

GEOLOGICKÉ, GEOMORFOLOGICKÉ A GEOEKOLOGICKÉ ZNAKY ZRÚTENÝCH A DENUDOVANÝCH JASKÝŇ NA POVRCHU KRASOVEJ KRAJINY

PAVEL BELLA*

Pavel Bella: Geological, geomorphological and geoecological features of collapsed and denuded caves on the surface of karst landscape. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 7, 2007, 1, 7 Figs., 48 Refs.

Denuded cave fragments present remarkable natural phenomena on the surface of karst areas. They are very important paleokarst or fossil karst features for the reconstruction and timing of the development of caves and karst surface morphology. The term „unroofed caves“ or „roofless caves“ was introduced and specified in the karstological literature during the half of nineties of the last century by Slovenian karst researchers (MIHEVC 1996, MIHEVC and ZUPAN HAJNA 1996, SLABE 1997, MIHEVC et al. 1998, KNEZ and SLABE 1999, 2001, 2005, ŠUŠTERŠIČ 2000 and others). Originally the term is related to geological and geomorphological phenomena of denuded caves or their parts resulted by lowering of karst surface, partially transformed by surface natural processes. But this strict sence of the term is refered only to surface denudation processes of cave uncovering and destruction without collapsed variants of cave un-roofing caused by underground karstification (KLIMCHOUK 2006). From this reasons two basic genetic categories related to denuded and collapsed „unroofed caves“ are emphasized. „Unroofed caves“ are also the suitable example of geoecological invariant transformation of cave geosystems into karst landscape systems (BELLA 2005). From the geological, geomorphological and geoecological point of view terminological problems of using of this term are discussed in the paper. Postcave phenomena extensively uncovered on the surface are not stringently caves defined as underground karst phenomena, but they are considered as surface landforms or another postcave features in the karst landscape. „Unroofed caves“ are characterized as (1) postcave sedimentary formations or their remains preserved on the karst surface, (2) postcave surface depressions (empty or partially filled by cave sediments) in the surface morphology of karst areas, and (3) postcave geosystems in the karst landscape transformed on its surface by successive changes caused by surface natural processes after a denudation of overlying rocks or collapse of cave ceilings.

Key words: karstology, karst denudation, unroofed caves, unroofed shaft, karstologic terminology, postcave sedimentary formation, postcave surface depression, postcave landscape system, invariant change of cave geosystem

1 ÚVOD

Na povrchu mnohých krasových území sa miestami vyskytujú viac či menej zachované fragmenty alebo rozličné morfológické a sedimentologické znaky bývalých jaskýň, ktoré postupným vývojom krasu podliehali deštruktívnym procesom smerujúcim k zániku podzemných priestorov a ich invariantnej transformácii do priestorovej štruktúry povrchovej krajiny. Zväčša ide o

pozdĺžne povrchové depresie „kopírujúce“ bývalé jaskynné chodby po zrútení ich stropov alebo zdenudovaní nadložných hornín, postjaskynné vyhlbeniny úplne vyplnené jaskynnými sedimentmi alebo iba o sporadické zvyšky jaskynných sedimentov.

V klasických karsologických monografiách a mnohých štúdiách sa charakterizujú postupné štádiá vývoja krasu, ktoré nakoniec v závislosti od intenzity a stup-

*Správa slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš alebo Katedra geografie, Pedagogická fakulta KU, Námestie Andreja Hlinku 56/1, 031 04 Ružomberok, e-mail: bella@sj.sk

ňa skrasovatenia vedú k zániku jaskýň, najmä deštrukčným rútením ich stropov. V poslednom desaťročí sa do značnej pozornosti dostali tzv. „bezstropné jaskyne“, ktoré sa odkryli zemnými prácami pri stavbe diaľnice cez planinu Kras v juhozápadnom Slovinsku. Výsledky výskumu týchto fragmentov bývalých jaskýň, ktorý zabezpečoval Inštitút pre výskum krasu ZRC SAZU v Postojnej, svedčia o ich odkrytí na povrch zdenudovaním terénu krasu až po úroveň skalných stropov jaskynných chodieb. Tieto boli zväčša takmer úplne vyplnené sedimentmi, najmä alochtónnymi naplaveninami.

Cieľom predloženého príspevku je poukázať na geologické, geomorfologické a geoekologické hľadiská a prístupy skúmania viac alebo menej zdenudovaných jaskýň vo vzťahu k ich zakomponovaniu do povrchovej morfológie a krajinej štruktúry krasových území. Týmto rozdielnym prístupom musí zodpovedať aj odborná terminológia na označenie príslušných postjaskynných prírodných javov dokladujúcich „bezstropné jaskyne“, najmä vo vzťahu k spôsobu ich deštrukcie či denudácie.

2 ZÁKLADNÝ PREHĽAD POZNATKOV

A NÁČRT PROBLEMATIKY

Vzhľadom na spôsob deštrukcie až zániku jaskýň sa rozlišujú postjaskynné depresie vznikajúce prepadávaním stropov v pokročilom štádiu krasovatenia s otváraním sa jaskýň na povrchu odspodu nahor, ale aj denudáciou a znižovaním krasového terénu a horninového nadložia odvrchu nadol až do úrovne jaskynných skalných stropov, resp. stien chodieb. Ak sú jaskyne pred ich odhalením na povrch krasu úplne vyplnené alochtónnymi sedimentmi, rútenie je viacmenej zablokované jaskynnou výplňou.

Postupná deštrukcia až úplný zánik jaskýň odspodu nahor sa uskutočňuje v senilnom štádiu ich vývoja, keď nastáva rútenie skalných stropov oslabených podzemným krasovatením. Najskôr vznikajú povalo- vé diery a priepasti typu „light holes“ či väčšie rútené závrty (**obr. 1 a 2**). Tieto sa neskôr ďalším rútením po stranách, ako aj následnou deštrukciou skalných stien svahovými a inými exogénnymi procesmi dotvárajú do podoby pozdĺžnych postjaskynných depresí (**obr. 3**). Vo vzťahu ku genéze priepastí typu „light hole“ sú pozoruhodné rozsiahle kolapsové depresie tzv. tiankengs, ktoré sa vytvorili mohutným rútením skalných stropov nad rozsiahlymi jaskynnými domami; veľké množstvo zrútených blokov a sutiny z ich podláh odstraňujú väčšie podzemné rieky (ZHU 2001, ZHU a CHEN 2006, ZHU a WALTHAM 2006).

Denudácia jaskýň odvrchu nadol nastáva pri planácii alebo znižovaní krasového georeliéfu, rozčleňovaní zarovnaného povrchu planín alebo iných povrchových foriem georeliéfu. Následkom pokročilej až takmer úplnej denudácie jaskýň sa na povrchu krasu miestami zachovali iba fragmenty alebo morfológicko-sedimentologické znaky bývalých jaskýň zakomponované do súčasného povrchového terénu (**obr. 4 a 5**).



Obr. 1 Rútením deštruovaný strop jaskyne Devil's Coach House, Jenolan Caves, Austrália. Foto: P. Bella



Obr. 2 Rútená priepasť Macocha s úsypiskovým kuželom a chladnomilnou vegetáciou, Moravský kras, Česká republika. Foto: P. Bella



Obr. 3 Bezstropná časť jaskyne Shisha-no-tani na ostrove Okinawa, Japonsko. Foto: P. Bella

Viaceré takéto postjaskynné javy na povrchu krasu sa od polovice 90. rokov minulého storočia detailne preskúmali v Slovinsku, keď sa zistili úpravou terénu počas stavby diaľnice cez planinu Kras. V slovinskej karsologickej literatúre sa začali označovať ako „bezstropné jaskyne“ (angl. *unroofed cave*, *roofless cave*) alebo „denudované jaskyne“ (angl. *denuded caves*). Tvoria pozdĺžne depresie čiastočne alebo úplne vyplnené alochtónnymi sedimentmi a zvyškami zvetraných sintrových nátekov (MIHEVC et al. 1998, KNEZ a SLABE 1999, 2001 a 2005, MIHEVC 2001 a iní).

Niektoré, hoci značne denudované postjaskynné javy možno miestami zistiť aj priamym pozorovaním bez ich odhalenia pri väčších zásahoch do terénu, napr. pri jeho planírovaní alebo odkopávaní zárezov pri stavebných prácach. Na skrasovatenom povrchu oblasti Laški Ravník východne od Planinského polja v Slovinsku sa identifikovali denudované a exhumované hlbokofreatické jaskynné formy, ktoré predstavujú kanály úplne vyplnené sedimentmi i kanály vyprázdnené od sedimentov. Tieto obsahujú akumulácie jaskynných ílov, konglomerátov a sinrových výplní, ako aj alochtónne naplaveniny z povodia rieky Cerkniščica (ŠUŠTERŠIČ 1998 a 2007, GERŠL et al. 1999). V alpínskych oblastiach je vo vzťahu ku genéze „bezstropných jaskýň“ významnejšia povrchová glaciálna erózia ako chemická denudácia (MAIS 1999, KLIMCHOUK et al. 2006).

Tzv. „bezstropné jaskyne“ sú dôležitým elementom krasového povrchu a epikrasovej zóny, čiastočne alebo výrazne transformovaným povrchovými procesmi. Predstavujú jednoduché chodby i rozsiahlejšie jaskynné siete odhalené na horizontálnom alebo šikmom krasovom georeliéfe. Zväčša sú vyplnené sintrami a alochtónnymi fluviálnymi sedimentmi, ktoré sa usadili v jaskynnom prostredí. Termínom „bezstropné jaskyne“ sa však začali označovať iba staré jaskyne prázdne alebo vyplnené sedimentmi, ktoré sa na povrch od-



Obr. 4 Mohutný stalagmit zachovaný v postjaskynnej depresii na planine Kras, Slovinsko. Foto: P. Bella



Obr. 5 Pozdĺžna postjaskynná depresia na planine Kras, Slovinsko. Foto: P. Bella

kryli v dôsledku zníženia krasového georeliéfu (MIHEVC et al. 1998, KNEZ a SLABE 1999, 2001 a 2005).

MIHEVC et al. (1998) rozlišujú tri genetické typy znakov povrchového georeliéfu, ktoré vznikli zdenudovaním hornín nad jaskyňami: bezstropné jaskyne, série závrtovej nad rozsiahlymi jaskynnými chodbami a individuálne závrty vytvorené denudáciou vadóznych alebo freatických šácht. Takto úzko chápané „bezstropné jaskyne“ sú iba jedným z viacerých postjaskynných javov na povrchu krasových území. Ako morfológické i sedimentologické prejavy „bezstropných jaskýň“ KNEZ a SLABE (1999 a 2001) charakterizujú oválne depresie a závrtové formy na plochom alebo šikmom teréne, série závrtovej a zachované pásy sintrov.

Z uvedených poznatkov a názorov vyplývajú terminologické problémy týkajúce sa potreby posúdenia správnosti používania termínu „bezstropná jaskyňa“, ako aj zavedenie jeho ekvivalentov vhodných na označenie postjaskynných javov, ktoré v súčasnosti už za jaskyne nemožno považovať:

a) „Bezstropné jaskyne“ ako fragmenty alebo dokonca iba morfológické a sedimentologické znaky bývalých jaskýň nie sú z hľadiska ich terajšej morfológie a modifikácie pôsobením procesov typických pre povrchovú krajinu v podstate jaskyňami – podzemnými krasovými javmi.

b) Vo vzťahu k rozdielnym procesom deštrukcie jaskýň treba uvádzať dva základné genetické varianty – jaskyne deštruované rútením skalných stropov následkom podzemného krasovatenia a jaskyne alebo časti jaskýň oddenudované počas planácie alebo erózneho zahľbovania terénu krasového územia nad jaskyňami. V niektorých prípadoch môže ísť aj o kombináciu oboch uvedených procesov.

c) Keďže postjaskynné javy sa pozorujú ako (1) geologické útvary viažuce sa na zvyšky sedimentov bez výraznejších morfológických prejavov v povrchovej morfológii územia, (2) geomorfologické javy predstavujúce oválne a najmä pozdĺžne depresné formy v povrchovej morfológii územia alebo (3) špecifické geoekologické jednotky v priestorovej štruktúre krasovej krajiny, týmto skutočnostiam musí zodpovedať aj príslušná terminológia.

3 „BEZSTROPNÉ JASKYNE“ – POSTJASKYNNÉ POVRCHOVÉ JAVY V KRASE

V posledných rokoch pomerne často používaným termínom „bezstropné jaskyne“ sa neoznačujú jaskyne v pravom slova zmysle, t. j. podzemné priestory nachádzajúce pod zemským povrchom, ale postjaskynné



Obr. 6 Hranica medzi podzemnými a povrchovými krajinnými systémami, vchod jaskyne Vilenica, Slovinsko.
Foto: P. Bella

depresie viac či menej vyplnené jaskynnými sedimentmi ako zvyšky bývalých jaskýň nachádzajúce sa na povrchu krasových území. „Bezstropné jaskyne“ sa vytvorili deštrukciou skalných stropov, resp. nadložných hornín z pôvodných jaskýň a v terajšej podobe sa považujú za jeden z typických znakov povrchu krasových území, t. j. pôvodné jaskyne sa zmenili na povrchové depresie (MIHEVC 1996, MIHEVC a ZUPAN HAJNA 1996, MIHEVC et al. 1998, KNEZ a SLABE 1999, 2001 a 2005, ŠUŠTERŠIČ 2000, 2007 a iní).

Základné rozlišovanie jaskýň a „bezstropných jaskýň“ ako geomorfologických javov spočíva v určení hranice medzi povrchovými a podzemnými formami georeliéfu. Keďže georeliéf patrí medzi hlavné diferenciálne faktory v krajine, hranicu medzi podzemnými a povrchovými geomorfologickými formami určujú aktuálne rozdielne podmienky a faktory pôsobenia geomorfologických a iných prírodných procesov v podzemných priestoroch a na povrchu územia, t. j. v jaskynnom a „nejaskynnom“ prostredí. Hranica jaskyne v jej otvore na povrch sa určuje na báze diskontinuity geografickej sféry vyplývajúcej z rozdielných prírodných pomerov a procesov na povrchu a v podzemí (BELLA 1989).

Skalné formy ohraničujúce podzemné priestory, ktoré sa vytvárajú v nadväznosti na litologické a štruktúrne-tektonické pomery, ako aj na povrchové formy georeliéfu usmerňujúce vnikanie i odtok vody

z krasových hydrogeologických štruktúr, podmieňujú špecifické fyziognomické črty, priestorovú organizáciu i prírodné procesy v podzemnom priestore ako samostatnom geosystéme (MARUAŠVILI 1971, GVOZDEKLIJ 1972 a 1979, ČIKIŠEV, 1973 a 1987, GERGEDAVA 1983, BELLA 1998 a 1999), resp. ako podzemnej časti geosystému krasovej krajiny (JAKÁL 1986, ANDREJČUK a VOROPAJ 1993). Okrem absencie pedogenetických procesov a fotosyntézy sú jaskynné geosystémy charakteristické osobitnými znakmi tvarov podzemných dutín, rozličných foriem sintrovej a inej výplne, prúdením a chemizmom vody, zložením a prúdením jaskynného ovzdušia či výrazne odlišným zložením a fyziognómiou jaskynnej fauny. Chod fyzikálnych a chemických variabilných charakteristík viacerých komponentov sa s uzavretosťou podzemných dutín v jaskyniach vyrovnáva. V podzemných priestoroch sa nevyskytuje pôdna pokrývka (GERGEDAVA 1983), iba splavené pôdne sedimenty.

Za hlavné indikačné znaky na rozlíšenie podzemných geosystémov od povrchovej krajiny sa považuje plošné pôsobenie atmosférických vôd a priamy vplyv slnečnej radiácie, ktoré za určitých prírodných podmienok musia pri tvorbe pôdy navzájom interagovať s viacerými ďalšími pôdotvornými faktormi. V závislosti od rozmerov vchodov jaskýň sa pozorujú prechodné „ekotónové“ i ostrejšie hranice medzi jaskynnými a povrchovými geosystémami (**obr. 6**). Čím sú rozмеры

vchodu menšie, tým je táto hranica ostrejšia (BELLÁ 1989).

Prejavy postupnej transformácie jaskynných geosystémov na povrchové krajinné systémy (penikanie slnečného svetla, priamy dopad atmosférických zrážok, zväčšenie amplitúd klimatických zmien, nástup alebo zintenzívnenie mrazového zvetrávania, postupný rast vegetácie, nástup pedogenetických procesov a pod.) s cieľom dosiahnuť ekvifinálny, resp. rovnovážny stav v nadväznosti na prírodné podmienky panujúce na povrchu krajiny sa pozorujú v mnohých „bezstropných jaskyniach“ (obr. 2, 3 a 4).

4 ZÁKLADNÉ VARIANTY DEŠTRUKCIE SKALNÝCH STROPOV JASKÝŇ

Podľa spôsobu vzniku treba rozlišovať postjaskynné depresie vytvorené zrútením alebo denudáciou skalných stropov jaskýň. Termínom „bezstropná jaskyňa“, ktorý zaviedol MIHEVC (1996), sa pôvodne označovali iba postjaskynné jaskyne vytvorené denudáciou, resp. znížením povrchu krasu až do úrovne bývalých jaskýň. Avšak aj depresie vytvorené rútením jaskynných stropov predstavujú „bezstropné jaskyne“, resp. postjaskynné depresie. Na hlavný vplyv deštrukcie jaskynných stropov (angl. *un-roofing*) rútením pri vzniku „bezstropných jaskýň“, resp. rozsiahlych oválnych depresí, kaňonov i dolín, najmä v tropickom kužeľovitom a vežovitom krase, upozorňuje KLIMCHOUK (2006).

JASKYNE DEŠTRUOVANÉ RÚTENÍM SKALNÝCH STROPOV

Ich morfológia zodpovedá rúteniu tektonicky narušených a krasovatených jaskynných stropov (priepasti typu „light hole“, tiankengs, pozdĺžne postjaskynné depresie s okrajovými skalnými stenami). Dôvodom rútenia je výrazné oslabenie stability horninového nadložia podpovrchovým krasovatením, ktoré sa prejavuje intenzívnym vývojom podzemných priestorov. Po stranách takýchto postjaskynných depresí sú kopy a polia zrútených balvanov, úsypiská alebo kužeľ materiálu zosypaného alebo naplaveného z povrchu (obr. 2 a 3).

JASKYNE DEŠTRUOVANÉ DENUDÁCIOU SKALNÝCH STROPOV

Na povrch krasu sa odkryli nadol postupujúcou denudáciou terénu. Zväčša bývajú takmer úplne vyplnené alochtónnymi sedimentmi (MIHEVC 2007). Väčšinou však obsahujú aj staré sintrové výplne (obr. 4). Vo vzťahu k morfológii terénu, výskytu okolitých povrchových i podzemných krasových javov, ako aj výskytom ucelených sedimentárnych formácií či nevyplavených zvyškov jaskynných sedimentov sú mimoriadne významnými lokalitami, umožňujúcimi rekonštrukciu vývoja krasu

a jaskýň. Postupným zmenšovaním hrúbky horninového nadložia jaskýň denudáciou krasového terénu sa znižuje stabilita skalných stropov, ktoré nakoniec, najmä ak podzemné priestory nie sú úplne vyplnené kompaktnými sedimentmi, zanikajú rútením.

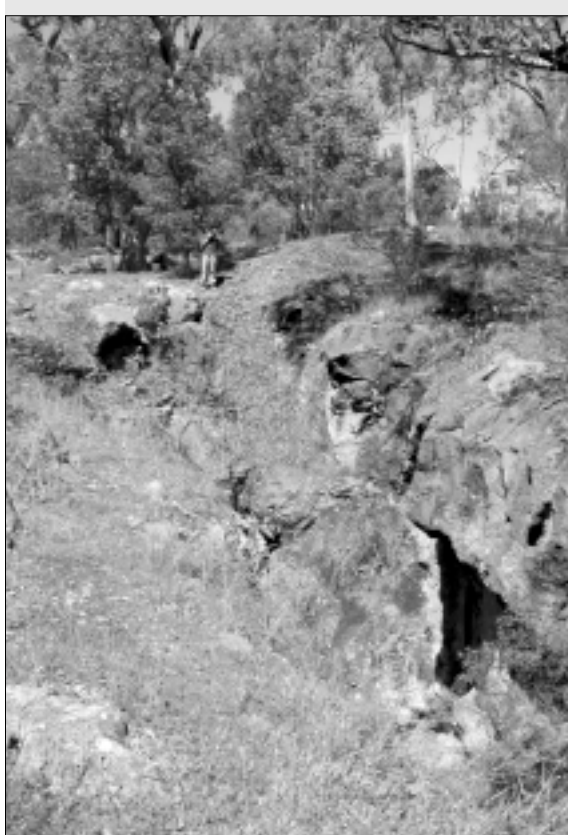
5 ROZLIČNÉ PODOBY POSTJASKYNNÝCH JAVOV V KRASE

POSTJASKYNNÉ SÚVRSTVIA SEDIMENTOV ZACHOVANÉ NA POVRCHU KRASOVÝCH ÚZEMÍ

Predstavujú prevažne pozdĺžne depresie úplne vyplnené jaskynnými sedimentmi, ktoré sa odkryli na povrch následkom jeho zníženia denudáciou alebo antropogénne pri zemných prácach zasahujúcich do terénu. V mnohých prípadoch, napr. na planine Kras v Slovinsku ide o fragmenty denudovaných fosílnych jaskýň so zachovanými alochtónnymi nekarbonátovými štrkami, pieskami či ílovitými sedimentmi (MIHEVC 1996, MIHEVC a ZUPAN HAJNA 1996). Na skalných stenách pokrytých sedimentmi sa miestami pozorujú aj rozličné vyhlbeniny, ktoré sa vytvorili v čase korózne alebo korózo-erózne modelácie jaskynných chodieb. Na skalnej stene postjaskynnej depresie v lome Črnotiče v Podgorskom krase v juhozápadnom Slovinsku sa zachovali korózne lastúrovité jamky (*scallops*) vymodelované turbulentne prúdiacou vodou (MIHEVC 2006). Ak sú „bezstropné jaskyne“ úplne vyplnené sedimentmi, na povrchu terénu nevytvárajú depresné formy, alebo tvarom inak nezasahujú do morfológie územia. V takýchto prípadoch ich nemožno považovať za osobitné morfológické tvary terénu.

„Bezstropnou jaskyňou“ v krasovom reliéfe Ještědského chrbta v Českej republike sa označujú obnažené sintrové kôry so zvyškami brekcií, ktoré sú na báze tmelené karbonátom. Následkom väčšej odolnosti voči zvetrávaniu sa v teréne morfológicky prejavujú ako pozitívne tvary georeliéfu (JURKOVÁ 2007).

Výskum sedimentov denudovaných jaskýň umožňuje spoznať jednotlivé časti pôvodného jaskynného systému s rozdielnou akumuláciou sedimentov, ich vyplavovaním alebo resedimentáciou, ako aj rozdielne oblasti, z ktorých sa sedimenty transportovali do jaskynných priestorov (ŠUŠTERŠIČ 2007). Ak sú takéto postjaskynné sedimenty odhalené na povrchu krasovej planiny, sú staršie ako proces zarovňavania planiny, počas ktorého sa denudovali jaskynné skalné stropy s horninovým nadloží. Preto dôležitou súčasťou ich výskumu je datovanie sedimentov, ktoré umožní určiť ich absolútny vek na vymedzenie akumulčných fáz v rámci vývoja podzemného krasu a presnejšie poukázať na časové obdobie mladšej denudácie horninového nadložia. Príkladom sú viaceré štúdie zrealizované v Slovinsku (BOSÁK et al. 1998 a 1999, ŠEBELA a SASOWSKY 2000), kde sa v sedimentoch denudovaných jaskýň našli aj fosílné zvyšky jaskynných živočíchov (MIHEVC 2000 a iní).



Obr. 7 Exhumovaná postjaskynná depresia, Wellington Caves, Austrália. Foto: P. Bella

Jedným z doteraz známych výskytov jaskynných sedimentov na povrchu krasových území na Slovensku sú zvyšky sedimentov denudovanej jaskyne, ktoré sa zachovali na chrbte Malinčiak (639 m) v najvyššie položených miestach Silickej planiny. Tvorí sintrovú výplň paleodutiny na okraji závrtnu, ktorú zistil LEŠINSKÝ (2006). GAÁL (2007) dokázal, že ide o výplň bývalej jaskynnej chodby, ktorá sa mohla vytvoriť alochtónnym vodným tokom v panóne. JAKÁL (1997) upozorňuje na výskyt úlomkov jaskynných sintrových kôr na niektorých plošinách v Strážovských vrchoch.

POSTJASKYNNÉ DEPRESNÉ FORMY V MORFOLÓGII POVRCHU KRASOVÝCH ÚZEMÍ

Z geomorfologického hľadiska ide o pôvodné podzemné krasové formy, ktoré sú po deštrukcii stropov intenzívne remodelované pôsobením prírodných procesov typických pre povrchovú krasovú krajinu (najmä klimaticky a biologicky podmienenými deštrukčnými procesmi). Nastáva premena podzemných na povrchové tvary georeliéfu. Na povrchu terénu sa prejavujú ako pozdĺžne alebo oválne depresie, ktoré sú v mladšom štádiu premeny ohraničené skalnými stenami (**obr. 3**). Postupne sa skalné steny rozrušujú a depresie sa zaplňujú materiálom zosunutým alebo splaveným z povrchu (**obr. 5**).

Viac ako 200 m zvyškov, resp. morfológických i sedimentologických dôkazov bývalých chodieb denudovanej jaskyne identifikovali v oblasti Laški Ravník asi 4 km východne od Planiského polja v Slovinsku. Medzi „falšovanými“ koróznymi závrtnami sa čiastočne zachoval jaskynný skalný strop. Izolované skalné bloky ležia na jaskynných sedimentoch. Skalné steny sú takmer úplne dezintegrované a uvoľnené skalné bloky sa zosúvajú do časti pôvodnej chodby zníženej po vyplavení sedimentov. Na nízke a široké „chodby“ nadväzujú dve „vertikálne šachty“, ktoré pravdepodobne predstavujú niekdajšie freatické „skoky“ (GERŠL et al. 1999).

V niektorých územiach sa jaskynné systémy otvorili na povrch vplyvom glaciálnej erózie v pleistocéne. Veľa krátkych jaskýň ako častí bývalých jaskynných systémov je známych na vysokohorských planinách Steinernes Meer, Hagengebirge a Tennengebirge vo výškach 2 000 až 2 300 m n. m. v Rakúsku. Tzv. „cave-ruin-niveau“ (Höhlenruinen-Niveau), resp. „cave ruin zone“ predstavujú v horizontálnom smere otvorené časti podpovrchových jaskynných systémov na planinách. V strmších častiach planín alebo v pohoriach dvíhajúcich sa z planín, ako aj na svahoch planín sa takéto jaskyne, resp. ich zvyšky odkryli vertikálnym zárezom ladovca (MAIS 1999).

Analogické príklady deštruovaných „bezstropných jaskýň“, ktoré vznikli glaciálnou disekciou pre-glaciálnych jaskýň v masíve Aladaglar v pohorí Centrálny Taurus v Turecku, opisujú KLIMCHOUK et al. (2006). Ide o glaciálnu eróziu „uťaté šachty“ na subhorizontálnych povrchoch, ako aj „bezstenové šachty“ (*unwalled shafts*) na subvertikálnych povrchoch. Glaciálna erózia, ktorá prehĺbuje i rozširuje dolinu po stranách, spôsobuje destabilizáciu svahov. Gravitačné skalné rútenia a zosuvy sú hlavnými procesmi odhaľovania a deštrukcie stien priepastí.

Niektoré „bezstropné jaskyne“ alebo ich časti, ktoré nemajú výraznejší pozdĺžny tvar, možno z hľadiska morfológie a genézy porovnávať alebo stotožňovať so zrútenými závrtnami či obrovskými kolapsovými depresiami zv. „tiankengs“ (ZHU 2001, ZHU a CHEN 2006, ZHU a WALTHAM 2006) vytvorenými následkom podzemného krasovatenia.

Na povrchu krasovej oblasti Wellington Caves (Nový Južný Wales, Austrália) sú známe postjaskynné depresie s výskytom jaskynných sedimentov, ktoré sa sčasti exhumovali následkom banskej činnosti pri ťažbe fosfátov z podložínych zasedimentovaných paleokrasových jaskýň (OSBORNE 2001, **obr. 7**).

Postjaskynné depresie na území Slovenska sa zatiaľ viac-menej spomínajú iba sporadicky. BAROŇ (2001 a 2002) na príklade speleogenézy priepastí planiny Dolný vrch v Slovenskom krase opisuje reliktné šachty, ktoré predstavujú torzá bývalých vstupných šacht hlbších priepastí a v povrchovej morfológii terénu sa prejavujú ako depresie. Vznik reliktných šacht vysvetľuje ich postupným vyplňovaním rúteným materiálom v súčinnosti s plošnou povrchovou denudáciou

terénu. Podotýka, že tieto terénne depresie sa nesprávne označovali ako prepadliská a porovnáva ich s „bezstropnými jaskyňami“. LEŠINSKÝ (2006) upozorňuje na výskyt „bezstropnej jaskyne“ na južnom svahu planiny Horný vrch v Slovenskom krase pri osade Rádvány. HIPMANOVÁ (2007) spomína torzo starej už zdenudovanej jaskyne vo Veľkej Fatre, ktoré sa nachádza na turistickom chodníku vedúcom z južného Rakytovského sedla na vrchol Rakytova (1567 m) a predstavuje výraznú depresiu so strmými skalnými stenami miestami pokrytými zvyškami zvetraných sintrových nátekov.

Postjaskynné depresie ako geomorfologické formy na povrchu krasových území zväčša obsahujú aj zvyšky jaskynných sedimentov (obr. 4). Avšak nie vždy sú nimi úplne vyplnené až po horný okraj. Preto v tvárnosti terénu morfológicky predstavujú samostatné povrchové tvary georeliéfu.

POSTJASKYNNÉ GEOSYSTÉMY NA POVRCHU

KRASOVEJ KRAJINY

Z geoekologického hľadiska transformácia jaskynných geosystémov na povrchovú krajinu predstavuje invariantnú geoekologickú zmenu, ktorú spôsobuje zrútenie skalného stropu alebo denudácia horninového nadložia s následným bezbariérovým pôsobením prírodných procesov z povrchu (BELLA 2005). Následne nastáva zákonité striedanie série sukcesných stavov dynamiky „bezstropných jaskýň“ s tendenciou dosiahnuť stav klimaxovej rovnováhy povrchovej časti krajiny.

V závislosti od dĺžky časového obdobia a intenzity pôsobenia procesov typických pre povrchovú časť krajiny „bezstropné jaskyne“ sa pozorujú v rôznych štádiách transformácie na povrchové krajinné systémy. V zrútených „bezstropných jaskyniach“, kde z povrchu preniká svetlo na vhodnejších substrátoch začína rásť a postupne sa rozrastať prvotná vegetácia, vplyv klimatických činiteľov z povrchu sa prejavuje aj na chode a intenzite geomorfologických procesov (napr. pôsobenie mrazového zvetrávania, rútenie a splavovanie zvetraného materiálu a jemných sedimentov z povrchu) i nástupe pedogenetických procesov (obr. 2 a 3). Dochádza aj k rozrušovaniu okrajových skalných stien, ktoré sú sčasti pozostatkami bývalých jaskynných stien (so zachovanými korózne či erózne modelovanými tvarmi). Zväčša však v závislosti od mocnosti horninového nadložia predstavujú trhlínové a iné odlučné plochy po rútení skalných stropov a horninového nadložia.

Dlhodobejším a zintenzívňujúcim sa pôsobením povrchových procesov sa pôvodné jaskynné geosystémy menia na povrchové krajinné systémy, ktoré potom viacmenej pripomínajú iba pozdĺžne terénne depresie s niektorými, sčasti zachovanými znakmi jaskynného prostredia (napr. so zvyškami autochtónnych alebo alochtónnych sedimentov; obr. 4 a 5). Miera zaplňovania týchto depresií materiálom z rozrušujúcich sa skalných stien a splavovaným z povrchu závisí aj od inten-

zity pôsobenia procesov podzemného krasovatenia (napr. prúdenia vodného toku popod bývalé zrútené jaskynné skalné stropy), ktoré sčasti odstraňujú napadajúci či zvrchu splavený materiál z dna, resp. podláh postjaskynných depresií.

V prípade odvrchu denudovaných „bezstropných jaskýň“ sú pôvodné morfológické tvary skalných stien i niektoré formy sintrovej výplne sčasti chránené ďalšími, prevažne alochtónnymi sedimentmi, ktoré zväčša úplne vyplňali bývalé jaskynné chodby. Ak podzemnými „cestami“ roztvárajúcimi sa intenzívnym krasovatením tieto sedimenty neubúdajú, takéto „bezstropné jaskyne“ sa na povrchu neprejavujú depresnými morfológickými tvarmi, ale najmä iným, resp. cudzorodým litologickým substrátom pre povrchové krajinné systémy. KNEZ a SLABE (1999) poukazujú, že zvyšky jaskynných sedimentov na povrchu krasovej krajiny možno miestami nájsť aj na základe odlišného vegetačného porastu vzhľadom na okolitý skalný karbonátový substrát. Na povrchu krasových planín sa alochtónne sedimenty zachovali „in situ“ najmä v denudovaných bývalých ponorných, prietokových či výverových alochtónnych „bezstropných jaskyniach“. Z ostatných častí planín boli zväčša odplavené. V závrtoch, ktoré sú mladšie ako zarovnané povrchy planín a vytvárajú sa vo vertikálnom smere krasovatenia so splavovaním materiálu dovnútra planín, sa takéto sedimenty zachovali sporadickejšie.

6 ZÁVER

Kedže „bezstropné jaskyne“ predstavujú pozdĺžne postjaskynné depresie na zemskom povrchu alebo sú dokonca úplne vyplnené sedimentmi a morfológicky nevytvárajú ani depresné formy povrchového georeliéfu, z terminologického hľadiska ich nemožno považovať za jaskyne. Terénne mapovanie rozličných znakov denudovaných jaskýň ŠUŠTERŠIČ (2007) dokonca nazýva „surface caving“ – povrchové jaskyniarstvo.

Z geologického hľadiska „bezstropné jaskyne“ predstavujú postjaskynné súvrstvia sedimentov zachované na povrchu krasových území. Z geomorfologického hľadiska ide o postjaskynné depresné formy v morfológii povrchu krasových území. Z geoekologického hľadiska sa „bezstropné jaskyne“ interpretujú ako postjaskynné geosystémy na povrchu krasovej krajiny, transformované po zrútení jaskynných stropov alebo zdenudovaní horninového nadložia.

Fragmenty bývalých jaskýň sa považujú za typické časti povrchu krasu a poskytujú množstvo dôkazov dôležitých pre rekonštrukciu genézy jaskýň a krasových území (MIHEVC et al. 1998, KNEZ a SLABE 1999, ŠUŠTERŠIČ 2007 a iní).

LITERATÚRA

ANDREJČUK, V. N., VOROPAJ, L. I. (1993). Karstovyj landsaft kak geosistema. In Andrejčuk, V. N., ed.:

- Problemy izučenia karstovych landsaftov. *Materialy jubilejnoj konferencii, posvjaščenoj 80-letiju profesora N. A. Gvozdeckogo*, Perm, 37-51.
- BAROŇ, I. (2001). Speleogeneze propastí Dolného vrchu. In Vlk, L. et al.: *Dolný vrch*. SMO PaJ, Liptovský Mikuláš, 9-15.
- BAROŇ, I. (2002). Speleogenesis along sub-vertical joints: A model of plateau karst shaft development: A case study: The Dolný vrch Plateau. *Cave and Karst Science*, 29, 1, 5-12.
- BELLA, P. (1989). Teoretické aspekty stanovenia hraníc medzi povrchovými a podzemnými formami reliéfu. *Slovenský kras*, 27, 153-165.
- BELLA, P. (1998). Priestorová a chronologická štruktúra jaskynných geosystémov. Základné teoreticko-metodologické aspekty. *Slovenský kras*, 36, 7-34.
- BELLA, P. (1999). Topické a chorické jaskynné geosystémy, ich časovo-priestorové zmeny, stabilita a ochrana. In Minár, J., Trizna, M., eds. *Teoreticko-metodologické problémy geografie, príbuzných disciplín a ich aplikácie*. Zborník referátov z medzinárodnej konferencie, Bratislava 2. – 3. 6. 1999. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 75-84.
- BELLA, P. (2005). Antropogénne vplyvy na fungovanie a invariantné zmeny jaskynných geosystémov. In Hochmuth, Z., Tomášiková, V., eds.: *Zmeny v štruktúre krajiny ako reflexia súčasných spoločenských zmien v strednej a východnej Európe*. Zborník referátov z III. medzinárodného geografického kolokvia, Danišovec 9. – 10. 11. 2005. Ústav geografie Prírodovedeckej fakulty UPJŠ, Košice, 15-22.
- BELLA, P., GAŽÍK, P. (2002). Študiálna cesta po krase a sprístupnených jaskyniach južných oblastí Japonska. *Aragónit*, 7, 47-52.
- BOSÁK, P., PRUNER, P., ZUPAN HAJNA, N. (1998). Palaeomagnetic research of cave sediments in SW Slovenia. *Acta Carsologica*, 27, 2, 151-179.
- BOSÁK, P., MIHEVC, A., PRUNER, P., MELKA, K., VENHODOVÁ, D., LANGROVÁ, A. (1999). Cave fill in the Črnotiče Quarry, SW Slovenia: Palaeomagnetic, mineralogical and geochemical study. *Acta Carsologica*, 28, 2, 15-39.
- ČIKIŠEV, A. G. (1987). Podzemnye karstovye landsafty kak osobyie prirodnye komplekсы. In *Problemy izučeniya, ekologii i ochrany peščer*. Tezisy dokladov, Kiev, 6-7.
- DEMEK, J. (1987). *Úvod do štúdia teoretickej geografie*. SPN, Bratislava, 1-248.
- GAÁL, L. (2007). *Alpínsky geodynamický vývoj Slovenského krasu a jeho vplyv na formovanie krasového fenoménu*. Dizertačná práca. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 1-125.
- GERGEDAVA, B. A. (1983). *Podzemnye landsafty*. Mecniereba, Tbilisi, 1-140.
- GERŠL, M., STEPIŠNIK, U., ŠUŠTERŠIČ, S. (1999). The „unroofed cave“ near the bunker (Laški Ravnik). *Acta Carsologica*, 28, 2, 77-90.
- GVOZDECKIJ, N. A. (1972). *Problemy izučeniya karsta i praktika*. Moskva, 1-392.
- GVOZDECKIJ, N. A. (1988). *Karstovye landsafty*. Iz. Moskovskogo universiteta, Moskva, 1-112.
- HIPMANOVÁ, E. (2007). *Rakytov – jeden z vrcholov Veľkej Fatry*. <http://www.sss.sk/>.
- JAKÁL, J. (1986). Krasová krajina ako špecifický prírodný geosystém. *Slovenský kras*, 24, 3-26.
- JAKÁL, J. (1997). Reliéf Strážovských vrchov, analýza typov krasu a ich genéza. *Geografický časopis*, 49, 1, 3-18.
- JURKOVÁ, N. (2007). Tvary krasového reliéfu vznikajúci pri krasové denudácii. In Hradecký, J., Pánek, T., eds. *Geomorfologický sborník*, 6, Ostravská univerzita – ČAG, Ostrava, 22-23.
- KLIMČUK, A. B. (1985). Ponjatie o peščere i nekotorye problemnye voprosy teoretičeskoj speleologii. *Fizičeskaja geografija i geomorfologija*, 2, Kiev, 18-21.
- KLIMCHOUK, A. B. (2006). Cave un-roofing as a large-scale geomorphic process. *Cave and Karst Science*, 32, 2-3, 93-98.
- KLIMCHOUK, A., BAYARI, S., NAZIK, L., TÖRK, K. (2006). Glacial destruction of cave systems in high mountains, with special reference to the Aladaglar massif, Central Taurus, Turkey. *Acta Carsologica*, 35, 2, 111-121.
- KNEZ, M., SLABE, T. (1999). Unroofed caves and recognising them in karst relief (Discoveries during motorway construction at Kozina, South Slovenia). *Acta Carsologica*, 28, 2, 103-112.
- KNEZ, M., SLABE, T. (2001). Unroofing of a cave system – an example from Classical Karst. *Proceedings of the 13th International Congress of Speleology*, 1, Brazil, 85-89.
- KNEZ, M., SLABE, T. (2005). Unroofed caves are an important feature of karst surfaces: examples from the classical karst. *Zeitschrift für Geomorphologie*, 46, 2, 181-191.
- LEŠINSKÝ, G. (2006). Príspevok k najstarším jaskyniam v Slovenskom krase. *Sinter*, 14, 22-23.
- MAIS, K. (1999). Roofless caves, a polygenetic status of cave development with special references to cave regions in the Eastern Calcareous Alps in Salzburg and Central Alps, Austria. *Acta Carsologica*, 28, 2, 145-158.
- MARUAŠVILI, L. I. (1971). Podzemnye landsafty. *Izvestija Vses. geogr. obščestva*, 103, 6.
- MIČIAN, L., ZATKALÍK, F. (1984). *Náuka o krajine a starostlivosť o životné prostredie*. Prírodovedecká fakulta UK, Bratislava, 1-140.

- MIHEVC, A. (1996). Brezstropa jama pri Povirju. *Naše jame*, 38, 65-75.
- MIHEVC, A. (2002). Fossilne cevke iz brezstrobe jame – verjetno najstarejši cevkarja Marifugia (Annelida: Polychaeta). *Acta Carsologica*, 29, 2, 261–270.
- MIHEVC, A. (2001). *Speleogeneza Divaškega krasa*. Zbirka ZRC, 27, ZRC SAZU, Ljubljana, 1-180.
- MIHEVC, A. (2007). The age of karst relief in West Slovenia. *Acta Carsologica*, 36, 1, 35-44.
- MIHEVC, A., ZUPAN HAJNA, N. (1996). Clastic sediments from dolines and caves found during the construction of the motorway near Divača on the Classical Karst. *Acta Carsologica*, 25, 169-191.
- MIHEVC, A., SLABE, T., ŠEBELA, S. (1998). Denuded caves an inherited element in the karst morphology; the case from Karst. *Acta Carsologica*, 27, 1, 165-174.
- OSBORNE, R. A. L. (2001). Australian caves without roofs. *Proceedings of the 13th International Congress of Speleology*, 1, Brazil, 107-109.
- SLABE, T. (1997). Karst features discovered during motorway construction in Slovenia. *Environmental Geology*, 32, 3, 186–190.
- SOČAVA, V. B. (1978). *Vvedenje v učenje o geosistemi*. Nauka, Novosibirsk, 1-319.
- ŠEBELA, S. (1999). Morphological and geological characteristics of two denuded caves in SW Slovenia. *Acta Carsologica*, 28, 2, 175-185.
- ŠEBELA, S., SASOWSKY, I. D. (2000). Paleomagnetic dating of sediments in caves opened during highway construction near Kozina, Slovenia. *Acta Carsologica*, 29, 2, 303-312.
- ŠUŠTERŠIČ, F. (1998). Interaction between a cave systems and the lowering karst surface; Case study: Laški Ravnik. *Acta Carsologica*, 27, 2, 115-38.
- ŠUŠTERŠIČ, F. (2000). The role of denuded caves within the karst surface. *Mitteilungen des Verbandes der Deutschen Höhlen- und Karstforscher*, 46, 1/2, 105-112.
- ŠUŠTERŠIČ, F. (2007). Cave sediments and denuded caverns in the Laški Ravnik, Classical Karst of Slovenia. In Sasowsky, I. D., Mylroie, J., eds. *Studies of cave sediments*. Revised Edition, Springer, Dordrecht, 123-134.
- ZHU, X. (2001). China's karst tiankeng and its value for science and tourism. *Science & Technology Review*, 10 (160), 60-63.
- ZHU, X., CHEN, W. (2006). Tiankengs in the karst of China. *Cave and Karst Science*, 32, 2–3, 55–66.
- ZHU, X., WALTHAM, T. (2006). Tiankeng: definition and description. *Cave and Karst Science*, 32, 2–3, 75-80.