovanej chodbe vedúcej ponad Mramorové riečisko a ústiacej do južnej časti Hlinenej chodby, na terasovitom stupni Mramorového riečiska západne od odbočky do Hlinenej chodby či v spodnej časti vykopaného profilu v Žulovej chodbe ústiacej do hornej časti Prízemia (obr. 2). Nevytriedené fluviálne sedimenty dominantne tvoria alochtónne žulové okruhliaky (veľké prevažne 20 až 30 cm, niektoré až 60 cm), štrk a opracovaný hrubozrnný piesok (Droppa 1957; Kojdová a Sliva 2005; Psočka et al. 2006).

Väčšina granitových okruhliakov je značne zvetraná a ľahko sa rozpadá na hranatý hrubozrnný piesok. Pôvodom ide o redeponované glaciáluálne sedimenty, ktoré pochádzajú z rozplavovaných ľadovcových morén uložených v doline Demänovky nad Lúčkami i v doline Zadnej vody nad Repiskami v glaciáli Würm (Vitásek 1923; Louček et al. 1960), pravdepodobne aj počas glaciálov Riss 1 a 2 (Droppa 1972). Na povrchu sa glaciáluálne sedimenty v prevažnej miere uložili na kontakte nekrasového a krasového územia, najmä na Lúčkach v podobe glaciáluálneho kužľa dlhého 1200 m (Droppa 1972).

Neznáma chodba vedúca ponad Mramorové riečiško do južnej časti Hlinenej chodby je úplne vyplnená stmelenými nevytriedenými fluviálnymi sedimentmi. Pravdepodobne s ňou geneticky súvisí aj krátky úsek chodby s množstvom takýchto sedimentov (sčasti prekopaných pri speleologickom prieskume), do ktorého sa dá vystúpiť z Mramorového riečiška (oproti výraznému terasovitému zárezu, ktorý takisto pokrývajú nevytriedené fluviálne sedimenty). V južnej časti Hlinenej chodby sa zachovali iba zvyšky pôvodne väčšej, neskôr rozplavenej nevytriedenej akumulácie (Psočka et al. 2006). Miestami vidieť štrk a okruhliaky prisintrované na stenách (najmä v bočných vyhlbeninách), ako aj stmelené pod zvyškom sintrovej kôry vytvorenej na ich pôvodnom povrchu. V príľahlej časti Mramorového riečiška na terasovitom stupni (vo výške 4 až 5 m nad skalnou podlahou) žulové okruhliaky premiešané so štrkom tvoria súvislú nevytriedenú akumuláciu hrubú 2 až 3 m (Bella 1996b; obr. 3).

Žulová chodba, ktoré smeruje od Siene lavín do hornej časti Prízemia, je takmer úplne vyplnená sedimentmi od podlahy až po strop (v kovanom záreze sa skalná podlaha nedosiahla). Výrazne navetrané žulové okruhliaky v spodnej časti profilu sú pokryté mladšími súvrstviami jemnozrnných sedimentov (predelenými tenšími sintrovými kôrami), menej hrubými štrkami a na povrchu hrubou sintrovou kôrou. Najstaršiu fázu depozície žulových okruhliakov nasledovali mladšie fázy so striedaním akumulácií fluviálnych sedimentov a chemogénnym vyzrážaním sa sintrových nátekov v aerických podmienkach (Hercman et al. 2000; Kojdová a Sliva 2005).

Časové obdobia uloženia skúmaných akumulácií v jaskyni

Na určenie doby akumulácie týchto osobitých akumulácií v Demänovskej jaskyni slobody možno využiť výsledky U/Th datovania superpozíčných sintrových kôr a paleomagnetického výskumu sedimentov (Hercman 2000, 2006; Pruner et al. 2000; Kadlec et al. 2004). Jednotlivé fázy vývoja jaskyne i celého jaskynného systému možno geochronologicky interpretovať na základe globálnej chronostratigrafickej korelačnej tabuľky (Cohen a Gibbard 2011).

Okruhliaky a štrk v spodnej časti Žulovej chodby sú staršie ako 350-tisíc a mladšie ako 780-tisíc rokov. Nadložné ílovito-hlinité sedimenty majú normálnu paleomagnetickú polaritu pod hranicou Brunhes/Matuyama (Pruner et al. 2000; Kadlec et al. 2004), miestami okruhliaky a štrk pokrývajú sintrové kôry staršie ako 350-tisíc rokov (Hercman 2000, 2006). Vychádzajú z vymedzenia jaskynných úrovní podľa Droppu (1972) ústie Žulovej chodby je vo výškovej polohe medzi IV. vývojovou úrovňou (ťahnuca sa strednou časťou Prízemia) a V. vývojovou úrovňou.

Do južnej časti Hlinenej chodby (III. vývojová úroveň podľa Droppu 1972; vývojová úroveň IVa podľa Bellu et al. 2011) sa nevytriedené fluviálne sedimenty dostali v interglaciáli Pre-Riss/Riss alebo glaciáli Riss 1, prípadne v skoršom období. Subaerický vývoj Hlinenej chodby dokladuje podlahová sintrová kôra, ktorá pokrýva alochtónne fluviálne sedimenty a je staršia ako 350-tisíc rokov a mladšia ako 1,2 mil. rokov (Hercman et al. 2006). V stropnej časti chodby pred bývalým sífonom (zo strany Mramorového riečiška) sa zachovali zvyšky nevytriedenej fluviálnej akumulácie, ktorá obsahuje žulové okruhliaky veľké do 60 cm (v menšej miere kremencové i karbonátové), štrk a hrubozrnný piesok. Imbrikácia okruhliakov poukazuje na smer ich transportu z Mramorového riečiška. Väčšina granitových okruhliakov je značne zvetraná a ľahko sa rozpadá na hrubozrnný piesok (Psočka et al. 2006). V najvyššej stropnej časti chodby nad sieňovitým rútiavým priestorom pred bývalým sífonom (asi 10 m nad spomenutou podlahovou sintrovou kôrou staršou ako 350-tisíc rokov), zvyšky týchto alochtónnych sedimentov pokrýva sintrová kôra stará 281- až 231-tisíc rokov (Hercman et al. 2006); jej vytváranie sčasti prislúcha štádiu MIC 7e, resp. interglaciálu Riss 1/2. Nevytriedené fluviálne sedimenty boli rozplavované a redeponované najmä proglaciálnymi vodami pritekajúcimi od Veľkého domu koncom glaciálu Riss 2 až začiatkom interglaciálu Riss/Würm (Eemien).



Akumuláciu žulových okruhliakov so štrkom v Mramorovom riečisku, uloženú na terasovitom záreze (vývojová úroveň IIb; obr. 3), pokrýva sintrová kôra stará 102-tisíc až 89-tisíc rokov (Hercman et al. 2000, 2006). Depozícia tejto alochtónnej nevytriedenej akumulácie prislúcha štádiám MIC 5c a 5b, resp. interglaciálu Riss/Würm. Najmä počas interštadiálu Würm 1/Würm 2 sa akumulácia ďalej rozplavila až po vtedajšiu skalnú podlahu chodby (terajší terasovitý zárez II. vývojovej úrovne), ktorá sa neskôr prehĺbila do súčasnej podoby (I. vývojovej úrovne).

Obr. 3. Nevytriedené fluviálne sedimenty na skalnej terase v západnej časti Mramorového riečiska, Demänovská jaskyňa slobody.

Foto: P. Bella

Transport sedimentov ponorovými chodbami klesajúcimi na jaskynné úrovne – hydrografický vzťah s vývojom priľahlej časti doliny

Nevytriedenosť týchto sedimentov svedčí o ich náhlom transporte do jaskyne z povrchu cez dostatočne veľké, resp. priepustné ponorové klesajúce chodby, najmä prívalovými vodami. Imbrikácia okruhliakov poukazuje na smer ich transportu bočnými ponorovými chodbami až na priľahlé, nižšie situované časti jaskynných úrovní. V súčasnosti sú tieto prítokové chodby alebo ich úseky zväčša úplne vyplnené alochtónnymi sedimentmi. Ich otvory na povrchu sú navyše zavalené v dôsledku mladšej svahovej modelácie. Na základe predpokladanej výškovej pozície prislúchajúcich ponorov možno určiť polohu vtedajšieho dna doliny.

Južnú časť Hlinenej chodby nevytriedené fluviálne sedimenty vyplnili až takmer po jej strop v čase, keď dno priľahlej časti doliny bolo zahĺbené nižšie ako podlaha príslušnej jaskynnej úrovne. Do jaskyne sa takéto množstvo sedimentov dostalo pravdepodobne cez bývalú ponorovú klesajúcu chodbu, ktorej ústie, úplne vyplnené stmelenými alochtónnymi sedimentmi, je v strope nad odbočkou Hlinenej chodby z Mramorového riečiska (krátky úsek tejto chodby vedúcej k povrchu je známy za protíahlou stranou Mramorového riečiska). Tá predstavuje šikmú chodbu predisponovanú sklonom vápencových vrstiev na severovýchod, na povrch ústiacu vo svahu nad Objavným ponorom (jej otvor je v súčasnosti zavalený). Agradračným navýšením povrchového riečiska na dne doliny (uložením naplavených sedimentov) mohla voda opätovne vtekať do tejto staršej ponorovej chodby (otvorenej, dostatočne priepustnej), ktorá bola po zahĺbení doliny už vo visutej polohe.

V Mramorovom riečisku sa nevytriedené, náhle uložené alochtónne fluviálne sedimenty nachádzajú iba na spomenutom terasovitom záreze (v úseku medzi Veľkým dómom a odbočkou do Hlinenej chodby takéto sedimenty chýbajú). Do tejto časti jaskyne sa pravdepodobne dostali takisto bývalou ponorovou chodbou (v súčasnosti úplne vyplnenou sedimentmi), ktorá ústi v strope nad odbočkou Hlinenej chodby z Mramorového riečiska.

Žulové okruhliaky, ktoré so štrkom tvoria spodnú časť profilu v Žulovej chodbe, sa z povrchu transportovali cez bočnú ponorovú chodbu klesajúcu z dolinky Točište. Na základe imbrikácie týchto okruhliakov sa predpokladá prúdenie bývalého vodného toku smerom do hornej časti Prízemia.

V porovnaní s dnešnými ponormi sa veľké žulové okruhliaky do podzemných riečisk dostali oveľa „voľnejšími“ ponormi. Pokorný (1949) predpokladá, že štrkový materiál v dnešnom podzemnom riečisku je redeponovaný zo starších štrkových náplav uložených v jaskynných priestoroch.

Záver

Analogické prípady výskytu a transportu pleistocénnych nevytriedených fluviálnych uložením sú aj v niektorých ďalších častiach Demänovského jaskynného systému, najmä v jeho ponorovej zóne (Pustá jaskyňa, jaskyňa Štefanová – obr. 4). Nevytriedené fluviálne, resp. glacifluviálne sedimenty sa do niektorých častí Demänovských jaskýň dostali prívalovými vodami cez bývalé ponorové klesajúce chodby. V čase vytvárania najvýraznejšej jaskynnej úrovne, ktorá vedie z Demänovskej ľadovej jaskyne cez Demänovskú jaskyň mieru až do Demänovskej jaskyne slobody (IV. vývojová úroveň podľa Droppu 1966, 1972), do horných častí Prízemia pritekali vody z bočnej ponorovej chodby klesajúcej z priestoru terajšej dolinky Točište.



Obr. 4. Nevytriedená fluviálna akumulácia v klesajúcej ponorovej chodbe jaskyne Štefanová.
Foto: P. Bella

Na niektorých miestach sa nevytriedené alochtónne fluviálne sedimenty transportovali cez staršie ponorové chodby, ktoré po zahĺbení doliny boli vo visutej polohe na svahu a opätovne sa aktivovali po agradačnom navýšení povrchového riečiska (niekoľko metrov, prípadne aj viac ako 10 m) do úrovne ich otvorov na povrch. Počas pleistocénneho vývoja krasovej časti Demänovskej doliny sa v závislosti od zmien fluviálnych procesov v glaciáloch a interglaciáloch striedali fázy zahľbovania a agradácie jej riečiska, s čím súviseli i zmeny krasovej hydrografie. V súčasnosti súvislá akumulčná niva je iba v severnej časti doliny, poniže ústia dolinky Vyvieranie.

V ponorovej zóne alogénneho stredohorského krasu možno fázy vývoja prielomovej doliny rekonštruovať na základe výškovej pozície otvorov bývalých ponorových chodieb klesajúcich na jaskynné úrovne, datovania sedimentov vzťahujúcich sa na hydrografický vývoj týchto chodieb i geochronológie prislúchajúcich jaskynných úrovní.

Literatúra

- BELLA, P. 1993: Poznámky ku genéze Demänovského jaskynného systému. *Slovenský kras*, 31, 43-53.
- BELLA, P. 1996a: K problematike genézy depresných častí Demänovskej jaskyne slobody a príľahlých ponorných jaskýň v Demänovskej doline. In Lalkovič, M. ed. *Kras a jaskyne – výskum, využívanie a ochrana, zborník referátov z vedeckej konferencie* (Liptovský Mikuláš, 10. – 11. 10. 1995). Liptovský Mikuláš, 103-109.
- BELLA, P. 1996b: Geomorfologický význam a problémy genézy Demänovskej jaskyne slobody. In Bella, P. ed. *Sprístupnené jaskyne – výskum, ochrana a využívanie. Zborník referátov z odborného seminára* (Medzev, 18. – 20. septembra 1996). Liptovský Mikuláš, 46-52.

- BELLA, P. 2000: Genetické typy jaskynných priestorov v Demänovskej doline. In Lacika, J. ed. *Zborník referátov z 1. konferencie Asociácie slovenských geomorfológov pri SAV* (Liptovský Ján, 21. – 23. 9. 2000). Bratislava, 8-20.
- BELLA, P., HERCMAN, H., GRADZIŃSKI, M., PRUNER, P., KADLEC, J., BOSÁK, P., GŁAZEK, J., GAŚIOROWSKI, M., NOWICKI, T. 2011: *Geochronológia jaskynných úrovní v Demänovskej doline, Nízke Tatry*. Aragonit, 16(1-2), 64-68.
- BELLA, P., HOLÚBEK, P. 1996: Jaskyňa Štefanová č. 1 v Demänovskej doline. *Slovenský kras*, 34, 91-99.
- COHEN, K. M., GIBBARD, P. 2011: *Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years*. Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy), Cambridge, England.
- DROPPA, A. 1957: *Demänovské jaskyne*. Vydavateľstvo SAV (Bratislava), s. 289.
- DROPPA, A. 1966: The correlation of some horizontal caves with river terraces. *Studies in Speleology*, 1, 186-192.
- DROPPA, A. 1972: Geomorfologické pomery Demänovskej doliny. *Slovenský kras*, 10, 9-46.
- FORD, D. C. 1977: Genetic Classification of Solution Cave System. In Ford, T. D. ed. *Proceeding of the 7th International Congress of Speleology*. Sheffield, 189-192.
- FORD, D. C. 2000: Speleogenesis Under Unconfined Settings. In Klimchouk, A. B., Ford, D. C., Palmer, A. N., Dreybrodt, W. eds. *Speleogenesis. Evolution of Karst Aquifers*. National Speleological Society, (Huntsville, Alabama, USA), 319-324.
- HERCMAN, H., BELLA, P., GŁAZEK, J., GRADZIŃSKI, M., NOWICKI, T. 2000: Rádioizotopové datovanie sintrov z Demänovskej jaskyne slobody. In Bella, P. ed. *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 2, zborník referátov z vedeckej konferencie* (Demänovská Dolina, 16. – 19. 11. 1999). Liptovský Mikuláš, 26-35.
- HERCMAN, H., BELLA, P., GRADZIŃSKI, M., GŁAZEK, J., NOWICKI, T., SUJKA, G. 2006: Prehľad výsledkov rádioizotopového datovania sintrov z Demänovského jaskynného systému v rokoch 1995 – 2005. In Bella, P. ed. *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 5, zborník referátov z vedeckej konferencie* (Demänovská Dolina, 26. – 29. 9. 2005). Liptovský Mikuláš, 21–36.
- HOCHMUTH, Z. 1996: Zóna Objavného ponoru v Demänovskej jaskyni slobody. In Lalkovič, M. ed. *Kras a jaskyne – výskum, využívanie a ochrana, zborník referátov z vedeckej konferencie* (Liptovský Mikuláš, 10. – 11. 10. 1995). Liptovský Mikuláš, 117-122.
- HOCHMUTH, Z. 1997: Vzťah hladiny podzemných riečísk k pozdĺžnemu profilu dolín v alogénnom krase na príklade Jánskej a Demänovskej doliny. *Prírodné vedy*, 28, 103-121.
- KADLEC, J., PRUNER, P., HERCMAN, H., SCHNABL, P., ŠLECHTA, S. 2004: Magnetostratigrafie sedimentů zachovaných v jaskyních Nízkých Tater. In Bella, P. ed. *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 4, zborník referátov z vedeckej konferencie* (Tále, 5. – 8. 10. 2003). Lipt. Mikuláš, 15-19.
- KOJDOVÁ, M., SLIVA, E. 2005: Sedimentologická charakteristika vybraných profilov Demänovskej jaskyne slobody. *Slovenský kras*, 43, 129-144.
- LAURITZEN, S.-E., LAURITSEN, A. 1995: Differential diagnosis of paragenetic and vadose canyons. *Cave and Karst Science*, 21(2), 55-59.
- LOUČEK, D., MICHOVSKÁ, J., TREFNÁ, E. 1960: Zalednění Nízkých Tater. *Sborník Československé společnosti zeměpisné*, 65, 326-352.
- MÉRYOVÁ, E. a kol. 1990: Mezozoikum severozápadných svahov Nízkých Tatier. *Závěrečná správa z vyhladávacieho hydrogeologického prieskumu s ocenením zásob ku dňu 31. 10. 1987*. IGHP, š. p. (Žilina).
- POKORNÝ, M. 1949: Vývoj najmladších prostor jeskyň Demänovských. *Časopis Moravského musea v Brně*, 34, 49-65.
- PRUNER, P., BOSÁK, P., KADLEC, J., VENHODOVÁ, D., BELLA, P. 2000: Paleomagnetický výskum sedimentárných výplní vybraných jeskyní na Slovensku. In Bella, P. ed. *Výskum, využívanie a ochrana jaskýň, 2, zborník referátov z vedeckej konferencie* (Demänovská Dolina, 16. – 19. 11. 1999). Liptovský Mikuláš, 13-25.
- PSOTKA, J., JANOČKO, J., BELLA, P. 2006: Hlinená chodba Demänovskej jaskyne slobody – predbežné výsledky geomorfologického a sedimentologického výskumu. In Bella, P. ed. *Výskum využívanie a ochrana jaskýň, 5, zborník referátov z vedeckej konferencie* (Demänovská Dolina, 26. – 29. 9. 2005). Liptovský Mikuláš, 47-55.

TRATMAN, E. K. 1957: A nameless stream: Suggested new term. *Cave Research Group Newsletter*, 6, 68-69.

VITÁSEK, F. 1923: Studie pleistocaenu v údolí Demänovky. *Sborník Státního geologického ústavu Československé republiky*, 2 (roč. 1921–1922), Praha, 157-171.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0625-11.

Inflow Drawdown Passages and Unsorted Fluvial Sediments in Caves of the Ponor Zone of Middle-Mountain Allogenic Karst: A Case Study from the Demänová Cave of Liberty (Demänová Valley, Nízke Tatry Mts., Slovakia)

Pavel BELLA

Summary: *The karst of the Demänová Valley on the northern slope of Nízke Tatry Mts. (Northern Slovakia) presents a contact dissected karst of monoclinical crests and ridges in the middle-mountain positions of the Western Carpathians Mts. The Demänová cave system (longer than 35 km) on the right side of the valley was formed in Middle Triassic Gutenstein limestones of the Krížna Nappe, mainly by sinking allochthonous streams. The development of cave levels is correlated with the development of river terraces on the surface in the north part of the valley and the adjacent part of the Liptov Basin (Droppa 1966, 1972). Within the contact zone of non-karst and karst area in the Demänová Valley, inflow drawdown inclined or cascaded vadose passages (and paraphreatic tubes controlled mainly by inclined bedding-planes of limestone) lead from swallets or invasion swallets to lower levelled passages in consequence of vertical hydraulic gradient among several water inputs to the karst aquifer and the underground water table (Bella 1996a, 2000; drawdown vadose passages or invasion vadose passages according to Ford 1977, 2000). Allochthonous unsorted fluvial sediments, composed of granite larger boulders and gravels, occur in several cave passages in the ponor zone of the cave system. From the surface, these sediments were transported through inflow drawdown passages into the adjacent parts of levelled passages, mainly during floods caused by proglacial waters (probably also through older opened ponors on the lower part of slopes reactivated during fluvial aggradations of the valley bottom). Based on U-series dating and paleomagnetism research of overlying sediments, these basal unsorted fluvial (removed glacialfluvial) sediments were deposited into the cave during the Middle and Late Pleistocene. The glacialfluvial sediments in the karst of the Demänová Valley were redeponed from terminal and recessional moraines deposited during several glaciations (Würm, Riss 1-2) of the upper parts of the valley formed by crystalline silicate rocks (Vitásek 1923; Louček et al. 1960; Droppa 1972).*

Adresa autora:

doc. RNDr. Pavel Bella, PhD.

Katedra geografie, Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita

Námestie Andreja Hlinku 56/1, 034 01 Ružomberok

Pavel.Bella@ku.sk

Štátna ochrana prírody SR, Správa slovenských jaskýň

Odbor výskumu a ochrany jaskýň

Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš

bella@ssj.sk