

GEOMORFOLOGICKÉ POMERY A INVENTARIZÁCIA LOKALÍT PENOVCOV A TRAVERTÍNOV VO VÝCHODNEJ ČASTI SLOVENSKEHO KRASU

ALENA GESSERT*, VERONIKA STRAKOVÁ**

Alena Gessert, Veronika Straková: Geomorphological settings and tufas and travertine location inventarisation in the east part of the Slovak karst. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 17, 2017, 1, 11 figs., 1 tab., 35 refs.

Tufas and travertine sedimentation is the main expression of young processes on the karst surface. There were published a few researches in the Slovakia mainly in the context of water chemistry and palynological research. We focused on the inventarisation of the know and new localities in the eastern part of the Slovenský kras Karst in this article. We are presenting 14 localities in the Háj, Miglinc, Šugov, Teplica, Zádiel and Baksov valleys with the presence of the slope and valley tufas accumulations that we categorized after morphological type, structural type, locality etc. The most of the springs/tufa depositions are situated on the observed or inferred faults of the N-S and W-E directions. The most occurring are slope formations with the occurrence of small barriers, dams and pools on the slope with the inclination higher than 20°. Higher inclination is one of the important geomorphological settings for tufas deposition because of the CO₂ leakage from the water. Other important setting is the occurrence of some roughness (leaves, roots, debris etc.). The most of inventarised locations were never described as tufa depositions. Geomorphological mapping results is inventory of the locations, geomorphological settings overview, longitudinal geomorphological profiles and photo documentation.

Key words: tufa sedimentation, mix corrosion, Slovak karst, Ca²⁺ content, tufas microfoms, karst springs

ÚVOD

Penovce a travertíny sú významnou súčasťou premeny recentnej krajiny. Ich detailný výskum nám ponúka pohľad do geoeologickej minulosti kvartéru, ale aj na geomorfologické a pedologické zmeny, zmeny klímy a samotného prostredia. V minulosti prebiehalo množstvo výskumov zameraných na popis vybraných lokalít a kvartérny vek sedimentov. V súčasnosti sa výskumy zameriavajú skôr na datovanie s využitím moderných metód, no aj napriek tomu sa väčšinou pracuje na tých istých významných lokalitách (napr. Hájska dolina). My sme sa počas nášho výskumu prebiehajúceho od roku 2013 venovali inventarizácii týchto lokalít, ale aj prírastkovému výskumu týchto kvartérnych sedimentov. Predkladaný príspevok má ale za cieľ inventarizovať a popísať morfologický charakter a polohu nám známych aj novo zmapovaných lokalít penovcov východnej časti Slovenského krasu, pričom do tejto oblasti zaradíme oblasť Jasovskej a Zádielskej planiny, resp. ich priľahlých dolín. S penovcami sa na niektorých

lokalitách venujeme aj travertínom, keďže tieto dva druhy kvartérnych sedimentov sa nedajú od seba tematicky oddeliť.

PREHLAD PREDCHÁDZAJÚCICH VÝSKUMOV

Jednoznačne najkomplexnejší pohľad na travertíny a penovce, ich genézu, geochémiu a mnohé ďalšie aspekty podáva monografia PEN-TACOST (2005) no aj množstvo čiastkových publikácií venujúcich sa výskumu penovcov v Južnej Amerike (napr. ALMIEDA et al. 2011, TRAVASSOS a OLIVEIRA 2016). Problematike výskumu krajiny v období štvrtohôr sa venoval v oblasti Slovenského krasu predovšetkým Vojen Ložek. Nestor česko-slovenského kvartéru prinášal z tohto územia pravidelne nové poznatky, a to od začiatku svojho aktívneho pôsobenia vo vede v 50. rokoch 20. storočia až do dnes. Jeho posledný príspevok zatiaľ vyšiel v roku 2013 (LOŽEK a ČÍLEK 2013), v ktorom sa venuje výskumu holocénných vrstiev na území Zádielskej doliny. V starších prácach sa jed-

* Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita P.J. Šafárika, Jesenná 5, 040 01 Košice, Slovensko, e-mail: alena.gessert@upjs.sk

** Kalinovská 6, 040 22 Košice, Slovensko, e-mail: veronika.strakova@upjs.sk

nalo hlavne o významné polohy penovcov, akými sú Hájska dolina (LOŽEK 1957, 1958, 1959, 1989, 1993a, 2007, 2011, HORÁČEK a LOŽEK 1988, LOŽEK a HORÁČEK 1992), Teplica pri Jasove (LOŽEK 1959, 1961, 1964 a 2007), z novších je to Zádiel a Zádielska tiesňava (LOŽEK 1993b, 2007, 2011 a LOŽEK a CÍLEK 2013). Autori sa lokalitám venovali predovšetkým z hľadiska malakozoologického výskumu, ktorý slúži ako nástroj pre skúmanie vývoja krajiny v minulosti. Tieto lokality boli z hľadiska faktorov sedimentácie penovca skúmané aj GRADZINSKIM (2010) a jeho študentom SZCZUREKOM (2013). Lokalitu spomína v monografii o Jasovskej planine aj PĚTRVALSKÁ (2014). Tá opisuje aj druhú, takisto dobre známu lokalitu, Teplica pri Jasove. Výskyt travertínov na tejto lokalite spomína i MIHALOVÁ (2013) pri hydrogeologickej charakteristike a výskume režimu prameňa Teplica. V geologickej mape Slovenského krasu (MELLO et al. 1996) sú travertíny a penovce zaznačené iba v centrálnej časti Hájskej doliny.

Samotnej Zádielskej doline nebola doteraz, okrem dvoch prác LOŽEK (2011) a LOŽEK a CÍLEK (2013), v súvislosti s výskytom travertínov a penovcov venovaná väčšia pozornosť. V geologickej mape Slovenska (dostupná online <http://mapser-ver.geology.sk/gm50js/>, podklad MELLO et al. 1996) nie sú z tejto lokality uvádzané žiadne výskyty týchto typov sedimentov. Ako sa však pri nami realizovaných terénnych prácach ukázalo, nachádza sa tu viacero prameňov/lokalít s pomerne mohutnými travertínovými či penovcovými telesami.

PENOVCE A ICH KLASIFIKÁCIA

Travertíny (alebo kontinentálne vápence) v širšom slova zmysle rozdelil ako prvý JÄGER (1961, in PILOUS 1985) do niekoľkých základných kategórií a to limnické, bažinové, pramenité, penovce a samotné travertíny (v užšom slova zmysle). My sa v príspevku zaoberáme poslednými dvoma menovanými. Pričom za penovce považujeme materiál vznikajúci v studených tečúcich vodách silne porózneho, mäkkého, polopevného až sypkého charakteru. Travertíny sú v tomto užšom ponímaní pevné čiastočne ešte vrstevnaté horniny. Ako však LOŽEK (1963) uvádza, medzi týmito kategóriami je veľmi tenká hranica a častokrát na jednej lokalite nachádzame aj viaceré typy. Ich hodnotenie je preto veľmi často subjektívnym pohľadom mapérov.

Vznik penovcov a následne travertínov je vysoko ovplyvnený geologickým charakterom

oblasti, hydrogeologickými podmienkami, ale ešte výraznejšie lokálnymi geomorfologickými pomermi. Častý výskyt je aj v miestach styku krasových a nekrasových vôd (resp. vôd rôzneho nasýtenia. tzv. mix korózia) a naopak veľmi vzácny v geologicky monotónnych (aj keď krasových) oblastiach. Významné sedimentácie sa nachádzajú aj na tektonických líniiach a miestach kde vodný roztok uľahčene „opúšťa“ CO₂. Tvar mikroforiem penovcových lokalít predurčuje aj prítomnosť biogénneho materiálu (machov, rias, listia, konárov, koreňov...), ktoré vo významnej miere uľahčujú sedimentáciu penovca, ale aj predurčujú tvar takejto sedimentácie. Penovce sa viažu na vlhké oblasti a aspoň periodické vyvierajú. Sedimentujú teda častejšie vo vlhšej perióde roka, kedy výdatnosť dosahuje značných výdatností, no na druhej strane voda je menej obohatená o vápnik, keďže nemá dostatočne dlhý čas k vykonávaniu korózie.

Ako sme už vyššie naznačili, klasifikácii penovcov a tvorbe nomenklatury sa venovalo viacero autorov. V zahraničnej literatúre sa za uplynulé desaťročia najdôkladnejšie výskumu penovcov a travertínov venoval PENTACOST (1996 a 2005), ktorý rozdelil možné klasifikácie na základe geochemie, štruktúry a morfológie. V našich oblastiach za najlepšie prepracovanú považujeme klasifikáciu PILOUSA (1985), ktorá sa venuje hlavne morfogenetickému a morfológickému hľadisku tento problematiky. No aj jeho členenie bolo založené na starších prácach napr. vyššie spomenutého NĚMEJCA a PETRBOKA (1925), JÄGERA (1961), KOVANDU (1971), MITTERA (1979) a jeho predchádzajúcich vlastných prác.

Z *geomorfologického hľadiska* (JÄGER 1961, KOVANDA 1971) rozdeľujeme penovce na:

- piesčité
- štruktúrne.

Z *morfogenetického hľadiska* v našom území boli zmapované a teda vyčleňujeme nasledujúce typy penovcov:

- *svahové jazyky resp. prúdy* (v zmysle charakteristiky JANÁČKA 1941, KOVANDU 1971, PILOUSA 1971 a 1985). Vznikajú najčastejšie u prameňov s niekoľkými dielčimi vývermi pri pomalom zrážaní a sú holocénneho veku. Vytvárajú materiál mocnosti do 2 metrov a často majú mierne konvexný tvar. Pri ich zrážaní môže významnú úlohu zohrať vegetáciu a tak pri vzniku širokých a vejárovitých jazykov nachádzame často inkrustované machy, úzke a dlhé akumulácie sú kompaktnejšie s výskytom mikroforiem,

– *svahové a úpätné terasové stupne* vznikajú pod výdatnejšími prameňmi a prebieha tu aj výraznejšia sedimentácia. Množstvo týchto foriem závisí od relatívnej výšky prameňa vo svahu a teda môže vznikať aj niekoľko stupňov nad sebou. Ich pozdĺžna os je kratšia ako priečna,

– *údolné terasové stupne* majú oproti predchádzajúcim opačný pomer osí a menej sklonité podlažie. Zovreté údolie spôsobuje postupný nárast stupňov do výšky a vzniká niekoľko metrov silná akumulácia bohatá na množstvo mikroforiem,

– *údolné hrádzové stupne* majú za čelnou hrádzou väčšinou depresiu (väčšiu či menšiu) vyplnenú vodou, keďže sa nestihajú vyplniť autochtónnymi ani alochtónnymi sedimentmi. Rozoznávame hrádzky menších rozmerov (niekoľko centimetrov) a hrázde. Ich základ vzniká na prekážkach prevažne z vegetácie (listy, zvyšky konárov a pod.) za vyššieho prietoku, pričom dochádza k uľahčovaniu sedimentácie odplyňovaním nasýteného roztoku. K ich premene dochádza pomerne rýchlo. Tieto aj predchádzajúce formy sa môžu postupne preformovať na vodopády a ich mikroformy (záclony, závesy, brady), pričom postupne môže dôjsť k vzniku syn-
genetických jaskýň,

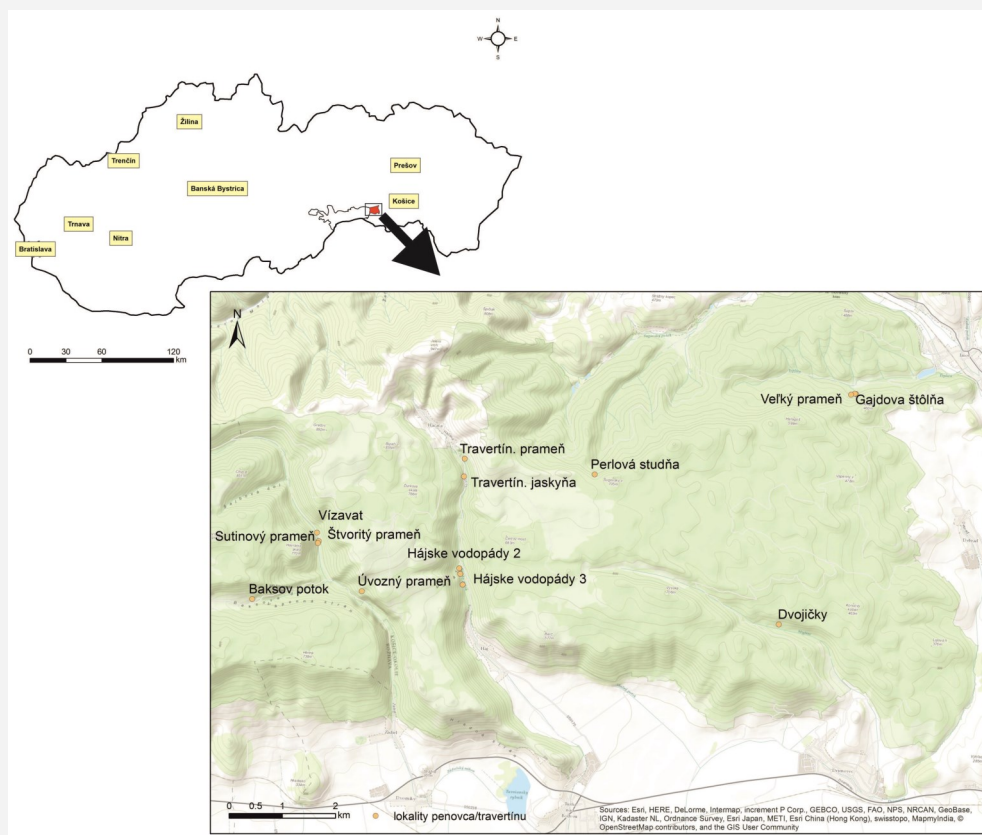
– *kôrovité ložiská* predstavujú tenké náteky rádo-
dovo v milimetroch na skalnom podlaží.

Okrem vyššie menovaných sa v krasových územiach môžu vyskytovať aj mokradňové akumulácie a tzv. suky, avšak v nami skúmanom území sa nenachádzajú. Klasifikácia takýchto rýchlo sa meniacich foriem je veľmi náročná, v jednej lokalite môžeme nachádzať viacero typov penovcov rôzneho veku.

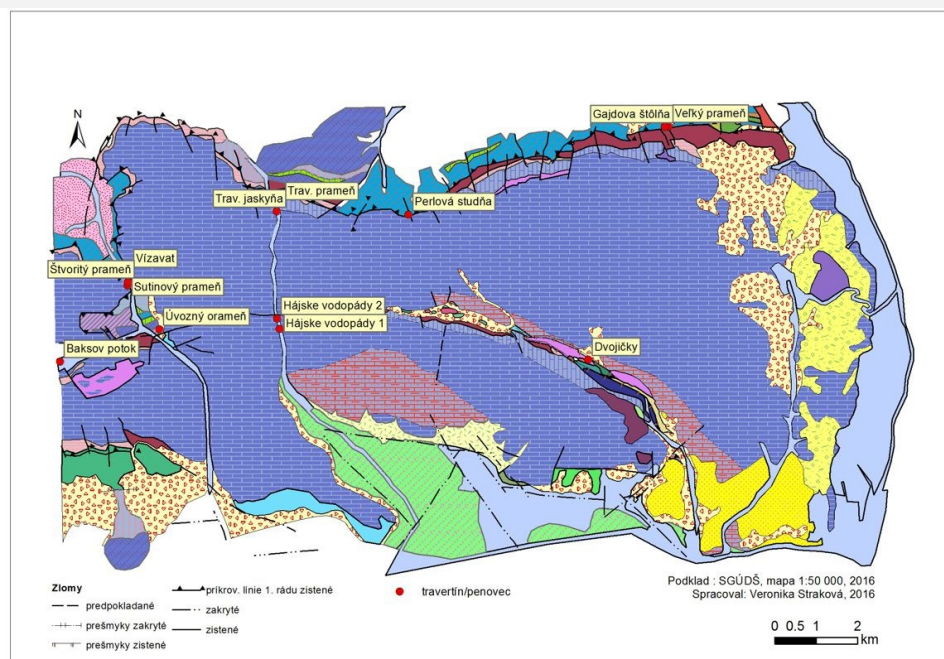
V súčasnosti s využitím presných prístrojov a moderných metód sa vedecká komunita naprieč celým svetom venuje datovaniu penovcov a analýzam ich vzniku. Táto problematika však nie je súčasťou predkladaného príspevku, čiže sa jej tu nebudeme bližšie venovať.

POLOHA A STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA SKÚMANÉHO ÚZEMIA

Územím, ktoré sme si zvolili pre túto inventarizáciu (**Obr. 1**), je oblasť Jasovskej a Zádielskej planiny a k nim príslušných dolín (Zádielska, Hájska, Šugovská, Miglinc, Baksova). Celé územie považujeme za východnú časť Slo-



Obr. 1 Lokality výskytu travertínu/penovca



Ob. 2 Zjednodušená geológia východnej časti Slovenského krasu s vyznačením lokalít

venského krasu, keďže geomorfologický charakter týchto dvoch planín je si navzájom podobný a zároveň odlišný od západnejšie ležiacich území. Aj napriek tomu, že tu prebehlo niekoľko geologických, geomorfologických aj speleologických mapovaní a výskumov, všetky tieto lokality nie sú súhrnne popísané (prehľad zmienok o lokalitách sme prezentovali v predchádzajúcej kapitole).

Z geologického hľadiska je územie tvorené kvalitnými wettersteinskými vápencami s lokalitami steinalmských a waxeneckých vápencov (**Obr. 2**). V centrálnych častiach planín prebieha výrazný rožňavský zlom, ktorý sa tu ťahá od Drienovca (na južnom úpätí Jasovskej planiny) cez údolie Varút na Zádielsku planinu a potom pokračuje cez Baksovu dolinu do doliny vodného toku Čremošná (MELLO et al. 1997). Všetky popísané lokality (a doliny) sa nachádzajú na dokázaných alebo predpokladaných tektonických líniiach. Bližšie sa zmienime ku geologickému charakteru jednotlivých lokalít v ich samostatných popisoch. Z geomorfologického hľadiska vytvárajú sedimenty v okolí prameňov a na dne fluvioekrasových dolín typické krasové formy (vodopády, stupne, terasy, hrádze, atď.).

Pramene, na ktorých sa sedimentácia nachádza, považujeme za typické krasové pramene so stálymi priemernými teplotami od 7 do 12°C v priebehu celého roka (patria teda k studeným

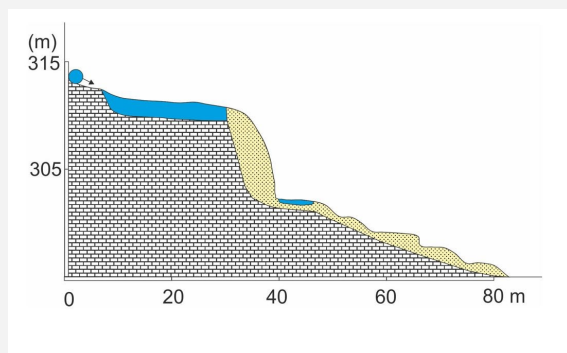
prameňom) a priemernou mineralizáciou typickou pre krasové vody (80 – 130 mg Ca²⁺/l). Sedimentácia penovca prebieha rýchlejšie v teplejších vodách a vodách s vyššou alkalitou.

INVENTARIZÁCIA LOKALÍT TRAVERTÍNOV A PENOVCOV

V nasledujúcom texte prezentujeme výsledky vlastného geomorfologického mapovania a pozorovania, počas ktorého sme lokality zmapovali, zamerali a fotograficky zdokumentovali. Pre kategorizáciu sme použili a upravili klasifikácie JÁGERA (1961), KOVANDU (1971) a PILOUSA (1985) súhrnne popisované v predchádzajúcich častiach tohto príspevku. V závere ponúkame prehľadnú tabuľku jednotlivých lokalít a priebežne fotodokumentáciu s profilmi.

OKOLIE JASKYNE GAJDOVA ŠTÔLŇA

Na obvode Jasovskej planiny boli vo viacerých čiastkových prácach spomenuté lokality výskytu penovcov a travertínov v oblasti jaskyne Gajdova štôlna - Teplica. Práve na výrazných travertínových stupňoch a kaskádach nižšie v doline toku tu boli v 15. storočí založené doposiaľ zachované rybníky, no akumulácie prebiehajú aj v súčasnosti. Všetky pramene,



3a



3b



3c

Obr. 3 Profil tokom Veľkého prameňa (3a), detail vodopádu (3b) a nízkych kaskád (3c)

ktoré tu sedimentujú sa nachádzajú v nadmorskej výške 325 – 330 m. Spolu tu nachádzame tri hlavné pramene a niekoľko menších, ktoré sú v podobe občasných výverov spod sedimentov na úpätí svahu. Pramene vyvierajú na styku krasových hornín typu gutensteinský vápenec a metamorfovaných hornín ako sú fylity, metapieskovce, metasilice a tmavé kryštalické vápence. Jedná sa o lokality, kde aj v geologickej mape môžeme vidieť zaznačené zistené príkrovové línie 1. rádu, teda kontaktné zóny. Nižšie popisujeme penovce a travertíny na hlavných lokalitách (Veľký prameň, Gajdova štôlna - Teplica, sutinové vývery a Dubový prameň). Tieto penovce radíme k úpätnému typu, keďže sa vyskytujú na priemernom sklone úpätia Jasovskej planiny 10 – 15° (výnimku tvorí krátky úsek asi 2 m v dolnej časti Dubového prameňa, ktorý zaradujeme k svahovému typu).

Veľký prameň. Prameň je zachytený do vodohospodárskej budovy, prebytočná voda vyte-

ká kovovými rúrami do umelo vybudovaného koryta (PETRVALSKÁ et al. 2014) a naplňa prvý zo série rybníkov na tomto toku. Rybník pôsobí ako akumulátor vody, ale aj teploty, pričom na prednej strane jeho steny sa recentne vytvára mohutný penovcový vodopád - známa geologická lokalita (prvá lokalita výskytu penovca na tomto toku). Tento vodopád zaradujeme k svahovým jazykom vejárovitého typu, tento vývoj tu zapríčinila umelo vybudovaná hrádza vyššie spomínanej nádrže. Na vodopáde sa hojne vyskytujú machy, ktoré sú postupne prekryté penovcom, čím vzniká veľmi krehký a pórovitý materiál rozbrázdneného charakteru. Medzi takýmito pozdĺžnymi akumuláciami sa nachádza séria 10 – 20 cm hlbokých stružiek, kde prebieha skôr erózia ako akumulácia. Vodopád tak postupne nabera vejárovitý tvar. Voda sa cez neho prepadá do depresie, ktorá za vyšších vodných stavov je vyplnená vodou a odteká smerom do doliny. Tu na toku je vytvo-



4a



4b

Obr. 4 30 cm vysoký stupeň (4a), neaktívny čiastočne erodovaný stupeň v paralelnom koryte (4b)

rených niekoľko úpätných hrádzok a stupňov výšky do 1 m (**Obr. 3**).

Gajdova štôlna. Ďalšou významnou lokalitou výskytu penovca je vodný tok, ktorý vyteká z jaskyne Gajdova štôlna, niekedy označovaný ako Teplica. Je to najvyššie položený prameň na tejto lokalite. Voda tečie v suchom období popod akumuláciu hrubého materiálu pred jaskyňou a objavuje sa v koryte až pred prepacom SHMÚ (v jarnom období vyteká priamo z vchodu jaskyne). Po 20 m od daného prepadu sa objavujú prvé väčšie kusy travertínu, po 30 m (po ústí prítoku sutinových prameňov) sa objavujú prvé penovce a vo vzdialenosti asi 50 m je už celé koryto toku tvorené travertínom (čiastočne prekryté fluvialnými sedimentmi) až po ústie do toku Teplica. Spolu sme tu identifikovali 11 úpätných stupňov (kaskád) výšky od 0,4 do 1,2 m, ktorých niektoré už majú charakter nízkych vodopádových stupňov. Za nižšími hrádzkami (vzniknutými na biogénnom základe) sa nachádzajú plytké jazierka. Po 70 m od prepadu sa počas mapovania v máji voda strácala úplne a koryto bolo suché. Zaujímavé je však sledovať tiahnucu sa depresiu-zníženie asi 5 m smerom na východ paralelne s hlavnými korytom. Tá je prerastená vegetáciou, no celá vyplnená travertínom, na ktorom sú formované štyri úpätné stupne výšky 0,8 – 1 m. Sú charakteristické výraznou plošinkou v hornej časti a kolmých až previsnutým svahom v dolnej. Ide pravdepodobne o pôvodné koryto toku z Gajdovej štôlny alebo z Veľkého prameňa (**Obr. 4**).

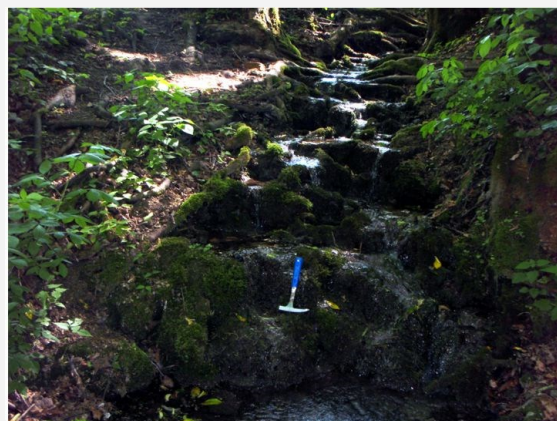
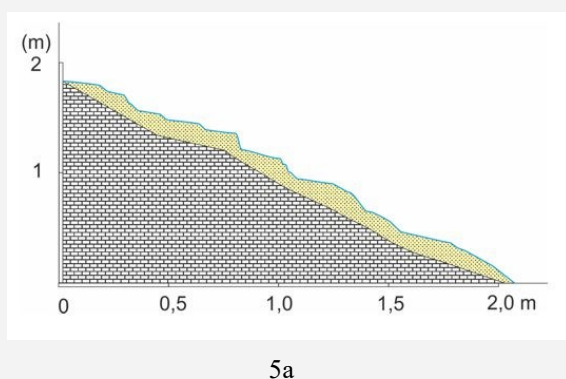
Medzi Gajdovou štôľňou a vodopádom sa periodicky za vyšších vodných stavov objavuje voda v sutinách na niekoľkých miestach - *Rozptýlené (sutinové) pramene*. Pravdepodobne ide

o priesaky Veľkého prameňa. Najvýdatnejší výver postupne vytvára plytké korytko, ktoré je prehradené svahovými hrádzkami výšky do 10 cm. Tie však boli čiastočne zničené ťažbou dreva, ktorá tu prebieha od konca roku 2015. Asi po 50 m sa tento prameň vlieva do toku z Gajdovej štôlny.

Kaskády vytvára aj vodný tok, ktorý vzniká spájaním vôd Veľkého prameňa (prebytočná voda vytekajúca rúrou do koryta) a tzv. *Dubového prameňa*. Ide o občasný vodný tok, ktorý obteká rybník z východnej strany. V koryte (po sútoku s vodami Veľkého prameňa) nachádzame úlomky travertínov, pričom v časti paralelnej s travertínovým vodopádom (popisovaným vyššie) vytvára výrazné svahové hrádzky s celkovým prevýšením cca 2 m. Hrázdky vznikli za výraznej súčinnosti koreňov okolitých stromov a balvanov vápenca, ktoré tvoria v koryte akúsi bariéru a tým umožňujú urýchlené ukladanie penovca. Tieto pôvodne obnažené korene sú v súčasnosti vzhľadom na vhodné geomorfologické podmienky (sklon, prekážky) pokryté vrstvou penovca. Ako jediný v tejto lokalite ho môžeme považovať za svahový typ (**Obr. 5**).

DOLINA TOKU MIGLINC

V doline Miglinc sme počas našich mapovania a meraní chemizmu identifikovali iba jednu lokalitu sedimentácie penovca. Prameň *Dvojičky* v nadmorskej výške 386 m (podľa LEŠINSKÉHO 2002 Prameň II nad Urbárskou vyvieracou II) sa nachádza zhruba v dolnej tretine doliny Miglinc. Názov Dvojičky bol odvodený od existencie dvoch paralelných výverov prameňa (vo vzdialenosti asi 0,5 m). Jeden



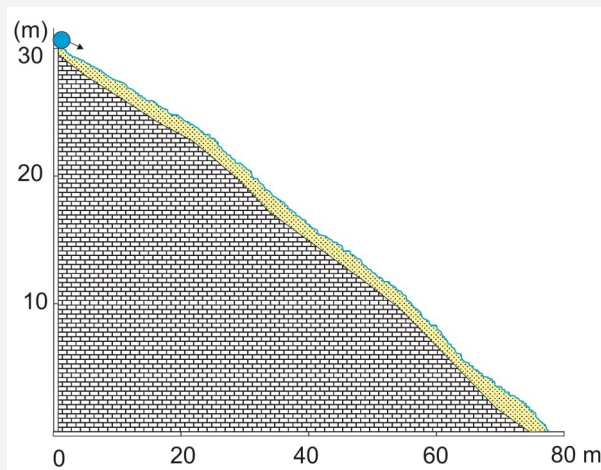
Obr. 5 Dobře vyvinuté kaskády v dolnej časti toku Dubového prameňa (5a a 5b)

z výverov je stály, druhý je aktívny iba počas vysokých vodných stavov. Spoločne vytvárajú menšie pramenisko, v ktorom sa nachádzajú náteky vyzrážaného penovca a miestami aj väčšie úlomky už spevneného travertínu. Okrem iného, intenzita sedimentácie je nami na lokalite sledovaná od roku 2014 prírastkovou metódou na plexisklových platničkách, avšak prezentácia výsledkov nie je úlohou tohto príspevku. Ide o kôrovité ložiská, ktoré sa vyskytujú priamo od výveru prameňa v celom okolí. Samotné Dvojčky však z dôvodu relatívneho slabého prietoku a nízkeho sklonu nevytvárajú hrubšie nánosy vápnitých sedimentov. Lokalita je zaujímavá aj kvôli pomerne vysokému počtu prameňov na ľavostrannom svahu toku Miglinc, kde sa dokopy vyskytujú až 4 pramene v území, ktoré pripomína akýsi skalný amfiteáter. Najnižšie položeným z nich sú spomínané Dvojčky. Prameň vyviera v lokalite kde boli zistené prešmyky, geologicky ho tvoria dachsteinské vápence, ktoré sú čiastočne prekryté kvarternými deluviálnymi sedimentami.

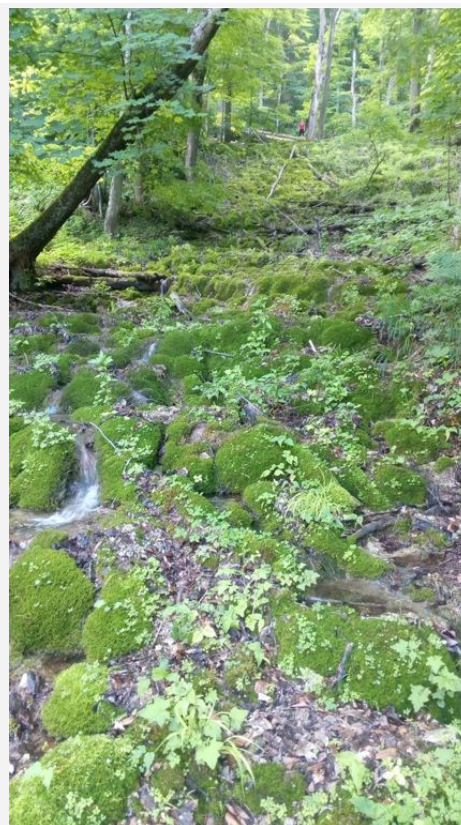
DOLINA TOKU ŠUGOV

Lokalita *Šugovská vyvieračka - Perlová studňa* (475 m) bola identifikovaná pri hydrogeologickom mapovaní Slovenského krasu, SGUDŠ Bratislava a je jednou z lokalít, ktoré doteraz v literatúre spomínané nie sú. Je pomerne ťažko dostupná, najlepší prístup na túto lokalitu je z obce Hačava, výstupom na planinu a prechodom po zelenej turisticky značenej trase (TZZ) približne v dĺžke 1,5 km. Následne je nutné zo značeného chodníka zísť na lesnú cestu, ktorá pokračuje smerom na SV až na hranu

planiny. Odtiaľ je potrebné pokračovať ďalšou lesnou cestou smerom dole po svahu až na samotnú lokalitu. V mape lesných a pozemných komunikácií SR je Šugovská vyvieračka označená ako Perlová studňa. Jedná sa o mohutné travertínové teleso, ktoré svojim objemom môžeme porovnať so známymi lokalitami v Hrňove alebo v Hájskej doline. Pramenisko vytvárajú dva nerovnocenné pramene, kde väčší dominantný prameň je spomínaná Perlová studňa, s upraveným prameňom a druhým je asi 30 m vzdialený prameň s pomerne slabou výdatnosťou a rozptýleným výverom. V okolí druhého prameňa sa nachádzajú vyzrážané povlaky zo štruktúrneho penovca, ktorý sa premiešava s hlinou a opadom zo stromov. Hlavný prameň prechádza asi po 15 m od prameniska do svahu kde sledujeme počiatok akumulácie travertínu a penovca. Vo svahu vzniknuté mohutné aktívne teleso je ukázkovým príkladom nepoškodenej prírodnej svahovej formy akumulácie. Jeho rozmery sa určujú pomerne ťažko, nakoľko travertín nachádzame aj všade v okolí od prameňa, prekrytý pôdou vo forme väčších aj menších úlomkov vo vysokom počte a rozsah telesa môže byť aj väčší, než len tá časť, ktorá je aktuálne hydrologicky aktívna. Geologické prostredie tvoria podľa mapy metamorfované horniny, teda fility, metasilice, metapieškovce a tmavé kryštalické vápence, pri terénnych prácach sa však územie javilo skôr ako krasové. Od prameniska, ktoré leží v nadmorskej výške 685 m sa teleso rozrastá a pokračuje smerom dole po svahu v dĺžke 200 m. Daná akumulácia predstavuje kombináciu svahových jazykov s výskytom kaskád a hrádzok, mnohokrát založených na biogénnych prekážkach (**Obr. 6**).



6a



6b

Obr. 6 Profil (6a) a foto (6b) pramennom oblasti Šugovského potoka (vyvieračky)

TRAVERTÍNY A PENOVCE V HÁJSKEJ DOLINE

Územie úzko zovretej doliny je z pohľadu výskytu rôznych foriem sladkovodných vápencov veľmi zaujímavé. Nachádza sa tu viacero prameňov s rôznou geomorfologickou charakteristikou. Samotná dolina je tvorená vápencami, avšak v jej úplnom závere už dochádza ku styku s nekrasovými horninami, preto je tu pravdepodobné miešanie krasových a nekrasových vôd. V takomto prípade definuje LOŽEK (In PILOUS 1985) typ ukladania ako mix-sedimentáciu.

Hájsky potok (a jeho vodopády) je sprevádzaný mohutnými travertínovými kopami, ktorých zvyšky sa nepravidelne vyskytujú na ľavom aj pravom brehu. Na toku sa vyskytuje niekoľko skupín perejí a vodopádov budovaných sedimentárnymi vrstvami travertínu, známe ako Hájske vodopády, miestnym názvom Vodopády Hlbokého jarku. Dokopy sa ich na skúmanom území nachádza 9 a dosahujú výšku od 1,2 m do 6,6 m. Z významnejších možno spomenúť v smere sklonu toku Horný Hájsky vodopád (5,3 m), Stredný Hájsky vodopád (4 m), Veľký Hájsky vodopád (6,6 m) a Hájsky vodopád nad mostom (5 m). Všetky uvedené

vodopády možno zaradiť medzi krasové vodopády kolmého typu, k nízkym až stredne vysokým vodopádom (hraničnou je výška 5 m), sú však antropogénne ovplyvnené. V minulosti tu prebiehala ťažba travertínu, z ktorého je vybudovaných väčšina budov v obci Háj a Hačava. Ťažba spôsobila odkrytie časti ložísk a tým umožnila stratigrafický výskum na lokalite. Tejto úlohy sa podujal LOŽEK (1957), vďaka ktorému poznáme presný záznam vývoja územia počas holocénu. Pri výskume využil metódu malakozoológie, teda určovania podmienok sedimentácie penovca na základe výskytu fosílií ulitníkov. Táto sedimentácia (Obr. 7) patrí k dolinnému typu s výskytom všetkých subtypov (stupne, kaskády, záclony, brady, syngenetické jaskyne, atď.).

Na západne orientovanom svahu Hájskej doliny asi 500 m južne od obce Hačava vyviera *Travertínový prameň* (625 m). Ide o periodickú vyvieračku asi 25 m nad súčasnou nivou Hájskeho potoka. Prameň sme z hľadiska chemizmu sledovali v rokoch 2013-2014, pričom od prameňa po jeho ústie do Hájskeho potoka stráca (akumuluje) asi 50 mg vápnika, pričom vzniká mohutná sedimentácia penovca po celej jeho dĺžke. Viac či menej spevnené penovce však

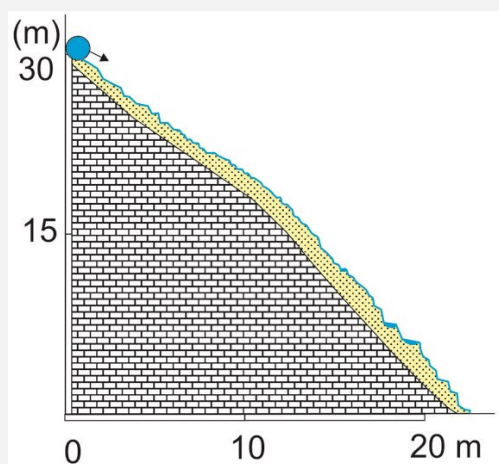


7a



7b

Obr. 7 Akumulácie penovcov a travertínov v centrálnej časti Hájskej doliny (v oblasti vodopádov 2 a 3), foto (7a a 7b)



8a



8b

Obr. 8 Travertínová vyvieracia, profil (8a) vľavo, fotografia z jarného obdobia (8b) vpravo

nachádzame aj v širšom okolí prameňa pod vrstvou opadu listia a humusu, čiže akumulácia môže byť oveľa rozsiahlejšia. Asi 20 m severnejšie vo výške 15 m nad nivou potoka sa nachádza ďalší periodický výver. Na povrchu však neprejavuje sústredený výver s korytom, pozorujeme skôr zamokrenie listia, voda čiastočne tečie popod opad. Po odhrabaní opadu môžeme pozorovať dva náteky penovca v dĺžke 5 m a 6 m. Obe akumulácie predstavujú mohutné svahové jazyky (**Obr. 8**).

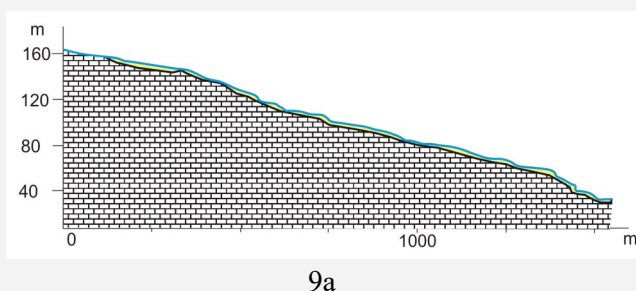
Travertínová jaskyňa (564 m) sa nachádza na protiľahlom svahu Hájskej doliny (na svahu Zádielskej planiny) asi 8 m nad nivou a je typická mohutnou travertínovou kopou dĺžke asi 5 m. Okrem toho tvorí aj náteky penovcov na vápencových blokoch v podobe tzv. kôrových povlakov. Z jaskyne za občasných udalostí vyteká voda, v súčasnosti je okolie antropogénne pozmenené speleologickým prieskumom.

TRAVERTÍNY A PENOVCE V ZÁDIELSKEJ DOLINE

Pramene sú sústredené zhruba v strednej časti Zádielskej doliny.

Vyvieračka *Vízavát* je známou lokalitou, o čom svedčí aj to, že jej poloha je vyznačená

v bežne dostupných turistických mapách. Prameň leží na západnom svahu Zádielskej planiny, v nadmorskej výške 558 m n. m. Geologické podložie je tvorené wettersteinskými vápencami a taktiež fylitmi, metasilicami, metapieskovcami a kryštalicými vápencami, nakoľko prameň leží na kontakte týchto dvoch typov hornín. Jedná sa o zistenú príkrovovú líniu 1. rádu. Okolie prameňa nesie známky po kopacích prácach v minulosti, o čom svedčí aj prítomnosť akejsi drevenej budy, ktorá pravdepodobne slúžila prieskumníkom. Prameň sa po pár metroch od výveru vlieva do Chotárneho potoka. Práve na tomto mieste môžeme pozorovať prvý výskyt penovcov. Sú v okolí roztrúsené v podobe väčších a menších úlomkov, ktoré sú premiešané s okolitým štrkom a zeminou. Smerom dole po toku nachádzame pomerne veľké telesá travertínu. Na základe vzhľadu je pravdepodobné, že sa nejedná o recentné ukladanie a travertín je aj staršieho veku. Na lokalite bol vykonaný prieskum, pri ktorom bola odkrytá puklinovitá chodba V-Z smeru, členmi speleologickej skupiny Banického múzea a neskôr OS SSS Rožňava (KLADIVA 1992). Dnes je jaskyňa zasýpaná zosúvajúcim sa štrkom, avšak pri vysokých stavoch drénuje neznámu zbernú oblasť (LEŠINSKÝ 2002). Ide o svahovú akumuláciu v podobe svahového jazyka s výskytom hrádzok v dolnej časti.



9a



9b

Obr. 9 Profil Baksovým potokom (9a) a detail penovcového vodopádu (9b)

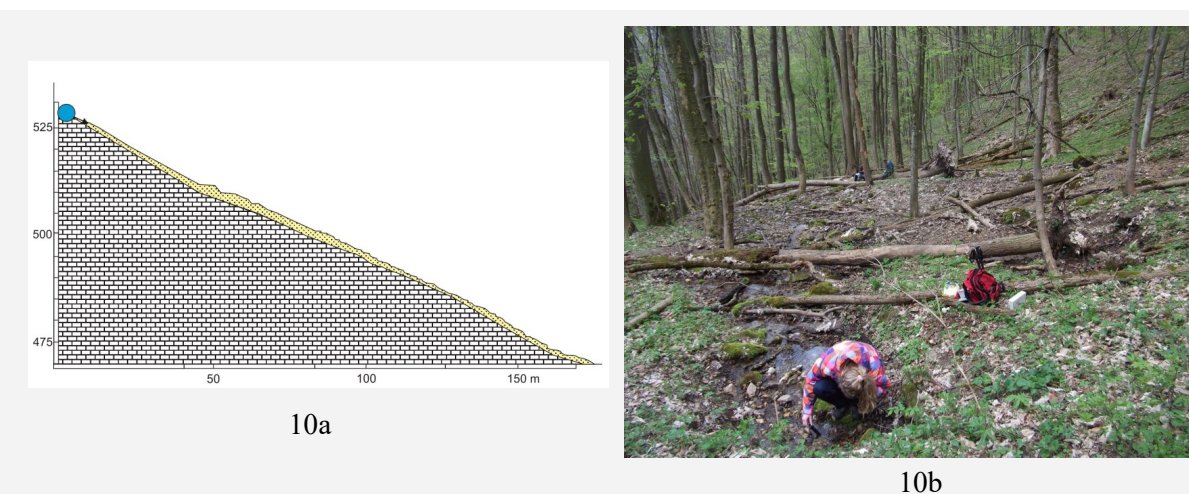
Baksov potok o dĺžke približne 1,5 km kopíruje od svojho výveru až po ústie s Chotárnym potokom Baksovu dolinu. Pramení vo výške 610 m. Tá leží na už spomínanom rožňavskom zlome, ktorý sa tiahne v smere V-Z, to znamená, že dolina je kolmá na Zádielsku dolinu. Vede ňou asfaltová cesta z obce Bôrka až do centrálnej časti Zádielskej doliny. Geologické podložie je tu zastúpené fluviaľnými sedimentmi, v blízkom okolí sa nachádzajú bodvasilašské vrstvy - pieskovce, kremité pieskovce, bridlice, evapority a sinské vrstvy - bridlice, vápence a dolomity, polohy organodetritických vápencov, rauvaky a taktiež masívne wettersteinské vápence. Takmer celé dno potoka je tvorené penovcom rôznej hrúbky, miestami sa na toku vytvárajú malé jazierka a kaskády. Pramenná časť potoka je husto zarastená krovínami, preto nebolo možné priamo v teréne zistiť počiatočný bod sedimentovania, možno však konštatovať, že zhruba 100 m od prameňa už sledujeme piesčité sedimenty penovca a smerom dole po toku sa objavujú a prvé, pomerne mohutné hrádze. Penovce na Baksovom potoku zaradujeme podľa kategorizácie PILOUSA (1985) medzi údolné, ktoré vytvárajú hrádzkové stupne (**Obr. 9**).

Úvozný prameň - názov lokality je odvodený podľa polohy pod starým úvozom, ktorým sa kedysi dostávali vozy s koňmi na planinu (**Obr. 10**). Dnes vedie touto cestou zelená turisticky značená trasa (TZT), na ktorú sa možno napojiť na konci Zádielskej tiesňavy. Zhruba v spodnej tretine cesty sa vo svahu dole pod TZT sa na malej rovinke vo výške 535 m nachádza pramenisko. Pri príchode z juhu sa je jednoduchšie orientovať pomocou skalných bráľ, pričom prameň leží pod Skalou posledného komína (LOŽEK a ČÍLEK 2013). Voda sa na povrchu objavuje z viacerých výverov a vytvára zamokrenú depresiu o rozmeroch cca 5x10 m, ktorá sa

podľa geologickej mapy nachádza na pravdepodobnom zlome. Podložie je tvorené na povrchu kvartérnymi deluviaľnými sedimentami, v okolí sa potom vyskytujú wettersteinské a tiež gutensteinské vápence, dúbavské súvrstvie, tvorené metamorfity a hončinske súvrstvie, tvorené masívnymi a kryštalickými vápencami, a takisto aj sinské vrstvy. Jedná sa o stály prameň s prísakom vody do sedimentov niekoľko metrov od prameňa v letných mesiacoch. Po pár metroch od hlavného výveru sa terén mení a strmo klesá dole k hlavnej doline Chotárneho potoka, ako jeho ľavostranný prítok. V tomto bode pozorujeme začiatok sedimentácie penovca. Približná dĺžka toku je 100 m, pričom štruktúrne penovce sa vyskytujú zhruba 10 m od prameniska. Prameň vyviera aj sedimentuje penovec vo svahu, preto v tomto prípade hovoríme o svahových hrádzkových stupňoch. Lokalitu skúmali stratigraficky v roku 2013 LOŽEK a ČÍLEK (2013).

Štvoritý prameň (548 m. n. m) leží severne od Zádielskej chaty, na pravom brehu Chotárneho potoka. Jedná sa o pramenisko so 4 rovnocennými vývermi. Okolie je podmáčané a náročné na pohyb, piesčité penovec sa tu mieša s hlinou a štrkom (**Obr. 11**). Napriek tomu sa jedná o pomerne čistý sediment bez prímiesi rastlinných a živočíšnych zvyškov. Môžeme ho zaradiť medzi svahové jazyky (aj keď menej výrazné). Spoločne aj so Sutinovým prameňom tvorí ich geologické podložie wettersteinský vápenc.

Poloha *Sutinového prameňa* je takmer totožná so Štvoritým prameňom, leží od neho asi 20 m smerom na juh (po prúde vodného toku) v nadmorskej výške 559 m. n. m. Jeho relatívna nadmorská výška od Chotárneho potoka je cca 15 m, oproti Štvoritému prameňu je teda o dosť vyššie. Takisto forma výveru sa líši, Sutinový prameň je typickým príkladom sústredeného výveru. Názov je odvodený od polohy prameňa vo



Obr. 10 Profil Úvozného prameňa (10a) a detail jeho prameniska vo svahu (10b)



11a



11b

Obr. 11 Štvoritý prameň (11a) a sutinový prameň (11b) s nátekmi penovca iba niekoľko metrov nad nivou hlavného vodného toku

svahu, nakoľko vyviera v jeho spodnej časti, kde je akumulované väčšie množstvo sutiny. Medzi akumuláciami je možné sledovať väčšie ale aj menšie množstvá štruktúrneho penovca, ktorý sa smerom nadol stále viac premiešava s pôdou. Na základe nášho mapovania odhadujeme, že prameň je stály a vytvára väčšie teleso z penovca, ktoré je stále aktívne a sedimentuje. Z pohľadu geomorfologického členenia ide o nevýrazný svahový jazyk.

Lokalita kde sa vyskytujú oba vyššie spomínané pramene vytvára podmáčané územia o rozmeroch približne 30 x 50 m. Smerom hore do svahu je pozorovateľný monotónny porast mesačnice trvácej (*Lunaria rediviva*), ktorá je typickou bylinou vyhľadávajúcou vlhké tienisté stanovišťa.

DISKUSIA

V predchádzajúcej kapitole sme sa venovali len tým prameňom vo východnej časti Slovenského krasu, ktoré vykazujú silnejšiu mieru sintrovania a jej výsledkom sú mezoformy a mikro-

formy. V **Tab. 1** prezentujeme na základe našich pozorovaní typ penovca, jeho polohu (dolinnú či svahovú) a klasifikáciu na základe penovcom vytvorených foriem.

Medzi jednotlivými akumuláciami nevidno závislosti vzhľadom na nadmorskú výšku akumulácie či čiastkovú hydrogeologickú štruktúru. Obsah vápnika v jednotlivých prameňoch dosahuje od 98 do 128 mg (na príklade 1.4.2016), rozdiely nie sú výrazné a rovnako neovplyvňujú morfológický charakter akumulácie. Obsah vápnika sa líši iba v rôznych miestach odberu na danej lokalite, pri prameni dosahujú rádovo asi o $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{4}$ obsahu vápnika viac ako v lokalite samotnej akumulácie. Vzniknuté (vznikajúce) formy sú primárne závislé na pôvodnom geomorfologickom charaktere reliéfu a pri ďalšom priebežnom modelovaní na geomorfologickom charaktere predtým vzniknutého ložiska. Rôznorodý reliéf tejto oblasti umožnil vznik svahových, ale aj mohutných dolinných telies.

Na základe sklonitosti reliéfu lokalít výskytu možno konštatovať, že najmenej sklonité (do 20°) sú dolinné akumulácie, čomu čiastočne zodpovedajú aj formy tu vznikajúce. Ide prevažne o stupne a hrádze. Za svahový jazyk na po-

Tab. 1. Lokality penovcov (resp. travertínov) so základnou morfológickou klasifikáciou

P. č.	Názov prameňa/ lokality	Nad. výška prameňa (m)	Sklonitosť lo- kalitý so sedi- mentáciou (resp. toku), %	Morfogenetický typ ⁽¹⁾	Typ penovca (¹)	Poloha (²)	Klasifikácia ⁽²⁾	Poloha voči tektonickej linii
1	Veľký prameň	320	15	penovec, travertín	štruktúrny	dolina	svahové jazyky vejárovité, úpätné stupne a hrádze	severne od prešmykovej linie V-Z smeru
2	Gajdova štóľha	330	16,5	penovec, travertín	štruktúrny	dolina	úpätné stupne a hrádze	
3	Rozptýlené pr.	325	14	penovec	štruktúrny	dolina	úpätné hrádze	
4	Dubový prameň	325	10	penovec	štruktúrny	dolina	svahové hrádze	
5	Dvojčky	386	20	penovec	štruktúrny	svah	kôrové ložisko	prešmyková línia SZ-IV smeru
6	Perlová studňa	475	21	penovec, travertín	štruktúrny	svah	svahové hrádze a stupne	severne od prešmykovej linie V-Z smeru
7	Hájsky potok	725	15	penovec, travertín	štruktúrny	dolina	terasý, stupne, kaskády, brady, atď.	zlom predpokladaný zakrytý S-J
8	Travertínová jaskyňa	564	61	penovec, travertín	štruktúrny	svah	kôrové ložisko	zlom predpokladaný zakrytý S-J
9	Travertínový prameň	625	60	penovec, travertín	piesčitý	svah	svahové jazyky (úzky)	zlom predpokladaný zakrytý S-J
10	Vízavát	558	40	travertín	štruktúrny	svah	svahový jazyk (úzky), hrádze	příkrovová línia S-J
11	Baksov potok	610	10,6	penovec, travertín	štruktúrny	dolina	údolné terasové stupne a hrádze	južne od zisteného zlomu V-Z
12	Úvozný prameň	535	41,2	penovec	štruktúrny	svah	svahové hrádze	zlom predpokladaný zakrytý S-J
13	Štvoritý prameň	548	52	penovec	piesčitý	svah	svahové jazyky (úzky)	zlom predpokladaný zakrytý S-J
14	Sutinový prameň	559	55	penovec, travertín	štruktúrny	svah	svahové jazyky (úzky)	zlom predpokladaný zakrytý S-J

⁽¹⁾ klasifikácia podľa JÄGERA (1961) a KOVANDU (1971)⁽²⁾ klasifikácia podľa PILOUSA (1985)

dobnom sklone možno považovať iba jedinú lokalitu na Veľkom prameni a to vodopád, ktorá je však charakteristická významnou zmenou sklonu (dosahuje až do 90°). Čím je sklon na úseku vyšší, tým viac predurčuje vznik svahových jazykov úzkeho typu (napr. Travertínový prameň, Úvozový prameň, atď.). Tento tvar akumulácie úzko súvisí s rýchlosťou tečenia vody a preto sa tok sústreďuje do línie (eróznej ryhy) a neakumuluje v širšom okolí. Všetky akumulácie sa nachádzajú u prameňov, ktorá vyvierajú na dokázaných a predpokladaných tektonických líniah či prešmykoch. Preto pripisujeme priamu závislosť tejto polohy.

ZÁVER

V príspevku sme sa snažili poukázať na pomerne rozsiahle možnosti mapovania a výskumu vápnitých sedimentov v rámci územia Slovenského krasu. Doposiaľ absolvované terénne práce indikujú omnoho rozsiahlejší výskyt penovcov a travertínov s akým sa doteraz pri výskume rátalo. Samotné sedimenty majú význam pri skúmaní geomorfologického aj geoeologického vývoja krasovej krajiny, nami získané údaje tvoria však zatiaľ len časť vedomostí, ktorá tvorí mozaiku Slovenského krasu. Sedimentové lokality sa vyskytujú takmer vždy na kontaktných zónach rôznych horninových prostredí a na ich vznik má preto do značnej miery vplyv mix - korózia (vôd s odlišným chemizmom a fyzikálnymi vlastnosťami). Vo východnej časti Slovenského krasu (Jasovská a Žádielska planina s príslušnými dolinami) sme spolu počas terénneho výskumu identifikovali 14 lokalít, kde sme zdokumentovali rôzne formy sedimentácie. Predpokladali sme, že sedimentácia bude odlišná u vôd s rôznym chemizmom (hlavne obsahom vápnika), čo sa však počas výskumu nepotvrdilo. Časť týchto lokalít je aj súčasťou výskumu chemických a fyzikálnych vlastností vôd s pravidelnosťou odberov.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok bol podporený projektom SK-CN 2015-0030 "Comparative study on the karst carbon cycle and carbon sink coupling with the ecological rehabilitation under China subtropic and Slovakia temperate zones".

LITERATÚRA

ALMEIDA, L., H., S., FILHO, W., S., KARMANN, I., BOGGIANI, P., C. (2011). Quarte-

nary tufas in the Serra do André Lopes, south-eastern Brasil. *RENDICONTI Online della Società Geologica Italiana*, 16, 5 – 6.

GRADZIŃSKI, M. (2010). Factors controlling growth of modern tufa: results of a field experiment. In Pedley, H. M., Rogerson, M., eds. *Tufas and Speleothems: Unravelling the Microbial and Physical Controls*. Geological Society, London, Special Publications, 143 – 191.

HORÁČEK, I., LOŽEK, V. (1988). Přehled nových výzkumů v kvartéru biosférické rezervace Slovenský kras. *Československý kras*, 39, 61 – 68.

JANÁČEK, J. (1941). Geologická studie Turňanské kotliny. *Rozpravy II, třídy Geologické akademie*, 50, 1 – 20.

JÄGER, K. D. (1961). Eine Auelehm-Ablagerung in der Rinneau bei Stadtreuda und ihre Beziehung zur mittelalterlichen Besiedlung des Remdaer Landes. *Jahrbuch der staatlichen Museen Heidecksburg in Rudolstadt. Rudolstadt*. 55 – 80.

KLADIVA, E. (1992). ŠPR Žádielska tiesňava – speleologický inventarizačný výskum na podklade Metodických pokynov pre inventarizačný prieskum maloplošných chránených území, ÚSOP č. 9/83, 1983 Bratislava. Manuskript. SSS, OS Košice – Jasov. 62 s.

KOVANDA, J. (1971). Kvartérní vápence Československa. *Sborník geologických věd - Antropozoikum*, 7, 7 – 236.

LEŠINSKÝ, G. (2002). *Závěrečná správa za odbornou činnost – Inventarizačný výskum krasu Žádielskej planiny v Slovenskom krase*. Manuskript. SMOPaJ, Liptovský Mikuláš. 67 s.

LOŽEK, V. (1957). Malakozoologický výskum rezervace „Teplica“ u Jasova. *Ochrana přírody*, 11, 9, 264 – 268.

LOŽEK, V. (1958). Stratigrafie a měkkýši holocénních travertínů v Háji u Turni. *Anthropozoikum*, VII, 27 – 36.

LOŽEK, V. (1959). Další interglaciální malakofauny ze Slovenska. *Anthropozoikum*, 9, 77 – 85.

LOŽEK, V. (1961). Biostratigrafický výskum čs. kvartéru v roce 1960 (Listy M-33-XXV, M-33-XXI, M-33-XXII, M-33-XXIX, M-33-XXX a M-33-XXXVI). *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1960*, 173 – 175.

- LOŽEK, V. (1963). Pěnovce - nový název pro sypké a polopevné travertíny. *Slovenský kras*, 14, 113 – 114.
- LOŽEK, V. (1964). Výzkum ložisek přírodních hnojiv na východním Slovensku. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1963*, 346 – 348.
- LOŽEK, V. (1989). Výzkum kvartéru biosférické rezervace Slovenský kras. *Zprávy o geologických výzkumech v roce 1986*, 97 – 98.
- LOŽEK, V. (1993a). Malakofauna z jeskyně Slaninová v Hájské dolině. In Lamiová-Schmiedlová, M., Mačala, P., eds. *Východoslovenský pravek IV. C Archeologický Ústav SAV Nitra, Košice*. 27 – 30.
- LOŽEK, V. (1993b). Vývoj Slovenského krasu v holocénu. *Speleo*, 13, 12 – 13.
- LOŽEK, V. (2007). *Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru*. Nakladatelství Do-kořán, Praha, 198 s.
- LOŽEK, V. (2011). Stratigrafie a malakofauna holocenní výplně jeskyně Pod valem (Zádielska tiesňava, NP Slovenský kras). *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2010*, 62 – 65.
- LOŽEK, V., CÍLEK, V. (2013). Holocenní souvrství pod skalou Posledného komína v Zádielskej tiesňave (NP Slovenský kras). *Zprávy o geologických výzkumech v roce 2013*, 47, 160 – 164.
- LOŽEK, V., HORÁČEK, I. (1992) Slovenský kras ve světle kvartérní geologie. *Slovenský kras*, 30, 29 – 56.
- MELLO, J., ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPO, L., VASS, D., VOZÁROVÁ, A. (1996). *Geologická mapa Slovenského krasu 1:50 000*. Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava.
- MELLO, J., ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPO, L., VASS, D., VOZÁROVÁ, A., GAÁL, L., HANZEL, V., HÓK, J., KOVÁČ, P., SLAVKAY, M., STEINER, A. (1997). *Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1:50 000*. Bratislava: Vydavateľstvo Dionýza Štúra. 255 s.
- MIHALOVÁ, L. (2013). Hodnotenie krasového prameňa Teplica v Jasove. *Podzemná voda*, 19, 1, 64 – 70.
- MITTER, P. (1979). *Reliéf na travertínoch Slovenska*. Záverečná správa, MSK Liptovský Mikuláš, 176 s.
- NĚMEJC, F., PETRBOK, J. (1925). Příspěvek k seznání československých travertínů. *Věda přírodní*, 6, 4. - 5., 105 – 106.
- PENTACOST, A. (1996). The quaternary travertine deposits of Europe and Asia Minor. *Quaternary science reviews*, 14, 1005 – 1028.
- PENTACOST, A. (2005). *Travertine*. Springer, 448 s.
- PETRVALSKÁ, A. (2014). *Reliéf Jasovskej planiny*. Ústav geografie, PF UPJŠ, Košice. 112 s.
- PETRVALSKÁ, A., STRAKOVÁ, V., KOVÁČOVÁ, M., PANCURÁKOVÁ, M. (2014). Súpis krasových prameňov Jasovskej planiny a priľahlých častí Medzevskej pahorkatiny. *Slovenský kras*, 52, 1, 67 – 89.
- PILOUS, V. (1971). *Morfologie slovenských pramenitů a pěnoveců*. Thesis, 148 s.
- PILOUS, V. (1972). Pěnovcové konstruktivní vodopády. *Sborník československé společnosti zeměpisné*, 77, 311 – 321.
- PILOUS, V. (1985). *Morfogenetická typizace pramenitových, pěnovecových a travertinových forem reliéfu*. Nakladatelství České akademie věd, Praha, 105 s.
- SZCZUREK, S. M. (2013). *Środowisko sedymentacji i wiek martwic wapiennych z Haju (Kras Slowacki)*. Thesis, The Jagiellonian University, Kraków, Poland, 100 p.
- TRAVASSOS, L. E. P., OLIVEIRA, R. I. C. (2016). Tufa deposits in the karst of Monte Claros, Minas Gerias, Brazil. *Acta Carsologica*, 45, 1, 85 – 96.