

# Vývoj krasu v oblasti Krásnohorskej jaskyne

Cieľom tejto kapitoly je stručné zhrnutie možného vývoja krasu severného okraja Silickej planiny v oblasti vlastného systému Krásnohorskej jaskyne a jeho širšieho okolia, v ktorom sú jeho súčasné zdroje krasových vôd. Táto kapitola má najmä v časti venovanej predkvartérnemu vývoju hypotetický charakter a opiera sa o analógie s inými časťami Slovenského krasu. V priestore jaskyne a v jej najbližšom okolí totiž nie sú s výnimkou drobných odkryvov v lome ležiacom 200 m východne od vchodu do jaskyne odkryté žiadne profily treťohornými a štvrťohornými sedimentmi. Navyše tým, ako dochádza k rozširovaniu jaskyne, sú ničené staršie vývojové štádiá.

Nie je našim cieľom podať nejakú syntézu vývoja Slovenského krasu - na túto tému existuje veľké množstvo skorších štúdií (pozri zoznam literatúry), napriek pozoruhodne malému počtu skutočných odkryvov, ktoré sú navyše koncentrované do oboch tunajších veľkolomov - Gombaseku a Včelárov. Napriek tomu považujeme za potrebné, aby sme sa pokúsili o nejaký širší zhrňujúci pohľad na vývoj tunajšieho krasu ako určitého východiska pre ďalšie výskumy. Niektoré čiastkové genetické pozorovania sú už uvedené v predchádzajúcom texte.

## Druhohory

Vývoj krasu po mediteránnom vyvrásnení mocných vápencových komplexov v Slovenskom krase môžeme sledovať len na základe ojedinele zachovaných výplní krasových dutín alebo depresí. Takéto výplne sú známe z gombaseckého lomu. Najväčšia šošovka s 20-30 m hrubou výplňou tmavošedých ílovcov a pieskocov bola odkrytá v najvyššej časti lomu v roku 1965. Odtiaľ J. Mello a P.

Snopková (1973) na základe peľových zŕn dokázali santón-kampánsky vek. Sú označené ako **gombasecké vrstvy**. Ide o vrchno-kriedové sedimenty vyvinuté prevažne v podobe striedajúcich sa vrstvičiek anoxických tmavých ílovcov a šedastých, či do hrdzava sfarbených, slabo vápnných pieskocov a prachocov (pozri analýzy 9, 10 a 17 v tab. 2). Gombasecké vrstvy sa obvykle vyskytujú ako relikt pŕvodne hrubšieho súvrstvia, ktoré sa miestami zachovalo v podobe blokov hornín zaklesnutých do krasových depresí. Najnovšie boli podobné sedimenty nájdené v Brekove v Humenských vrchoch, čo ukazuje na pravdepodobne širšie rozšírenie tohto typu sedimentov. V lome v Hosťovciach (východný cíp Dolného vrchu) bol donedávna odkrytý profil závrťom, ktorý je od jednej steny k druhej vyplnený rytmicky zvrstvenými šedastými, vápnnými pieskocami a prachovcami gombaseckých vrstiev. Morfológia vrstiev pritom jasne ukazuje, že tu závrť (aj nadväzujúci jaskynný systém) existoval už vo vrchnej kriede t.j. pred viac ako 65 miliónmi rokov.

Pre poznanie vývoja Slovenského krasu je tento nález kľúčový z týchto dôvodov:

- vo vrchnej kriede, zvlášť v santone a kampane, bol na území dnešného Slovenského krasu vyvinutý tropický kras a to prinajmenšom v podobe závrťov, priepasťovitých depresí a jaskýň (pozri Marschalko a Mello 1993).
- rozšírenie plytko-vodných sedimentov gombaseckých vrstiev v podobnej fácií je síce útržkovité (Gombasek - rad miest prakticky na celej ploche lomu, Hosťovce - jediná depresia, Včeláre - bližšie neskúmané, ale analógické sedimenty boli nájdené na ďalších dvoch miestach lomu), ale inak relatívne bežné a pokrýva pomerne veľké plochy. To ukazuje na existenciu väčšej, ale



Panoráma Bôrčianskej planiny. Slovenský kras je jediný rozsiahly planinový kras v strednej Európe.

Foto: J. Stankovič

plytkej, členitej, prípadne sezónne vysychavej (pozri Cílek a Bednárová 1994) jazernej resp. močaristej panvy, aké bývajú v predpolí morského pobrežia.

- striedanie oxických a anoxických vrstvičiek sedimentov, vysychanie sedimentov dokumentované bahennými železnými rudami v Gombaseku, relikty bauxitov ukazujúce na klimatický chod, v ktorom sa striedajú suché a vlhké obdobia (wet-dry cycle) pravdepodobne monzúnovej klímy.

Predpokladáme, že povrch planín Slovenského krasu tvoril vo vrchnej kriede celkovo plochú, ale v detaile členitú, na juh uklonenú dosku pokrytú málo konsolidovanými riečnymi a jazernými sedimentmi a kontinentálnymi zvetralinami, ktoré podliehali redepozíciám a zaklesávaniu do krasových depresíí.

Pre poznanie vývoja Krásnohorskej jaskyne je nutné si uvedomiť, že leží medzi vrchnokriedovými výskytmi v Gombaseku a Hostovciach, teda v dosahu veľmi starého krasovatenia, ktoré mohlo ovplyvniť a predisponovať priebeh ďalších etáp krasovatenia. V súčasnej dobe ide o súvislosť hypotetickú, pretože odkryvy starými krasovými sedimentmi sú nachádzané len vo veľkých aktívnych lomoch Slovenského krasu. V pozícii „in situ“ sa vyskytujú len v Hostovciach a pod Gombaseckou ihlou, teda približne v polovici hĺbky súčasných dolín. V Gombaseku boli gombasecké vrstvy nájdené len asi 30 m pod okrajom planiny. Z lokalizácie nálezov vyplýva, že kriedové krasovatenie mohlo zasiahnuť veľmi rozsiahle plochy Slovenského krasu, a to do hĺbok najmenej 200 m pod súčasnými okrajmi planín. Pri mnohých súčasných jaskynných systémoch Silickej planiny je možné uvažovať o kriedovom základe. Nejde o výnimočný jav, pretože paleontologicky doložené kriedové sedimenty boli nájdené napr. v krasových rozsadinách na Štramberku na Morave alebo v krasových depresiách v lome Paraple v Svatém Janu pod Skalou v Českom krase.

Vo vrchnej kriede vniklo do oblasti Rimavskej kotliny plytké, epikontinentálne more, ktoré však územie Slovenského krasu nezasiahlo.

## Treťohory

V období ranného terciéru sa paleogeografický obraz územia Slovenského krasu postupne začal meniť. Pravdepodobne následkom horizontálnych posunov v oblasti blízkej zlomovej zóny Darnó sa začala roztvárať západná časť Košickej kotliny a Turnianska kotlina, v ktorej sa v eocéne usadili laminované riasové vápence a tmavosivé ílovce **šomodského súvrstvia**, miestami s vrstvičkami hnedého uhlika a s polohami karbonátových zlepenecov. Tieto sedimenty sa usadili v plytkomorských lagúnach s príbrežnými močiarimi, ktoré boli vystriedané kontinentálnym prostredím s povrchovými tokmi.

V oligocéne sa zvýraznil charakter kotlin v okolí Slovenského krasu (okrem Rožňavskej kotliny, ktorá sa začala vyvíjať neskoršie). V západnej časti Košickej kotliny pretrvávala sedimentácia šomodského súvrstvia. Vo vrchnom oligocéne, v kišceli, následkom poklesu zalialo Rimavskú kotlinu epikontinentálne more, z ktorého v podobe poloostrova vyčnievala len šafárikovská elevácia. Z tohto obdobia sa tu zachovali vápnené prachovce **čížskeho súvrstvia**. Na jeho báze sú vyvinuté lagunárne pieskovce **hostišovských vrstvičiek**, ktoré sú známe aj z nadložia šomodského súvrstvia v západnej časti Košickej kotliny.



Tento závrť pri Besnej diere na Silickej planine patrí medzi najväčšie krasové depresie na Slovensku (priemer 250 m, hĺbka 30 m).

Foto: J. Stankovič

V egeri nasledovala výraznejšia transgresia v Rimavskej kotline. Pobrežie mora Paratethys sa ťahalo v línii Slizké - Španie Pole - Chvalová - Skerešovo - Bretka - Stárňa. More zanechalo za sebou 600-700 m hrubú vrstvu vápnených prachovcov, tzv. **sačenských vrstvičiek**. Preliatu mora do Turnianskej kotliny však bránili vápencové kopce Slovenského a Aggteleckého krasu, ktoré však pravdepodobne nevyčnievali výrazne nad okolitým terénom. V západnej časti Košickej kotliny, pri Drienovci, lokálne vo forme dejekčných kužeľov sa vytvorili zlepenca a brekie s reziduálnymi sedimentmi, ktoré sú známe ako drienovské zlepenca.

Po stiahnutí sa egerského mora z Rimavskej kotliny nastalo dlhodobé obdobie denudácie, ktoré postihlo aj územie Slovenského krasu. Vápencové časti však pravdepodobne stále neboli vo výraznej vyvýšenej polohe. V strednom miocéne rozsiahla vulkanická činnosť na strednom a východnom Slovensku priamo nezasiahla územie Slovenského krasu. Hrubšie súbory andezitových vulkanoklastík sa nahromadili len na južnom okraji Revúckej vrchoviny, západne od Slovenského krasu. V lome pri Silic-



kej Brezovej je odkrytý závrť vyplnený nazelenalými ílmi s prevahou vermikulitu, ktorý vzniká zvetrávaním sopečného popola, ktorý mohol byť splavený do už existujúcej krasovej depresie práve v tejto vulkanickej fáze.

Po doznívaní sopečnej činnosti sa kontinentálne sedimenty nahromadili v mierne sa prehĺbujúcej Turnianskej kotline. Zachovali sa tu sarmatské, prevažne hruboklastické zlepenca a štrky s polohami pieskov, pelitov a uhlia. Obliaky zlepenecov pochádzajú prevažne z karbonátov územia Slovenského krasu, boli tu však zistené aj zo serici-



Upchanie krasového kanálu spôsobuje na jar vznik jazierok na dnách niektorých závrťov. *Foto: J. Stankovič*

tických fylitov, kremeňov, kvarcitov Slovenského rudohoria. Svedčí to taktiež o nevýrazne vyzdvihnutej polohe vápencov územia Slovenského krasu, cez ktoré ešte miestami pretekali toky prameniace v Slovenskom rudohorí.

Povrchovými tokmi bol mierne členitý povrch územia Slovenského krasu zarovnaný široko meandrujúcimi tokmi najmä koncom miocénu, v panóne. Zo zarovnaného povrchu vyčnievali krasové kopce (napr. Ostré vršky, Štít, Pavlovský vrch, Žmaň), ktoré pravdepodobne predstavujú pozostatky po starších etapách krasovatenia. V tomto období v Turnianskej kotline a v západnej časti Košickej kotliny sa rozprestierali jazerá, ktoré často prechádzali do močiarov. Usadili sa z nich pestré íly, piesky, štrky s uhoľnými ílmi a lignitmi.

Najvýznamnejšou udalosťou Slovenského krasu z hľadiska vývoja krasu bol veľmi markantný výzdvih severnej časti územia atickými pohybmi koncom panónu vo vrchnom miocéne. Tektonická aktivita vo forme výzdvihu koncom panónu zasiahla celé územie Slovenského rudohoria a je pochopiteľné, že susediace časti nezostali výnimkou. Treba však zdôrazniť, že týmto výzdvihom nebola dotknutá juhozápadná časť Slovenského krasu, okolie Bretky, Meliaty, Gemerskej Hôrky a oblasť južne od Silickej

Brezovej. Výrazne, okolo 400 m sa však vyzdvihla Plešivecká planina, prevažná časť Silickej planiny (najmä časť na sever od Silice) a Horného vrchu. Výzdvih mal ďalekosiahle následky na konfiguráciu reliéfu. Menej súdržné paleozoické horniny v blízkosti výraznej poruchovej zóny rožňavského zlomu rapídne podliehali denudácii a postupne sa vytvárala Rožňavská kotlina. Povrchové toky v Rožňavskej kotline sa čoskoro prepadli do podzemia dvíhajúcich sa vápencových planín a vytvárali prvé jaskynné chodby, alebo možno rozširovali a pretvárali skoršie hlboko uložené dutiny. V oblasti vápencových masívov sa začal proces intenzívneho krasovatenia.

Na konci miocénu, v ponte, z výrazne vyzdvihnutých a vyčnievajúcich hrebeňov Slovenského rudohoria povrchové toky prinášali značné množstvo klastického materiálu, ktorý sa usadil v Rožňavskej kotline, v doline Slanej na nížinách Rimavskej kotliny a v južnej časti Slovenského krasu. Sú to prevažne štrky s polohami pieskov **polárského súvrstvia**. Vypĺňajú dolinu Slanej a Štítnika a sú rozšírené v najvyšších častiach severnej časti Rimavskej kotliny a Bodvianskej pahorkatiny. V doline Slanej dosahujú hrúbku takmer 120 m. V Turnianskej kotline sú známe aj jazerné íly s vrstvičkami lignitov a uhoľných ílov. Jazerné podmienky pretrvávali ešte v okolí Držkoviec západne od Slovenského krasu. V ponte vo vyzdvihnutých vápencových masívoch sa jednak zvýraznil vertikálny charakter krasovatenia, t.j. priepasti sa rozširovali, ale na hladine krasovej vody (v piezometrickej zóne) sa vytvorila aj horizontálna cirkulácia krasových vôd, smerujúca najmä k úpätiu planín. Takáto cirkulácia vznikla nesporne aj pri Krásnohorskej Dlhej Lúke, kde chýbajúce nepriepustné bridlice umožnili výtok podzemných vôd na úrovni eróznej bázy. Tak sa mohli vytvoriť prvé, najstaršie chodby výverovej časti Krásnohorskej jaskyne.

## Štvrtohory

Na ďalší vývoj územia Slovenského krasu a okolia Krásnohorskej jaskyne mali značný vplyv kvartérne klimatické oscilácie. Periodické výzdvihy v kvartéri v severnej časti Slovenského krasu sa už tak výrazne neprejavili ako v jeho južnej časti, kde došlo k vytváraniu jaskynných úrovní (napr. pri Bretke, v Ardotskej jaskyni alebo v Domíci), alebo v Rimavskej kotline, kde sa vytvorili široké riečne terasy. Zvyšky terás sú však známe aj v Rožňavskej kotline. Na ľavom brehu Čučmianskeho potoka, pri rožňavskej tehelni, je zachovaný pozostatok mindelskej terasy v relatívnej výške 35-40 m od eróznej bázy. Mladšie, riské terasy sú zastúpené dvomi úrovňami. Vyššia stredná terasa s povrchom 20-24 m od nivy a s bázou 4-8 m od nej je zachovaná na ľavom brehu Slanej, v ústí Čremošnej a menej zreteľne aj v ústí Pačianskeho potoka. Nižšia stredná terasa 10-14 m od bázy je zreteľnejšia v ústí Čučmianskeho potoka na pravom brehu Čremošnej. Nízka

terasa veku starší würm v relatívnej výške 3-5 m je zachovaná sporadicky v Rožňavskej kotline, najmä na brehu Slanej. Terasy sú podobne vyvinuté aj v Turnianskej kotline.

Vzhľadom na to, že v Krásnohorskej jaskyni sú zachované zvyšky riečnych chodieb zo staršej vývojovej etapy, ktoré sú korelovateľné s riečnymi terasami Rožňavskej kotliny, môžeme získať obraz o približnom veku vzniku a vývoja podzemných priestorov jaskyne. Najstaršia známa riečna úroveň Krásnohorskej jaskyne je reprezentovaná chodbami Študentská izbička, Západná vetva a Herényiho galéria, ktoré sa otvárajú z vyšších častí Abonyiho domu resp. zo Siene obrov. Ich relatívna výška od eróznej bázy je okolo 35-40 m, čo zodpovedá mindelskej terase, zachovanej na ľavom brehu Čučmianskeho potoka. Mindelská terasa reprezentuje v tejto oblasti všeobecnú relatívnu stagnáciu tektonickej aktivity počas pleistocénu. Počas mindelu sa vytvorili veľmi výrazné a široké terasy napr. v Rimavskej kotline. Je teda predstaviteľné, že v tomto období došlo k výraznejšej horizontálnej cirkulácii krasových vôd s vytvorením freatických podzemných chodieb Krásnohorskej jaskyne.

Neskoršími výzdvihmi územia však došlo k zarezávaniu sa podzemného toku do podlažia a k tvorbe ďalších chodieb, ktoré sa rozširovali počas riskkej stagnácie. Počas riského glaciálu však zrejme došlo aj k zrúteniu niektorých vytvorených podzemných priestorov. K tomu sa počas chladnej klímy vytvorili ideálne podmienky, pretože chudobná vegetácia nedokázala zabrániť vniknutiu väčších množstiev vôd do podzemia (ktoré mohli pochádzať

z prudkých dažďov alebo z topenia snehu) po tektonických poruchách. Vysoká tektonická porušenosť horniny taktiež prispela k labilnosti podzemného prostredia, čo nakoniec viedlo k zrúteniu vytvorených chodieb. Treba poznamenať, že v studených podmienkach majú presakujúce vody vyššiu koróznú schopnosť, čo taktiež prispelo k deštrukcii podzemných priestorov.

Naopak, v podmienkach teplej klímy, aká panovala v predposlednej medziľadovej dobe - eemu, sa z presakujúceho roztoku mohlo vyzrážať aj väčšie množstvo sintrovej hmoty. Takým spôsobom sa pravdepodobne vytvoril prvý mohutný kvapel' (obor), ktorý sa dnes nachádza rozlamaný v Siene obrov. Táto časť jaskyne dokáže totiž prijímať aj väčšie množstvo povrchových vôd po tektonických poruchách, ktoré však v závislosti od hydrologických podmienok sa javia odlišne (korodujú alebo sedimentujú). K zrúteniu tohto obra mohlo dôjsť v niektorom glaciáli, keď v podmienkach opätovného ochladenia náhle privaly tavných povrchových vôd podlomili stabilitu veľkého kvapla (ktorý beztak stál na šikmej ploche).

## Koľko jaskynných úrovní existuje v Slovenskom krase?

Kým treťohorná história severnej časti Západných Karpát, teda oblasti ležiacej severne od Slovenského rudohoria, je pomerne dobre známa, je situácia v južnej časti vďaka



Zatiaľ, čo široké doliny Slovenského krasu existujú už od treťohôr, také úzke skalnaté údolia a rokliny ako je Zádielska tiesňava, vznikli v priebehu posledných niekoľko mála miliónov rokov. Určitou záhadou Zádielskej tiesňavy je to, že síce predstavuje až 500 m vysoký profil vápencovým súvrstvím, ale i pri týchto rozmeroch odkrýva len veľmi málo jaskýň.

Foto: J. Stankovič





Styk krasu (vľavo) a nekrasu (vpravo). Súčasný ponor občasných povrchových vôd sa nachádzajú na hranici lesa. Verfénske vrstvy niekedy pravdepodobne prekryvali okraje karbonátov, o čom svedčia staršie ponory ležiace na odvrátených svahoch tejto depresie (Zvonivá diera pri Silici, Dvojité priepasť a Babská priepasť).  
*Foto: J. Stankovič*

relatívne samostatnému chovaniu silicika neporovnateľne zložitejšia a trefohorné sedimenty sú väčšinou dostupné len pri vrtných prácach. Navyše je veľmi obtiažne rozlíšiť napr. sedimenty miocenného poltárskeho súvrstvia od tých istých sedimentov redeponovaných v pliocéne. Územie medzi Bodvou nad Turňou, Zádielskym kaňonom a Včelármi navyše predstavuje zložitý tektonický uzol s enigmatickou históriou. V priebehu trefohôr bolo územie Slovenska postihnuté tromi až štyrmi väčšími morskými transgresiami a radom drobnejších zdvihov a poklesov. Je pravdepodobné, že tie časti územia (vrátane Slovenského krasu), ktoré neboli zaplavené morom, boli opakovane pri poklesoch územia zaplňované riečnymi či jazernými sedimentmi a pri výzdvihoch opäť (aspoň čiastočne) vyprázdnené. Domnievame sa preto, že v Slovenskom krase došlo možno k niekoľkonásobnému zaplňovaniu a vyprázdneniu dolín, a tým i k pochovaniu a následnej exhumácii skoršieho reliéfu. Takmer iste nešlo len o prosté vypratanie nespevnených údolných výplní, ale tiež o rozširovanie a v niektorých fázach o prehlbovanie dolín. Z hľadiska vývoja krasu je nutné uvažovať o (pravdepodobne niekoľkonásobnom) vertikálnom sťahovaní krasových výverov, a to v smere hore aj dole, a tvorbe aktívnych horizontálnych úrovní v závislosti na úrovni danej eróznej bázy.

Najmladšia trefohorná výplň dolín je tvorená vrchnomiocenným **poltárskym súvrstvom**. Ide o chaotické, nespevnené, takmer neutrstevnaté hnedé štrky a piesky, ktoré na bokoch údolí môžeme v reliktoch nájsť až 70 i viac metrov nad súčasnou nivou (Honce, Czöpkő, Zúgó a inde). Poltárske súvrstvie, ktoré je v širšom okolí jaskyne charakteristicky odkryté južne od Brzotína, pravdepodobne vznikalo pri veľkom tektonickom nepokoji spôsobom

výstupom Slovenského rudohoria, ktorého svahoviny a riečne sedimenty boli odnášané do južnejších, nižšie ležiacich oblastí. Poltárske súvrstvie je dnes zachované len v reliktoch, ale občasné nálezy na svahoch planín ukazujú, že koncom trefohôr museli vyplňať spodnú časť dnešných údolí. Na rozhraní pliocén-pleistocén však už boli denudované, pretože tmelené sutiny tohto veku zasahujú tesne nad súčasnú nivu.

Vo vrtoch v okolí Gombaseku bola zistená mocnosť stredne až jemne zrnitých štrkov buď poltárskeho alebo preplaveného poltárskeho súvrstvia okolo 100 m, v Turnianskej kotline až 120 m. Doliny Slovenského krasu teda museli existovať už niekedy najmenej od stredného či najpozdejšie vyššieho miocénu v hĺbke siahajúcej desiatky metrov pod súčasnú nivu Turne a Slanej. Pravdepodobne v priebehu najmladšieho miocénu či pliocénu došlo k vyplneniu dolín na úroveň najmenej 70 m nad súčasnou nivou. Dá sa predpokladať, že v oboch prípadoch - ako zahĺbenia, tak agradácie údolnej výplne vo výškovom rozmedzí okolo 200 m, došlo k vývoju jaskynných systémov. Predpokladáme preto, že súčasná jaskynná úroveň viazaná na vyvierajúce na okrajoch planín predstavuje akési stredné poschodie podzemného systému. Spodná (a vlastne staršia) úroveň leží desiatky metrov pod úrovňou nivy a dodnes nasycuje skrytými vývermi, preukázanými J. Orvanom pri vrtných prácach, sedimentárne výplne Rimavskej kotliny a ďalších údolných depresíí. Súčasná úroveň dnešných vyvieráčiek potom predstavuje iba prelivové pramene týchto hlbokých, sedimentami čiastočne (?) zahľtených systémov.

Pokúsme sa určiť, koľko môžeme v jadre Silickej planiny očakávať jaskynných úrovní. Isté sú dve - jednak ide

o úroveň niekoľko desiatok metrov pod úrovňou planiny (napr. Kvapľová j., Jaskyňa v ponore Jašteričieho jazera, Prastarý výver), jednak o úroveň dnešnej nivy (napr. Krásnohorská a Nová brzotínska jaskyňa). Hypotetické, ale veľmi pravdepodobné, sú tiež dve - hlboká, freatická úroveň skrytá desiatky metrov pod úrovňou údolnej nivy a vyššie poschodie ležiace už spomínaných cca 70-100 m nad údolím, ktoré je indikované menšími jaskyňami (napr. Jaskyňa červeného mnícha, Hámorská jaskyňa), ale väčšina je pravdepodobne skrytá pod sutinovými starokvartérnymi násypmi.

## Paradoxy a nevyriešené problémy

Jedným z dôležitých kľúčov k poznaniu pliocénnej a pleistocénnej histórie Slovenského krasu je sedimentácia v priľahlej časti Panónskej nížiny, kde pliocén býva zastúpený červenými ílmi a pleistocén niekoľkými cyklami pieskov a štrkov, ktoré pravdepodobne zodpovedajú jednotlivým ľadovým dobám (Lang, 1964). Celková mocnosť plio-pleistocénneho súvrstvia sa pohybuje okolo 100-200 m, ale môže dosahovať až 400-500 m, čo pri značnej rozlohe nížiny musí zodpovedať obrovskému množstvu materiálu transportovanému hlavne z dunajského údolia a v menšej miere i z územia súčasného Slovenska. V období najneskôr na rozhraní treťohôr a štvrtohôr muselo dôjsť k obrovskej denudácii a exhumácii treťohorných sedimentov z dolín Slovenského krasu. Červené **tmelené sutiny** starokvartérneho veku miestami zasahujú (profil pri Slavci) až na úroveň dnešnej nivy. Znamená to, že v tejto dobe už doliny opäť existovali buď približne v súčasnej hĺbke, alebo boli ešte hlbšie. Okraje dolín tvorené mocnými násypmi a spevnenými sutinami (tiež nazývanými „červené brekie“) neboli skúmané vrtmi, takže nepoznáme ich vzťah k výplňam dolín. V štólňi nad Hrhovom dosahujú tieto sedimenty mocnosť 55 m a predstavujú vrstevný sled najmenej tromi glaciálnymi obdobiami. Tmelené starokvartérne sutiny predstavujú jeden zo základných morfológických rysov Slovenského krasu - na úpätí svahov dolín je jasne viditeľný pozvoľnejší zlom v miestach, kde skalnaté svahy prechádzajú do sutinovej akumulácie viac-menej plynulo obklopujúcej krasové planiny.

Zbytky starej kvapľovej výzdoby kedysi rastúcej tesne nad súčasnou hladinou podzemného toku Krásnohorskej jaskyne, ale dnes čiastočne korodovanej, na ktorej sa tvorí povlak červenohnedého ílu, ukazujú, že bývalý výver jaskyne musel ležať nižšie. V priebehu holocénu všeobecne pozorujeme agradáciu riečnych nív o 4 až 6 a niekedy aj o viac metrov. Báza holocénnej vápnitej slatiny pod Hrhovom ležala niekoľko (5-7) metrov pod súčasnou úrovňou terénu. Penovcové teleso pod Brzotínskou vyvieračkou je agradáciou zarovnané s okolitou nivou. Koncom ľadových dôb dochádzalo - snáď následkom topenia snehových polí - k výraznej erózii. Rieky sa zahľbovali, ale tiež z oko-

litej krajiny, hlavne zo svahov planín boli odnášané svahoviny. Svahy boli denudované až na pevné podložie, ktoré bolo tvorené buď cementovanými staro-pleistocénnymi sutinami alebo skalným podkladom. Jeden z paradoxov okraja planín Slovenského krasu je okolnosť, že na sedimenty starého pleistocénu, teda na tmelené sutiny s červenou výplňou tvorenou terra rossou, nasadajú o dva milióny rokov mladšie **sedimenty holocénu**. Sedimenty takmer celých štvrtohôr boli zo svahov planín znesené pravdepodobne mechanizmom geliflukcie - teda zosunom vlhkých, rozbredlých svahovín po podmrznutom podloží a dnes čiastočne vyplňajú ploché riečna údolia. Množstvo kvartérnych sedimentov tvorených vápencami je však v nive pomerne malé, čo môže svedčiť o relatívnej stabilite svahov planín, alebo o možnom chemickom rozpúšťaní vápencového materiálu.

Výsledkom akumulácie nivných sedimentov je postupné zaplňovanie nižšie ležiacich výverov a jaskynných chodieb. Preto je také ťažké preniknúť do tunajších výverových jaskýň - jaskyniari často razia chodbu proti toku vystupujúcemu zospodu smerom od skorších, dnes zanesených ústí jaskýň. Na planinách i v jaskynných vchodoch na ich úbočí dosahuje mocnosť holocénu tvoreného najčastejšie vápencovými sutinami s tmavou, niekedy hnedou či načervenalou, hlinitou matrix (medzernou hmotou) v priemere okolo 2,0-2,5 m. Táto pomerne veľká mocnosť - najmä na zarovnanom povrchu planín prináša dve základné otázky:

1. Akým mechanizmom vznikajú holocénne pokryvy na pomerne nedostupných miestach ako sú vchody jaskýň pod nevysokými skalkami či okrajmi závrtovej jamy? Odpoveď smeruje k širokému uplatneniu soliflukcie - pôdotokov, a to aj v holocénnych podmienkach.



Kras je živý, dynamický organizmus. V roku 1995 sa otvoril ponor na dne Jašteričieho jazera nad Silicou a jazero takmer zaniklo. Nedávno pred tým však došlo k upchaniu ponoru Farárovej jamy pod Silicou a vzniklo nové jazero. Foto: Š. Keszi





Kolapsová brekcia v Sieni obrov.

Foto: O. Kovács

2. Aký veľký je úbytok krasového povrchu? Pod holočennými súvrstviami obvykle nachádzame buď skalný povrch, alebo predkvartérne zvetraliny. Úplne chýbajú sedimenty starších glaciálov a interglaciálov, ktorých bolo v priebehu posledných asi 2,8 milióna rokov okolo päťdesiat! Pokiaľ by v každom interglaciáli došlo k tvorbe iba 1 m hrubej vrstvy sedimentov, musel by povrch planiny ustúpiť o najmenej 30 m, a to predovšetkým následkom mechanickej deštrukcie vedúcej k tvorbe sutinových akumulácií. Nepoznáme mechanizmus odnosu pleistocénnych sedimentov (do podzemia?) ani odpoveď na otázku, kam sa tento materiál podel. Pomerne časté nálezy sintrových škrapov v planinovej pozícii však ukazujú, že povrch planín musel mechanicou deštrukciou alebo chemickou koróziou ustúpiť o najmenej 10-15 m, pretože mocné polohy sintrov sa netvoria tesne pod ústím dutiny. Z tohto pohľadu je ťažké uvažovať o povrchu planín ako o zarovnanom a vcelku zakonzervovanom treťohornom povrchu. I. Baroň dokladuje, že u planinových priepastí nepoznáme ich horné, dnes denudované časti. Podobne

môžu niektoré krasové depresie predstavovať jaskyne s deštruovanými stropmi.

Pre súčasný vývoj Krásnohorskej jaskyne je charakteristické striedanie fáz mierne kyslých „hladných“ vôd, ktoré rozpúšťajú vápenec (svedčia o tom korodované staré sintre miestami sa rozpadajúce do ihlič) a pomalšie presakujúcich vôd ukladajúcich kalcit. Pri vyšších vodných stavoch musí byť komunikácia s povrchovými vodami pomerne rýchla a priama, pretože vody sa nestačili nasýtiť karbonátom ani vo výverovej partii.

## Záver

Z uvedeného prehľadu vyplýva celkový nedostatok akýchkoľvek stratigrafických dôkazov pre hodnotenie vzniku a vývoja Krásnohorskej jaskyne. Ak sa pokúsime obmedziť hypotetické úvahy na minimum, môžeme s určitou pravdepodobnosťou konštatovať tieto základné rysy:

- V priestore jaskyne celkom chýbajú dôkazy vrchnokriedového krasu, ak sa v jaskyni vôbec uplatňuje, nepôjde pravdepodobne o významnú fázu tvorby tejto pomerne hlboko uloženej jaskyne.
- Hlavná fáza krasovatenia na širšom území spadá do vlhkého, tropického paleogénneho obdobia a ďalšia významná krasová fáza do trochu chladnejšieho miocénneho obdobia. Hlavné neotektonické fázy sa kryjú s rozhraním paleogénu a neogénu, vrchným miocénom a pliocénom. Vzhľadom k celkovej dĺžke trvania terciéru (63 miliónov rokov oproti približne 2 miliónom rokov kvartéru) s jeho významnými tektonickými pohybmi a niekoľkými epizódami intenzívneho zvetrávania sa vcelku nedá pochybovať o dominantnom uplatnení treťohornej krasovej fázy. Tá je v samotnej jaskyni indikovaná kolapsovými brekciami a goethitovými zátekmi do drobných dutín.
- Súčasná podoba krasových tvarov - či už závrtovej alebo jaskýň - závisí nielen na vzniku a rozširovaní dutín, ale najmä na ich vypratání. Vo väčšine stredoeurópskych krasových oblastí (s výnimkou horského krasu) je pomer vyplnených a voľných krasových dutín, tak ako ich môžeme pozorovať v lomových odkryvoch, približne 5 až 9 : 1 a dĺžka celkom zaplnených dutín sa skôr blíži k 90 % dĺžky všetkých krasových dutín. Znamená to, že sa na vývoj krasového systému väčšinou pozeráme zo znalosti iba niekoľkých percent jeho celkovej dĺžky, alebo aj že značná časť dutín je voľná iba preto, že bola v relatívne nedávnej dobe vyprázdnená (či opätovne vyprázdnená) zaklesávaním či aktívnym tokom. V stredoeurópskom priestore sa vek väčšiny kvapľovej výzdoby pohybuje v rozmedzí 0,1 - 0,5 milióna rokov. Vek sedimentov stanovený inými metódami (napr. paleomagneticky) môže dosahovať 1-2, vzácnejšie aj viac miliónov rokov. Pri posudzovaní veku jaskyne je nutné, ale málokedy možné,



odlíšiť skutočný vek dutiny a vek jej zaplňovania, či vyprázdňovania. Hlavná chodba Krásnohorskej jaskyne morfológicky zreteľne súvisí so súčasnou kvartérnou nivou, ktorá zhruba predstavuje mierne oscilujúcu úroveň posledných dvoch miliónov rokov. Oblasť rozľahlých zadných dómov skôr súvisí s treťohorným paleokrasovým vývojom.

- Zatiaľ sme uvažovali iba o povrchovom zdroji krasových vôd. Väčšina krasových oblastí je však spojená s hlbokými obehmi vôd, ktoré sa v hĺbke až niekoľkých sto metrov pod úrovňou dolín ohrievajú a stúpajú k povrchu. V Slovenskom krase boli horné časti hlbokých hydrologických zásobníkov navŕtané pri výskumoch J. Orvana až 390 m pod povrchom nivy Slanej pri Slavci. Tento prameň mal teplotu 16°C, ale prameň v Kunovej Teplici s pôvodnou teplotou ešte vyššou môže vystupovať z hĺbok väčších ako 600 m. Termálna či hydrotermálna fáza vzniku niektorých dutín mohla byť veľmi významná najmä v období formovania obrovských neovulkanických komplexov južného Slovenska a severného Maďarska (kde sú čiastočne skryté pod kvartérnym pokryvom). Zavedenie „hydrotermálneho faktoru“ vzniku jaskýň Slovenského krasu značne zneprehľadňuje jeho súčasné modely. Je nutné si uvedomiť, že v takomto type krasu vznikajú dutiny

pomalým konvekčným prúdením v zatopených dutinách hlavne zospodu hore, a to hlavne v zóne miešania teplých vystupujúcich vôd a zostupujúcich studených zrážkových vôd.

Krásnohorská jaskyňa pravdepodobne predstavuje (ako ostatne väčšina krasových systémov) *polygenetický a polycyklický fenomén*, v ktorom sú dutiny neznámeho a často vysokého veku pretvárané kvartérnou podzemnou eróziou, vypratáním sedimentov, zmiešanou a kondenzačnou koróziou aj svahovými pohybmi, ktoré epizodicky otvárajú a uzavierajú ponory. Zároveň v závislosti na tom, ako v eróznych a akumulačných cykloch osciluje úroveň riečnej nivy, a tým erózna báza, dochádza k vertikálnemu sťahovaniu ponorov, zaplavovaniu či zaplňovaniu nižších úrovní a vyprataniu úrovní vyšších. Navrhujeme pozerať sa na Krásnohorsku jaskyňu ako na (najmenej) dva navzájom prepojené systémy rôzneho veku. Zadná časť jaskyne pravdepodobne predstavuje znovuoživený systém viazaný na terciérny paleokras, zatiaľ čo vstupné partie reprezentujú mladú chodbu kvartérneho veku vyvinutú na výraznej tektonickej línii, ktorá fungovala ako zárodočný kanál dnešného odvodňovacieho systému.

*V tomto type krasu sme konfrontovaní s paradoxným javom, že vyriešením jedného krasového mystéria obvykle vytvárame inú, ešte ťažšie riešiteľnú záhadu.*



Pod Kikirčom. Oblé tvary nekrasovej časti reliéfu Sillickej planiny ostro kontrastujú s členitým krasovým reliéfom, aký vidíme na strane 6.  
Foto: J. Stankovič