



UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH

Prírodovedecká fakulta

# O JASKYNIACH

# A KRASE PRE KAŽDÉHO

Alena GESSERT a kolektív

Košice 2023



**UNIVERZITA PAVLA JOZEFA ŠAFÁRIKA V KOŠICIACH**

**Prírodovedecká fakulta**

**Ústav geografie**



**O jaskyniach a krase pre každého  
vybrané kapitoly**

**VYSOKOŠKOLSKÁ UČEBNICA**

Alena GESSERT a kolektív



Košice 2023

Táto publikácia vyšla s podporou MŠŠVV SR, Agentúry KEGA, projekt č. 016UPJŠ-4/2021 – Rok 2021 - Medzinárodný rok jaskýň a krasu - vzdelávajme sa, skúmajme a chráňme

## **O jaskyniach a krase pre každého – vybrané kapitoly**

Vysokoškolská učebnica

### **Autori:**

RNDr. Alena Gessert, PhD.

*Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach*

Mgr. Imrich Sládek, PhD.

*Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach*

Mgr. Jozef Šupinský, PhD.

*Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach*

RNDr. Janetta Nestorová-Dická, PhD.

*Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach*

RNDr. Rastislav Serbin, PhD.

*Ústav chemických vied, Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach*

Mgr. Veronika Straková

*Slovenské národné múzeum Betliar*

Ing. Juliána Kelemenová

*Banické múzeum Rožňava*

Marcel Vasiľák

*Prírodovedecká fakulta, UPJŠ v Košiciach*

### **Recenzenti:**

Mgr. Lukáš Vlček, PhD.

Mgr. et Mgr. Branislav Šmída, PhD.



Tento text je publikovaný pod licenciou Creative Commons 4.0 CC BY-NC-ND

Za odbornú a jazykovú stránku zodpovedajú autori. Rukopis neprešiel redakčnou ani jazykovou úpravou.

Umiestnenie: [www.unibook.upjs.sk](http://www.unibook.upjs.sk)

Dostupné od: 1.4.2023

ISBN 978-80-574-0191-9 (tlačená verzia)

ISBN 978-80-574-0192-6 (elektronická verzia)

DOI: <https://doi.org/10.33542/OJK-0192-6>

---

## Obsah

Predslov ( <i>Alena Gessert</i> ).....	4
Prečo a kde vznikajú kras a jaskyne? ( <i>Imrich Sládek</i> ) .....	5
Chemické pozadie vzniku krasu ( <i>Rastislav Serbin, Imrich Sládek</i> ).....	11
Skamenelý život v travertínoch ( <i>Veronika Straková</i> ) .....	17
Tajomné jamy v krase – závrty ( <i>Alena Gessert</i> ) .....	22
Voda, ktorá je v krase vzácna ( <i>Imrich Sládek</i> ).....	28
Prečo v ľadových jaskyniach vzniká ľad? ( <i>Jozef Šupinský</i> ).....	32
Prečo treba kras chrániť? ( <i>Alena Gessert</i> ).....	38
Vplyv človeka na kras a jaskyne ( <i>Alena Gessert, Rastislav Serbin</i> ) .....	44
Jaskyňa ako ju nepoznáme (s pomocou laserového skenera) ( <i>Jozef Šupinský</i> ) .....	49
Výnimočné slovenské jaskyne ( <i>Alena Gessert</i> ) .....	54
Sú slovenské sprístupnené jaskyne pre turistov zaujímavé? ( <i>Janetta Nestorová-Dická</i> ).....	59
„Naj“ zo svetových jaskýň ( <i>Alena Gessert</i> ) .....	66
Slovenská speleologická spoločnosť ( <i>Alena Gessert</i> ).....	73
Správa slovenských jaskýň ( <i>Imrich Sládek</i> ).....	74
Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva ( <i>Alena Gessert</i> ) .....	78
Slovenský kras v expozíciách Banického múzea v Rožňave ( <i>Juliána Kelemenová</i> )	79
Videa s tematikou krasu a jaskýň ( <i>Alena Gessert</i> ) .....	83
Záver a poďakovanie ( <i>Alena Gessert</i> ).....	84
Slovník základných pojmov ( <i>Alena Gessert, Marcel Vasil'ák</i> ) .....	85
Zoznam obrázkov .....	87
Zoznam tabuliek.....	91
Vybranými krasovými regiónmi sveta – obrazová príloha .....	92
Predstavujeme autorov .....	106



---

## Predslov

Milí čitatelia.

Vítame vás vo svete jaskýň a krasu, ktorý stále ostáva tajomný, neprebádaný a záhadný. Zároveň je prostredím veľmi krehkým a akékoľvek zmeny (aj negatívne) sa v ňom prejavujú veľmi rýchlo. Preto si vyžaduje neustálu pozornosť, skúmanie a vzdelávanie nielen žiakov a študentov, ale aj obyvateľov v takýchto oblastiach. Veď takéto územia sú nielen krásne, ale aj svojim fenoménom a vegetáciou vzácne a samozrejme prospešné. Veď veľké množstvo svetových metropol ako napr. aj Rím a Viedeň vďačí krasovým vyvieraciam za kvalitnú pitnú vodu, no tú si treba vážiť a chrániť.

Jaskyne patrili od minulosti k veľmi špecifickým miestam. V niektorých kultúrach boli miestami obetnými, pietnymi, v iných zase tými, kde sa človek dostal na „opačný breh života“. Obyvatelia ich využívali na úkryt, miesto na zanechanie odkazov, či prečkanie zlého počasia, v niektorých aj žili. Vo vojnách sa v našich končinách ukrývali pred nepriateľom aj celé rodiny či dediny, alebo v nich schovávali zbrane. V súčasnosti vo väčšine krajín sú cieľom turistov, ktorí chcú zažiť niečo nové a nepoznané, tmú, vysokú vlhkosť vzduchu aj vidieť fascinujúcu krásu podzemnej výzdoby. No sú aj cieľom jaskyniarov, ktorí túžia jaskyne objavovať, dostať sa do sveta, kde pred nimi ľudská noha nevstúpila, nájsť dôkazy o predchádzajúcom osídlení, alebo robiť výskum, ktorý nás v poznaní posúva stále ďalej a ďalej.

V publikácii, ktorú držíte v ruke prinášame viac aj menej tradičné témy o vzniku krasu a jaskýň, vybraných ekologických aspektoch, mapách a ich tvorbe, významných svetových jaskyniach aj o živote človeka v takýchto územiach. Prinášame Vám zároveň prehľad významných krasových lokalít, ktoré stoja určite za to, aby ste sa o nich dozvedeli niečo viac alebo ich osobne navštívili. Táto publikácia je určená pre čitateľov z radov žiakov, študentov, učiteľov aj širokej verejnosti a veríme, že Vás vtiahne do tohto záhadného sveta.

Zanechajme krasové územia aj ďalším generáciám a preto ich skúmajme, chráňme a vzdelávajme (sa) o nich.

Za kolektív autorov *Alena Gessert*

---

## Prečo a kde vznikajú kras a jaskyne?

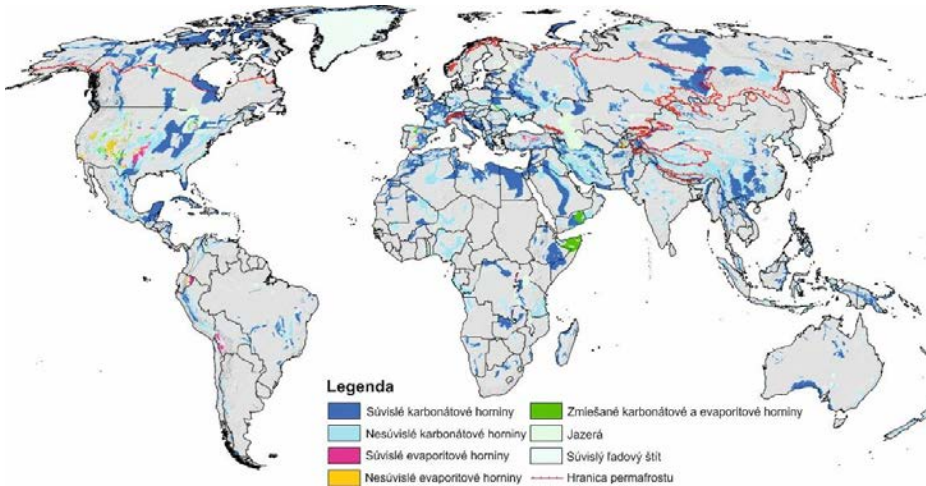
**Kras** (obr. 1) predstavuje špecifický typ reliéfu Zeme, ktorý sa vyznačuje jedinečnými morfológickými a hydrologickými javmi. Krasový reliéf je súborom povrchových a podzemných krasových foriem. Medzi povrchové formy patria **škrapy**, **krasové jamy** (závrty), **ponory** a **vyvieračky**. Medzi podzemné formy krasu zaraďujeme hlavne jaskyne a priepasti, ako aj ich sintrovú výzdobu. Pre kras je typická osobitá hydrografia, keďže zrážková voda rýchlo vteká do podzemia, čo zapríčiňuje nedostatok vody na povrchu. V podzemí sa potom podieľa na vytváraní podzemných krasových foriem, predovšetkým jaskýň (meandre, dómy, sifóny, vírové jamky, marmity...).

**Jaskyňa** je podľa zákona NR SR č. 287/1994 Zb. z. o ochrane prírody a krajiny človeku prístupný a prírodnými procesmi vytvorený dutý podzemný priestor v zemskej kôre, ktorého dĺžka alebo hĺbka presahuje 2 m a rozmery povrchového otvoru sú menšie ako jeho dĺžka alebo hĺbka. Všetky jaskyne na Slovensku sú súčasťou prírodného dedičstva a podľa Ústavy SR vlastníctvom štátu. Zákon o ochrane prírody a krajiny ustanovil všetky jaskyne a priepasti za prírodné pamiatky (PP), pričom najvýznamnejších 44 jaskýň vyhlásilo MŽP SR vyhláškami 293/1996 a 292/2001 Zb. z. za národné prírodné pamiatky (NPP).



Obr. 1. Letecký pohľad na severozápadný cíp Silickej planiny v Slovenskom krase, sponad Plešiveckej planiny (Zdroj: <https://slovakia.travel/narodny-park-slovensky-kras>)

Kde všade **vo svete** sa kras **vyskytuje**? V celosvetovom meradle je 15,2 % povrchu nezaľadnenej pôdy charakterizovaných prítomnosťou krasových hornín, ktoré možno ďalej rozdeliť na súvislé (9,4 %) a nesúvislé (5,8 %) krasové oblasti (obr. 2). Najvyššie percento krasu je v Európe (21,8 %), potom nasledujú Severná Amerika (19,6 %) a Ázia (18,6 %). Menej bohaté na kras sú Afrika (13,5 %), Austrália a Oceánia (6,2 %) a Južná Amerika (4,3 %). Najrozsiahlejším celistvým krasovým územím Európy je tzv. Dinársky kras (60 000 km<sup>2</sup>) na Balkáne. Najväčšiu absolútnu krasovú plochu (2,54 mil. km<sup>2</sup>) a najvyššie percento krasu (26,5 %) spomedzi desiatich najväčších krajín sveta má Čína.



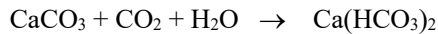
Obr. 2. Celkový rozsah karbonátových hornín vo svete (Zdroj: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-020-02139-5/figures/1>, upravené)

Môžeme si položiť otázku, prečo sa na niektorých miestach Zeme kras vyskytuje a inde nie. Treba si uvedomiť, že na vznik krasu musia byť splnené určité podmienky. Predovšetkým musí byť prítomná krasová hornina (najčastejšie vápenc, menej obvykle dolomit alebo mramor, ktoré patria medzi karbonátové horniny, ale kras sa môže vyvinúť aj v evaporitoch ako sadrovc, kamenná soľ a i.). Pri horninách sú dôležité faktory mocnosť a úložné pomery, tiež pórovitosť (mikropriestory, ktoré sa zachovali po usadení a spevnení horniny) a puklinovitosť. Hrúbka a úložné pomery hornín ovplyvňujú rozsah a rýchlosť **krasovatenia**, a tiež usmerňujú krasový proces. Na vrstvových plochách vznikajú škáry, ktorými voda presakuje do podzemia. Tvorbu puklín spôsobuje aj vrásnenie. Cez tektonické pukliny prechádza voda do veľkých hĺbok. Nepriepustné polohy hornín zase limitujú hĺbku krasovatenia. Ale ak sú priepustné horniny prikruté nepriepustnými horninami, proces korózie dokáže pod povrchom prebiehať. Úložné pomery hornín môžu mať vplyv na tvar krasových plošín a planín.

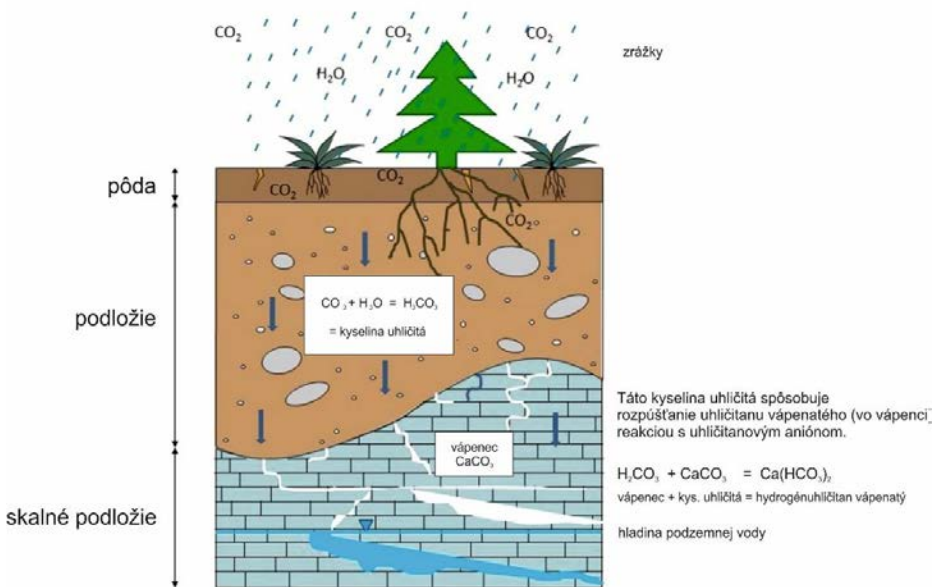
Významným **faktorom** v procese krasovatenia je voda obohatená o  $\text{CO}_2$ , ktorého zdrojom je jednak atmosféra, ale hlavne pôda, cez ktorú voda preteká pri svojej ceste do podzemia. A takisto sú dôležité aj klimatické podmienky, predovšetkým teplota a zrážky. Vo vlhších oblastiach prebieha proces krasovatenia 4-krát rýchlejšie. Vo vlhkých trópoch sa rýchlejšie rozkladajú organizmy – uvoľňujú kyseliny, ktoré zintenzívňujú rozpúšťanie. Vody zo snehu sú 20-krát agresívnejšie ako dažďové (obsahujú viac  $\text{CO}_2$ ). Čím nižšia teplota, tým viac  $\text{CO}_2$  sa uvoľní a môže vstúpiť do procesu krasovatenia. V miernom pásme je limitujúcim faktorom nadmorská výška, s pribúdaním nadmorskej výšky sa klíma ochladzuje. Teplotné podmienky krajiny priamo ovplyvňujú hydrologický režim, čo sa prejavuje zrážkami. Rýchle alebo pomalé topenie snehu ovplyvňuje rýchlosť povrchového splachu a infiltrácie.

A ako teda vzniká kras? Vznik krasu je chemický proces (obr. 3) pri ktorom dochádza k rozpúšťaniu uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ) účinkom vody obohatenej o oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) pričom vzniká hydrogenuhličitan vápenatý  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ . Ten je vo forme roztoku transportovaný na iné miesto (aj mimo krasového územia), kde sa môže späťne vyzrážať ako uhličitan vápenatý (takto vznikajú známe útvary v jaskyniach ako sú kvaple – stalaktity, stalagmity, stalagnáty, sintrové kopy, či na povrchu travertínové kopy a i.). Procesu rozpúšťania uhličitanu vápenatého hovoríme **chemická denudácia** a proces vyzrážania uhličitanu vápenatého nazývame **chemická akumulácia**. Môžeme ich opísať nasledovnými rovnicami:

- Rozpúšťanie (korózia, denudácia)



- Vyzrážanie (akumulácia)



Obr. 3. Schéma vzniku krasu (Zdroj: <https://www.gsi.ie/en-ie/programmes-and-projects/groundwater-and-geothermal-unit/activities/understanding-irish-karst/Pages/What-is-karst.aspx>, upravené)

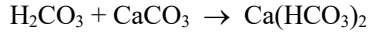


Proces rozpúšťania prebieha v niekoľkých etapách:

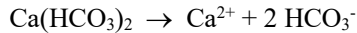
1. Vznik kyseliny uhličitej



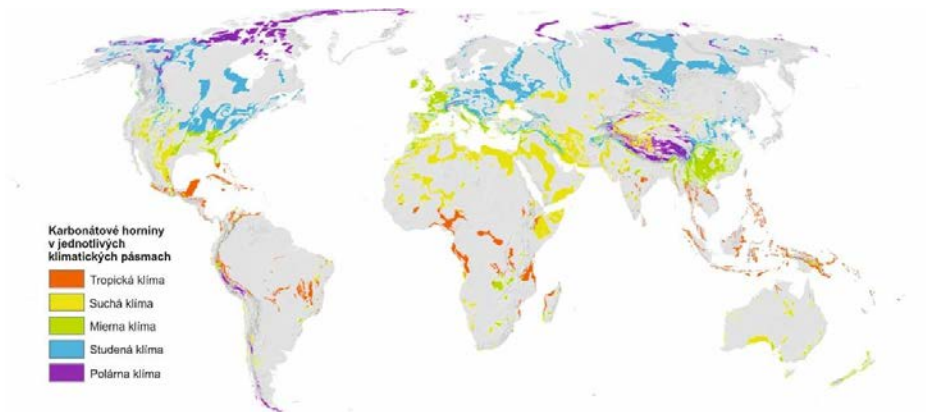
2. Vznik rozpustného hydrogenuhličitanu vápenatého



3. Disociácia hydrogenuhličitanu vápenatého vo vode



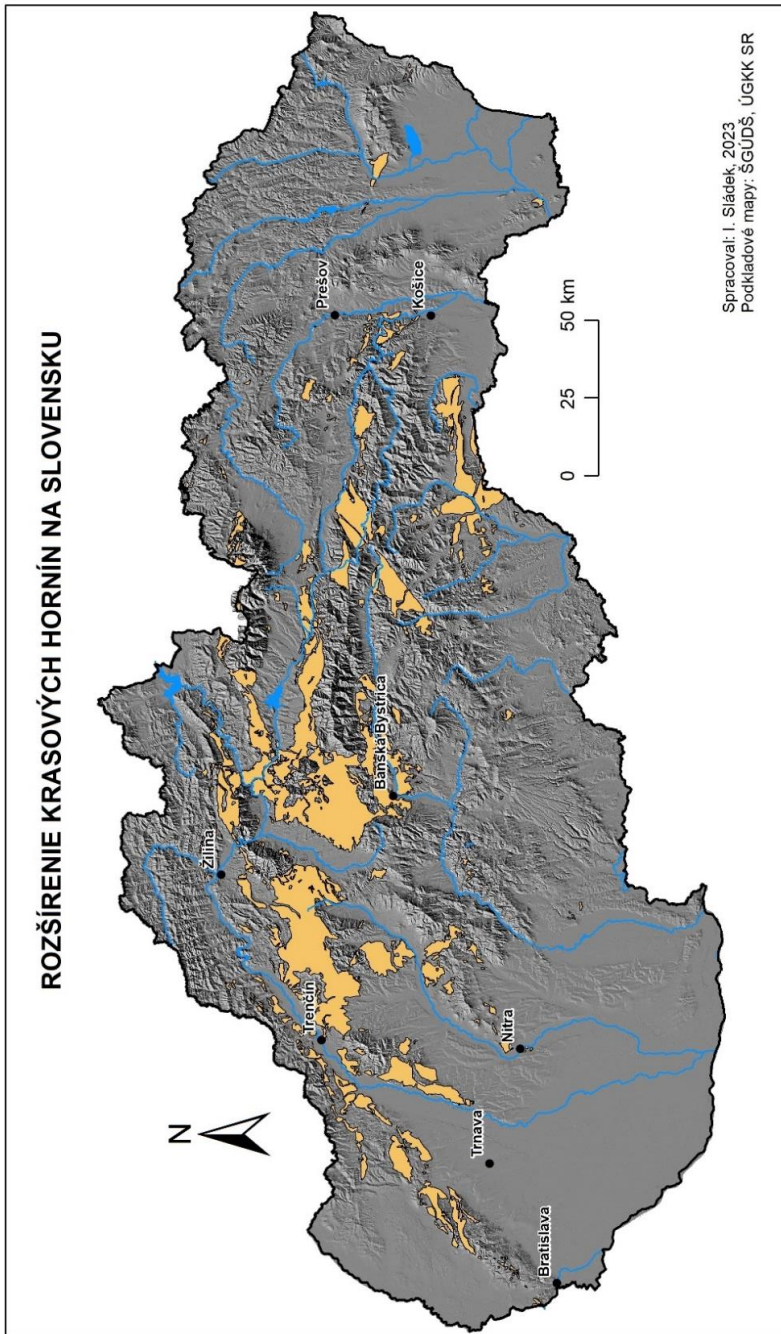
Krasové horniny sa vyskytujú vo všetkých klimatických oblastiach, ale ich distribúcia je nerovnomerná (obr. 4). Krasových oblastí na severnej pologuli je výrazne viac, ako na južnej. Niektoré formy tropického a subtropického skrasovatenia (napr. mogoty na Kube, alebo fengcong a fenglin z Číny) v krase mierneho pásma nepoznáme.



Obr. 4. Rozšírenie karbonátových hornín v klimatických pásmach Zeme (Zdroj: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-020-02139-5/figures/4>, upravené)

Na Slovensku, resp. v Západných Karpatoch krasové oblasti zaberajú rozlohu vyše 2 700 km<sup>2</sup>, čo znamená približne 5,5 % nášho územia (obr. 5). Kras sa tu vyskytuje predovšetkým na karbonátových horninách, ktoré môžeme rozdeliť na dve kategórie:

- Dobre krasovatejúce horniny – predovšetkým čisté vápence a ich rôzne fácie (najznámejšie wettersteinské a gutensteinské), ďalej vápnité zlepenice súľovského súvrstvia. Patria sem aj pomerne mladé kvartérne travertíny (podané veľmi zjednodušene)
- Slabo krasovatejúce horniny – prevažne dolomity, hľuznaté vápence, niektoré typy zlepenčov a ich všemožné variácie (podané veľmi zjednodušene)



Obr. 5. Rozšírenie krasových hornín na Slovensku (Zdroj podkladových máp: ŠGÚDŠ, ÚGKK SR)

Rôzne druhy hornín z rôznych území podliehajú krasovateniu rôzne. Dôvodom sú podmienky sedimentácie (usadzovania) karbonátových hornín najmä počas mezozoika a kenozoika. Keďže sa vyskytujú faciálne rozdiely (fácia je označenie predpokladaného prostredia vzniku usadenej horniny, ktoré charakterizuje súbor znakov určujúcich za akých podmienok sediment vznikal), znamená to, že existovalo viacero sedimentačných priestorov, kde sa aj počas toho istého obdobia vyvinuli iné typy sedimentárnych hornín. Preto sú v Západných Karpatoch neraz bezprostredne vedľa seba/nad sebou a pod. veľmi štruktúrne i textúrne rôznorodé fácie vápencov alebo iných hornín. To je však spôsobené nielen zmenami v sedimentácii (napr. po hiátoch) ale na vyššej hierarchickej úrovni rovnako tak zložitou príkrovovou násunovou stavbou Západných Karpát. Kras je u nás, okrem nížin, vyvinutý v rámci všetkých nadmorských výšok, pričom jeho najvyšší výskyt siaha až do výšky cca 2100 m n. m. (v Červených vrchoch). Príčinou je komplikovaná geologická stavba postihnutá starými ale rovnako tak mladými pohybmi (neotektonika), ktoré viedli k výraznému štruktúrnemu rozčleneniu nielen pohorí, ale aj krasových území Slovenska.

*Literatúra:*

- Bella, P. et al. 2018: *Zoznam jaskýň na Slovensku*. Liptovský Mikuláš (Správa slovenských jaskýň).
- GKÚ Bratislava: *Digitálny model reliéfu DMR3.5*. [cit. 2022-07-31]. Dostupné na internete: <https://www.geoportal.sk/sk/zbgis/na-stiahnutie/>
- Hochmuth, Z. 2008: Krasové územia a jaskyne Slovenska. *Geographia Cassoviensis* 2(2), 1-210.
- Hochmuth, Z., Tomášiková, V. 2008: Regionalizácia krasových území Slovenska s využitím GIS na príklade Starohorských vrchov. *Geographia Cassoviensis*, 2, 42-46.
- Hydrogeologické mapy [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2008. [cit. 2022-07-31]. Dostupné na internete: <http://apl.geology.sk/hydrogeol>.
- Jákál, J., Abonyi, A., Bárta, J., Gulička, J., Hipman, P., Mitter, P., Rajman, L., Roda, Š., Slančík, J. 1982: *Praktická speleológia*. Martin (Osveta).
- Jákál, J. 1993: Karst geomorphology of Slovakia. Typology map on the scale 1 : 500 000. *Geographia Slovaca* 4, 1-38.
- Příbyl, J., Ložek, V., Kučera, B. et al. 1992: *Základy karsologie a speleologie*. Praha (Academia).

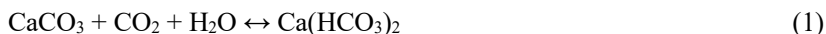
---

## Chemické pozadie vzniku krasu

**Kras** môžeme definovať ako terén s charakteristickou hydrologiou a tvarmi, ktoré vznikajú kombináciou vysokej rozpustnosti hornín a dobre vyvinutej sekundárnej pórovitosti. Kras možno považovať za otvorený systém zložený z dvoch tesne integrovaných **hydrologických** a **geochemických subsystémov** pôsobiacich na krasových horninách. Krasové útvary nad a pod zemou sú produktom súhry procesov v týchto prepojených subsystémoch.

Krajina vápencových oblastí je náchylná podliehať chemickému zvetrávaniu, ktoré je prevažne dielom vody obohatenej o **humínové kyseliny** (humínové kyseliny patria k humínovým látkam, čo sú prírodné organické látky vznikajúce rozkladom prevažne rastlinných zvyškov) a pôdny  $\text{CO}_2$ , pretože kalcit sa v čistej vode rozpúšťa iba veľmi slabo. Humínové látky ťažko podliehajú ďalšiemu rozkladu a sú prítomné vo veľkom množstve v pôde, rašeline, uhlí a v niektorých vodách. Podľa rozpustnosti sa delia na humíny, humínové kyseliny a fulvonové (resp. fulvinové) kyseliny. Prítomnosť vápencových hornín a dostatok zrážok však ešte nie je automatický predpoklad pre vznik krasu. Vápencové komplexy dostatočne veľkej hrúbky musia byť v prvom rade obnažené, bez pokryvu nepriepustným ílom a aby do nich voda cez pukliny prenikala dostatočne ľahko, je nutné, aby boli tektonicky porušené.

Z chemického hľadiska je základom krasových javov reakcia vzdušného **oxidu uhličitého s vodou za vzniku slabej kyseliny uhličitej** ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Málo koncentrovaná kyselina postupne preniká puklinami vápencov a rozrušuje ich. Dochádza pri tom k reakciám, pri ktorých sa uvoľňuje kation  $\text{Ca}^{2+}$  a hydrogenuhličitanový anión  $\text{HCO}_3^-$ . Vplyvom koncentrácie rozpustených látok prítomných vo vode, teploty, tlaku a iných fyzikálno-chemických faktorov dochádza k opätovnému vypadávaní (vykryštalizovaniu) uhličitanu vápenatého  $\text{CaCO}_3$  v jaskyniach resp. iných krasových útvaroch:



Reakcia 1 je celková (sumárna). Pre zaujímavosť, resp. lepšiu predstavu uvádzame podrobný reakčný mechanizmus celého procesu.

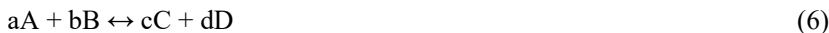
**Vzdušný  $\text{CO}_2$  sa rozpúšťa vo vode** a následne s ňou reaguje za vzniku veľmi slabej a nestabilnej kyseliny uhličitej (reakcia 2). Malá časť  $\text{H}_2\text{CO}_3$  (reakcia 3) sa disociuje (“rozpúšťa”) na ióny  $\text{H}^+$  a  $\text{HCO}_3^-$ . Následne (reakcia 4) vo vode prítomný kation  $\text{H}^+$  reaguje s okolitým vápencom ( $\text{CaCO}_3$ ) a vzniká vápenatý kation  $\text{Ca}^{2+}$  a ďalší hydrogenuhličitanový anión  $\text{HCO}_3^-$ . Teraz už v pretekajúcej vode máme dostatok kationov  $\text{Ca}^{2+}$  a aniónov  $\text{HCO}_3^-$  a dochádza (reakcia 5) k tvorbe travertínu ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ , ktorý je na rozdiel od  $\text{CaCO}_3$  dobre rozpustný vo vode





Každá chemická reakcia (aj reakcie 1 - 5) po určitom čase dosiahne tzv. **stav dynamickej rovnováhy**. Tento stav opisuje rovnovážna konštanta reakcie, ktorá je výsledkom podielu súčinov rovnovážnych koncentrácií (koncentrácia v danom okamihu) všetkých produktov reakcie umocnených na ich stechiometrické koeficienty (počet atómov, resp. molekúl zúčastňujúcich sa na chemickej reakcii; číslo pred vzorcom v chemickej reakcii, ak nie je uvedené, tak je to 1) a súčinov rovnovážnych koncentrácií všetkých reaktantov umocnených na ich stechiometrické koeficienty.

Pre chemickú reakciu (6) vo všeobecnom zápise



potom platí:

$$K = \frac{[\text{C}]^c [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a [\text{B}]^b} \quad (7)$$

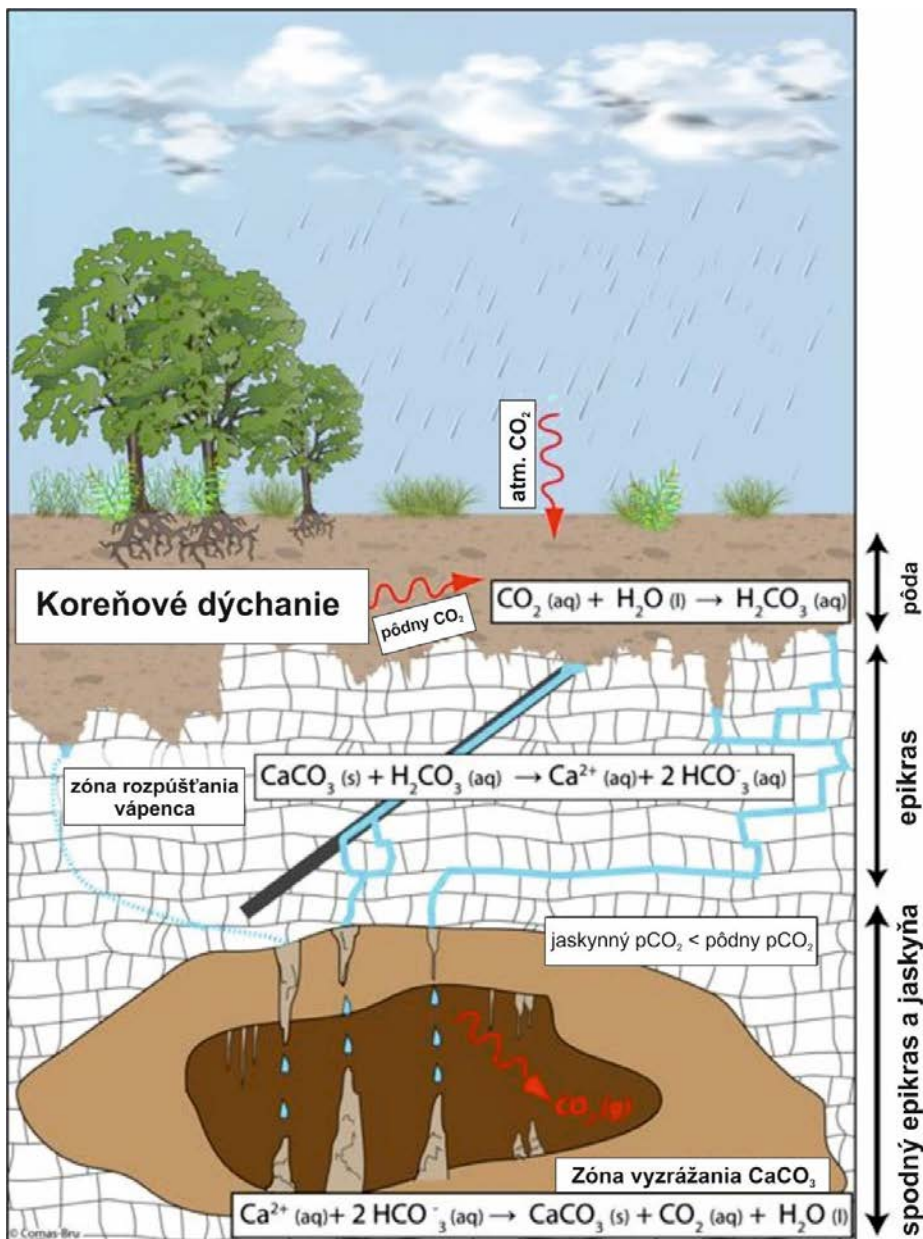
V závislosti od podmienok a/resp. chemických vlastností látok chemická reakcia spravidla prebieha viac jedným smerom a menej smerom opačným. Ak je hodnota  $K$  pre danú reakciu  $> 1$ , smer reakcie je posunutý doprava (smerom k produktom). Ak  $K < 1$ , doľava (smerom k reaktantom), ak  $K = 1$ , reakcia nie je posunutá žiadnym smerom a ak  $K = 0$ , reakcia neprebíha.

Pre rovnovážnu konštantu reakcie (1) platí:

$$K = \frac{[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]}{[\text{CaCO}_3] [\text{CO}_2] [\text{H}_2\text{O}]} \quad (8)$$

Keďže voda pretekajúca vápencami je neustále obohatovaná aniónmi  $\text{HCO}_3^-$  (reakcia 3 a 4) a kationmi  $\text{Ca}^{2+}$  (reakcia 4) a rovnovážna konštanta z rovnice (8) má nenulovú hodnotu, bude sa z pritekajúcej vody spätne uvoľňovať plynný  $\text{CO}_2$  a nerozpustný  $\text{CaCO}_3$ .

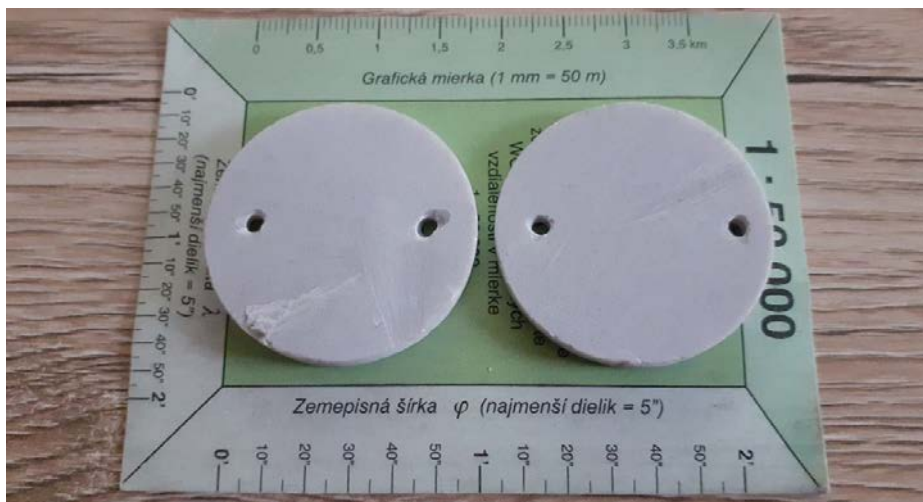
Chemické rozrúšanie horniny neustále postupuje a umožňuje tak vytvárať krajinné prvky, ktoré majú neraz veľmi bizarné tvary. Schéma vzniku krasu je znázornená na obr. 6.



Obr. 6. Chemické procesy vytvárajúce jaskyne a ďalšie krasové útvary. Vysvetlivky: s – tuhé skupenstvo, l – kvapalné skupenstvo, aq – vodný roztok,  $\text{pCO}_2$  – parciálny tlak  $\text{CO}_2$  (Zdroj: <https://blogs.egu.eu/divisions/cl/files/2019/11/laia-karst-system-simple.jpg>, upravené)

*Ako rýchlo sa vytvárajú kras a jaskyne?*

Krasový povrch sa vytvára tisíce až desaťtisíce rokov. Napríklad krasovatenie vápencov v Anglicku trvalo asi 48 000 rokov (Waldken, 1974). Počas nich sa znížil povrch krasu asi o 50 cm. Mamutia jaskyňa v Kentucky (USA) vznikla asi za 500 000 rokov (Bradshaw et al., 1978). Systém Demänovských jaskýň na Slovensku vznikol menej ako 2 mil. rokov (Droppa, 1966). Ako už bolo povedané, vytváranie krasových foriem je chemickým procesom, pri ktorom sa buď rozpúšťa uhličitan vápenatý alebo sa naopak vyzráža (viď kap. 1).



*Obr. 7. Vápencové platničky na výskum krasovej denudácie (Sládek, 2022)*

Pokusy o kvantitatívne (číselné) zhodnotenie intenzity (veľkosti) chemickej denudácie majú dlhodobú tradíciu, ako vo svete, tak aj na Slovensku. Existuje viacero spôsobov ako určiť veľkosť denudácie. Jednou z nich je napr. **metóda vápencových platničiek** (obr. 7), kedy sa do prírodného prostredia (voda, pôda, obnažený skalný povrch) umiestnia platničky a za určitú dobu (napr. 3 mesiace) sa odvážia, čím sa zistí úbytok za danú dobu. Iné spôsoby sú založené na terénnych meraniach rôznych veličín, ktoré sa na chemickej denudácii podieľajú. Nazývame ich **hydrochemické metódy**, lebo ide o meranie chemických veličín v krasovej vode. Tieto metódy nám umožňujú pomocou rôznych matematických vzťahov vypočítať intenzitu (veľkosť) krasovej korózie. Tieto vzťahy sú viac alebo menej presné v závislosti od použitých vstupných údajov.

Príklady veľkosti chemickej denudácie podľa jednotlivých klimatických zón, ako aj nadmorskej výšky (nížiny, pohoria a pod.) sú uvedené v tab. 1. Závislosť intenzity krasových procesov od základných prvkov prírodného prostredia (nadmorská výška, prietok, teplota a tvrdosť vody, zrážky, obsah vápnika a horčíka) uvádza tab. 2.

Tab. 1. Veľkosť chemickej denudácie v krasových regiónoch lokalizovaných v rôznych klimatických zónach v mm/1000 rokov (Zdroj: Pulina, Fagundo, 1992)

Klimatická zóna	Nížiny, pahorkatiny		Pohoria		Vysoké pohoria	
	lokality	veľkosť denudácie	lokality	veľkosť denudácie	lokality	veľkosť denudácie
Tropická	Sierra de los Organos, Kuba	53 - 87	Pan de Guajaibon, Kuba	59 - 92		
Mediterránna - stredomorská	pahorkatinový kras, Slovinsko	80 - 136	Vercors, francúzske predalpy	44 - 98	Centrálne Apeniny, Taliansko	53 - 130
			Benátske predalpy, Taliansko	23 - 70	Júlske Alpy, Slovinsko	51 - 67
					Juhozápadný Kaukaz, Gruzínsko	114 - 139
Mierne teplá	Dobrudža, Bulharsko	23	Vracanska planina	38	Pirin, Bulharsko	47
Mierne prechodná	Krakov, Sliezska hornatina, Poľsko	24 - 26	Sudety, Poľsko	20 - 33	Tatry, Poľsko	49
Mierne chladná	Irkutská hornatina, Východná Sibír	1,6	Khamar Daban, Východná Sibír	22	Tunkinské Alpy, Východná Sibír	13
Subpolárna	Región Hornsund, nezaľadené územie, Špicbergy	11	Región Hornsund, zaľadené územie, Špicbergy	32		

Uvedťme si konkrétny príklad zo Slovenska. Výskumy v Nízkych Tatrách (Hipman, 1981) naznačujú, že vody stekajúce do podzemia sú rozhodujúce pre vývoj jaskýň. Napr. na dne Jánskej doliny vo výverovej zóne Medzibrodie pod Krakovou hoľou v roku 1976 vytekalo z dvoch prameňov 49 l/s. Voda z týchto prameňov vyniesla za rok zvnútra horského masívu 500 t horniny v rozpustenom stave. Inak povedané, vody vyvierajúce z výverovej zóny Medzibrodie vytvoria v masíve Krakovej hole každý rok jaskynnú chodbu meter širokú, 2 m vysokú a 100 m dlhú (200 m<sup>3</sup>). Za relatívne krátky časový úsek 10 000 rokov to predstavuje odnos 2 000 000 m<sup>3</sup> horniny. Pre porovnanie: 5 km dlhá jaskyňa v Záskočí (v tej istej lokalite) má objem len 80 000 m<sup>3</sup>.

Výskum chemickej denudácie krasu predstavuje typ interdisciplinárneho (medzioborového) výskumu, pri ktorom sa uplatňujú poznatky viacerých vedných disciplín. Okrem geológie (študuje horninové prostredie vhodné pre kras) a geomorfológie (krasové javy a reliéf) je to predovšetkým geochémia (skúma procesy



rozpušťať a zrážania vedúce k vzniku krasu), tiež meteorológia s klimatológiou (zrážky, vyparovanie atď.), hydrológia a hydrogeológia (obeh vody v krase), pedológia (pôdny CO<sub>2</sub>), biovedy (organizmy s vplyvom na produkciu CO<sub>2</sub>) a samozrejme štatistika (spracovanie a analýza dát).

Tab. 2. Závislosť intenzity krasových procesov od základných prvkov prírodného prostredia (Zdroj: Štelcl, Vlček a Panovský, 1977)

Lokalita	Nadmorská výška	Prietok v l/s	Teplota vody v °C	Zrážky v mm	Typ horniny	Priemerná celková tvrdosť v °N	Obsah		Vypočítaný odnos v m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> .rok
							Ca	Mg	
Horní Morava: prameň Jeskyně	790	19,42	5,17	900	kryštalické vápence veľmi silne rekryštalizované	3,66	21,03	3,08	47,282
prameň Lanovka	750	46,3	5,16	900		3,49	21,43	2,78	85,75
Bohdíkov	355	11,82	8,26	696	kryštalické vápence	13,4	85,29	9,00	83,958
Vojtěchov	430	5,9	9,8	468	vápence	21,39	140,6	8,20	51,032
Chýnov	504	12,23	8,7	565	kryštalické vápence s vložkami	11,9	56,96	16,27	31,859
Bozkov	442	1,36	7,2	818	vápenný dolomit	6,8	30,71	11,01	24,661

Literatúra:

- Bradshaw, M., J., Abbott, A., J., Gelsthorpe, A., P. 1978: *The Earths changing surface*. London (Hodder and Stoughton).
- Demek, J. 1976: *Obecná geomorfologie*. Praha (Academia).
- Droppa, A. 1966: Correlation of same horizontal caves with river terraces. *Studia in Speleologia* 1, 186-192.
- Hipman, P. 1981: Podzemný hydrologický systém Krakova hoľa – Jánska dolina. *Spravodaj SSS*, 12, 16-19.
- Hochmuth, Z., Vadelová, I. 2010: Výskum kvantitatívnych aspektov povrchovej korózie krasových hornín v Slovenskom raji a Slovenskom krase. *Slovenský kras* 48, 241-252.
- Kukal, Z. 1983: *Rychlost geologických procesů*. Praha (Academia).
- Pulina, M., Fagundo, J., R. 1992: Tropical karst and chemical denudation of Western Cuba. *Geographia Polonica* 60, 195-216.
- Štelcl, O., Vlček, V., Panovský, K. 1977: Intenzita koroze různých typů karbonátových hornin v ČSR. *Československý kras*, 28, 29-48.
- Waldken, G., M. 1974: Palaeokarstic surfaces in Upper Visean (Carboniferous) limestones of the Derbyshire Block, England. *Journal of Sedimentary Petrology* 44, 1232-1247.

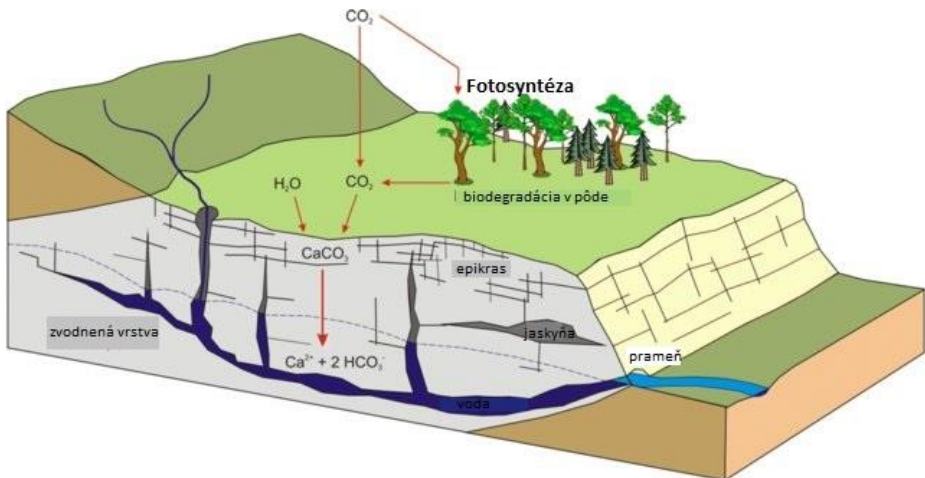
---

## Skamenelý život v travertínoch

Našu Zem tvoria rôzne zaujímavé miesta, medzi ktoré určite patria aj územia nazývané kras alebo krasová krajina. Krasové územia sú nám na prvé počutie známe predovšetkým výskytom jaskýň, a to aj vďaka tomu, že boli mnohokrát obývané už pravekými ľuďmi. Kras má však aj svoje ďalšie typické vlastnosti, a to napríklad, že je tvorený rozpustnými horninami, medzi ktoré patria hlavne rôzne vápence a dolomity (a mnoho ďalších). Tieto horniny sa rozpúšťajú vo vode rôznou rýchlosťou a následne v nich vznikajú rôznorodé krasové formy. Voda, ktorá takto rozpúšťa horninu, je vďaka tomu bohatá na vápenaté minerály, ktoré so sebou nesie ďalej po prúde do krajiny. A tu kdesi začína zaujímavý príbeh o kameni mnohých tvárí a farieb, nazývanom travertín.

### *Kolobeh vody v krajine*

Voda v krasových územiach má neuveriteľne silnú moc ničiť a zároveň vytvárať nové formy a tvary na povrchu aj v podzemí. Hoci jej kolobeh vyzerá všade na Zemi úplne rovnako, rozdiel tkvie v geologickom podloží, ktoré tvorí krasové územia.



Obr. 8. Diagram kolobehu vody v krasovom podloží (Goldscheider, 2019, upravené)

Na obr. 8 máme znázornené čo sa deje s vodou v krase. Zrážková voda zo vzduchu pohlcuje atmosférický oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a stáva sa slabým roztokom kyseliny uhličitej ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ). Takáto voda rozpúšťa vápenec (uhličitan vápenatý,  $\text{CaCO}_3$ ) a mení ho na kyslý uhličitan vápenatý [ $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ], rozpustný vo vode. Voda býva obohatovaná pôdnym vzduchom aj  $\text{CO}_2$  a organickými kyselinami, ktoré znásobujú rozpúšťací proces a tým urýchľujú **krasovatenie**.

*Kameň, ktorý rastie z vody*

Voda zo zrážok sa presakovaním do pôdy dostáva hlbšie k horninám. Zrážková voda s obsahom oxidu uhličitého z ovzdušia vápencové horniny rozpúšťa. Cez pukliny v horninách sa dostáva do väčšej hĺbky, kde sa zahrieva a mineralizuje. Vzniknutý hydrogénuhličitan vápenatý je rozpustný vo vode, koluje s ňou v horninovom masíve a prameňmi sa dostáva znovu na zemský povrch. Akonáhle sa voda dostáva na zemský povrch v podobe prameňa, začína sa aj príbeh o vzniku novej horniny - travertínu.

**Travertín** zaraďujeme medzi sladkovodné sedimenty prameňov a pramenných potokov. Vzniká vyzrážaním uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ) zo studených alebo teplých prameňov. Tvorba pramenných vápencov je daná dvoma hlavnými činiteľmi, ktorými sú chemizmus vody a podnebie – obe jeho zložky (teplota a vlhkosť). Chladnejšia voda môže obsahovať vyšší podiel  $\text{CO}_2$  a následkom toho rozpustiť a unášať viac uhličitanu vápenatého.

Krasová voda, obohatená o rozpustené minerály, prekonáva na svojej ceste krajinou rôzne prekážky. Ohriatím a prudkým pohybom vody (vodopády) ubúda  $\text{CO}_2$  a uhličitan vápenatý sa zráža. Dochádza ku veľmi zaujímavému javu - vzniku novej horniny. Deje sa to aj v okamihu, keď voda vyteká z podzemia na povrch, kde k tomu ešte pribúda rastlinstvo, pôsobiace jednak pasívne, teda ako plocha, na ktorej sa vylučovanie odohráva, ale aj aktívne, svojou fyziologickou činnosťou, to znamená odoberaním  $\text{CO}_2$ . Vzniká travertín, z ktorého sa postupne formujú rôzne travertínové útvary.

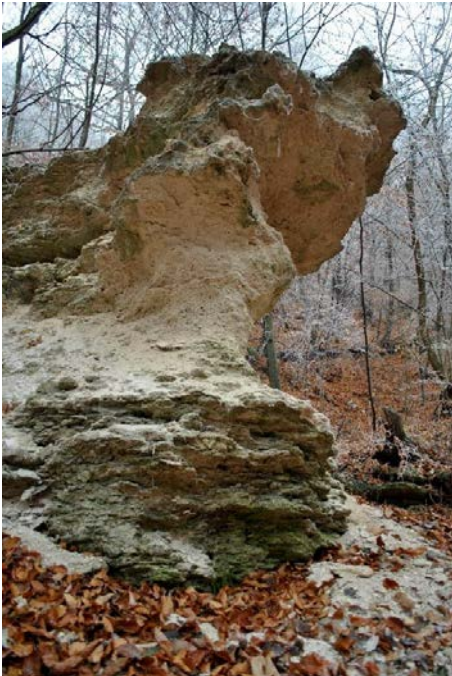
*Charakteristika travertínu*

Travertín vznikal v geologickej histórii postupne od konca tret'ohôr, v dobách medziľadových počas štvrtohôr až po holocén - aktuálne geologické obdobie, a na mnohých miestach vzniká aj dnes.

Čistý má bielu **farbu**, ale rôzne **chemické prímеси** spôsobujú aj jeho zafarbenie. Hovoríme o žltej, červenej, hnedej, sivej či čiernej farbe, ktoré môžu byť spôsobené prítomnosťou zlúčenín železa, mangánu alebo zlúčením síry. Okrem toho na zafarbenie majú vplyv aj prítomnosť baktérií, organické zvyšky ale aj ich rozkladné procesy. Travertín sa vyskytuje v rozmanitých formách. Od sypkých krehkých **penovcov** (vápenný tuf), silne pórovitých až po mohutné, pevné lavicovité formy. Môže byť vrstevnatý alebo pórovitý. Niektoré druhy travertínov sú celistvé bez väčšieho množstva makroskopických pórov. Často najmä v penovcoch nachádzame zachované časti alebo odtlačky rastlín, najmä listov, koreňového systému, vlákna rias a rôznych zástupcov nižších rastlín (obr. 9). Dutiny a póry majú nepravidelný tvar. Sú rôznej veľkosti, miestami sú predĺžené. Vrstevnatosť travertínov či penovcov nám umožňuje skúmať napr. zmeny klímy, mineralizácie samotného prameňa a jeho výdatnosti či kolísanie prietoku.

Poznáme:

- *Penovce* – sú základným typom, ktorý je tvorený inkrustáciami rôzne veľkosti. Vyznačujú sa malou pevnosťou a drobnosťou. Rozlišujeme sypké penovce, tvorené voľnými inkrustáciami a štruktúrne penovce, tvorené viacerou súdržnou hubovitou horninou.
- *Pramenity* – sú typické pre minerálne pramene. Vznikajú ako kompaktná, tenko zvrstvená a drobno kryštalická hornina vo vode, ktorá steká po pevnom povrchu a vytvára tenký povlak.
- *Travertíny* – pevné horniny, ktoré vznikajú postupným stláčaním (diagenéza) predchádzajúcich typov. Jav sa nazýva travertinizácia. Rýchlosť tohto deja je premenlivá.



Obr. 9. Telesá travertínov a inkrustované listy v Hájskej doline (Slovenský kras, Straková, 2014)

*Kde v prírode nájdeme penovce, pramenity a travertíny ?*

V prírode sa výskyt penovca spája predovšetkým s vodou. Nachádzame ho v **blízkosti prameňov** bohatých na obsah vápenatých minerálov alebo na miestach, na ktorých sa takéto pramene v minulosti vyskytovali. Na Slovensku sú peknými príkladmi minerálne pramene ako Sivá Brada na Spiši alebo lokalita v blízkosti Bešeňovej či v obci Lúčky, obe na Liptove. V Slovenskom krase sú známe



predovšetkým dve lokality, a to Hájske vodopády a Hrhovský vodopád. Cez obce Háj a Hrhov pretekajú pomerne výdatné potoky, bohaté na obsah vápenatých minerálov. Penovec sa na tomto mieste tvoril v poslednom geologickom období zvanom **kvartér**, počas striedania ľadových a medziľadových dôb (prevažne však v medziľadových dobách). Ľudskou činnosťou tu došlo ku vzniku umelých vodopádov, ktoré dnes lákajú mnohých turistov. Penovec sa však vyskytuje aj na mnohých ďalších prameňoch a miestach, ku ktorým však v Národnom parku Slovenský kras nevedú značené turistické trasy a nateraz tak zostávajú ukryté pred zrakmi návštevníkov.

### *Využitie horniny*

V čase moderných dejín ľudstva bol vzniknutý travertín a penovec pre dobrú opracovateľnosť využívaný ako **stavebný kameň** pre stavbu domov a pivníc, ale aj ako veľmi obľúbený dekoratívny obkladový materiál. V našom stredoeurópskom regióne bolo v 19. storočí moderné využívať mäkký penovec pri prestavbe šľachtických sídel a budovaní takzvaných “sala terrena” (obr. 10). Týmto pojmom sa označovali umelé jaskyne v prízemných/podzemných častiach zámkov a kaštieľov, ktorých steny bolo dookola vyložené kameňom, aby pôsobili ako skutočné jaskyne.



*Obr. 10. Sala terrena v kaštieli Andrassyovcov v Betliari (Eliáš, 2016)*

Okrem prvotného praktického využitia sú však penovce cenné aj **vo výskume krajiny**. Vývoj krasových území možno paleontologicky skúmať vďaka uchovaným zvyškom stavovcov a mäkkýšov, ktorých kosti a ulity sa zachovávajú vo vápňitých sedimentoch. Mäkkýše sú vo vrstvách sedimentov, v porovnaní s cicavcami, omnoho

hojnejšie sa vyskytujúce. Nachádzajú sa vo všetkých vápnených uloženinách, veľmi často v postupnostiach umožňujúcich podrobné rozbery vo vertikálnom aj horizontálnom smere. Okrem toho mäkkýše vykazujú úzke vzťahy k podnebiu a miestu výskytu, takže poskytujú ideálny materiál pre paleogeografiu. Pri porovnaní s ostatnými kvartérnymi fosíliami sú ľahko spracovateľné. Možno ich ľahko získať a určovať aj v poľných podmienkach, čo je veľmi výhodné pre terénny výskum. Z týchto informácií je zrejmé, že mäkkýše ponúkajú vynikajúcu možnosť ako pristupovať k riešeniu vývoja našej krajiny.

*Literatúra:*

- Bizubová, M. 2015: Kameň mnohých tvárí. *Quark*, 2. [cit. 2022-07-29]. Dostupné na: <https://www.quark.sk/kamen-mnohych-tvari/>
- Goldscheider, N. 2019: A holistic approach to groundwater protection and ecosystem services in karst terrains. *Carbonates and Evaporites*, 34, 1241-1249.
- Ložek, V. 1957: Stratigrafie a mäkkýši holocénných travertínů v Háji u Turni. *Anthropozoikum* 7, 27-36.
- Ložek, V. 1973: Příroda ve čtvrtohorách. Praha (Academia).

---

## Tajomné jamy v krase - závrty

Každý, kto sa už niekedy vybral do typického krasového územia, videl na povrchu (hlavne) planín rôzne hlboké jamy či priehlbiny, ktoré sa navzájom odlišujú svojim tvarom, hĺbkou či veľkosťou. U nás na Slovensku sú niektoré porastené lesom, niektoré slabo viditeľné pre krovie, niektoré sú na lúkach, využíva ich človek napr. na poľnohospodárstvo, alebo sa na ich dne nachádzajú ďalšie omnoho menšie jamy – vápenky, alebo sú dokonca vyplnené menším či väčším jazerom. V Mexiku sú často vstupom do suchých či vodou zaplavených jaskýň (cenoty), v Číne krasové jamy kolapsového pôvodu dokonca dosahujú extrémnych hĺbok (aj viac ako 500 m, nesú názov tiankengy). Každopádne toto všetko charakterizuje tajomné **závrty** či **krasové jamy**.

Závrty sú akosi „značkou“ **krasového územia**. Aj keď podzemie v krase častokrát poznáme iba vo fragmentoch zo sprístupnených či nesprístupnených jaskýň, na jeho povrchu sú jedinečné formy veľmi dobre identifikovateľné a viditeľné. V mnohých oblastiach sa závrty nachádzajú iba sporadicky a menších rozmerov, avšak v niektorých oblastiach, ako napr. v Slovenskom krase (Silická alebo Plešivecká planina) pripomínajú takéto územia mesačnú krajinu. Tie sa totiž nevyskytujú ojedinele alebo osamotene, ale vytvárajú celé skupiny alebo sú usporiadané v radoch za sebou, líniách (obr. 11). V oblasti Slovenského krasu ich dokonca nájdeme aj viac ako 50 na 1 km<sup>2</sup>.



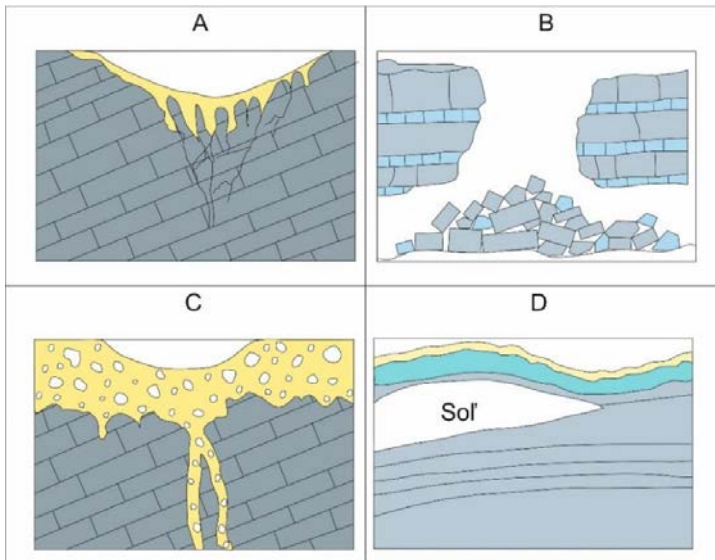
Obr. 11. Rozloženie závrvtov v južnej časti Plešiveckej planiny, vpravo príklady väčšieho a menšieho závrvtu na Hornom vrchu (Slovenský kras, Gessert, 2017). Zdroj mapy vľavo: [www.zbgis.skgeodesy.sk](http://www.zbgis.skgeodesy.sk)

## Ako závrtý vznikajú?

Väčšina z nich vzniká pomaly a trvá tisícročia až je na povrchu badať nejakú depresiu. Samozrejme, prvotnou a najdôležitejšou podmienkou je prítomnosť krasových hornín (prevažne vápencov), ktoré sú vhodné pre vznik krasových foriem svojimi vlastnosťami – hlavne priepustnosťou a rozpustnosťou. Závrtý teda môžu vzniknúť (obr. 12):

- **Rozpúšťaním, tzv. koróziou** krasových hornín pomocou zrážkovej vody, čím sa modeluje samotný lievik závrtu. Jeho tvar môže byť čiastočne prekrytý sedimentmi, ktoré sa môžu nachádzať na dne závrtu.
- **Sufóziou** sedimentov do podzemia, to znamená, že sedimenty sú splavované puklinami a trhlinami do podzemia. Ide teda o modelovanie jamy v hrubšej vrstve sedimentov a často (na rozdiel od predchádzajúceho typu) nie priamo v hornine.
- Poklesávaním – **subsidienciou** hlavne tam, kde sa v podzemí nachádzajú väčšie voľné priestory (napr. jaskynné, banské a iné) alebo ložiská soli či vody, ktoré môžu meniť svoj objem a tvar.

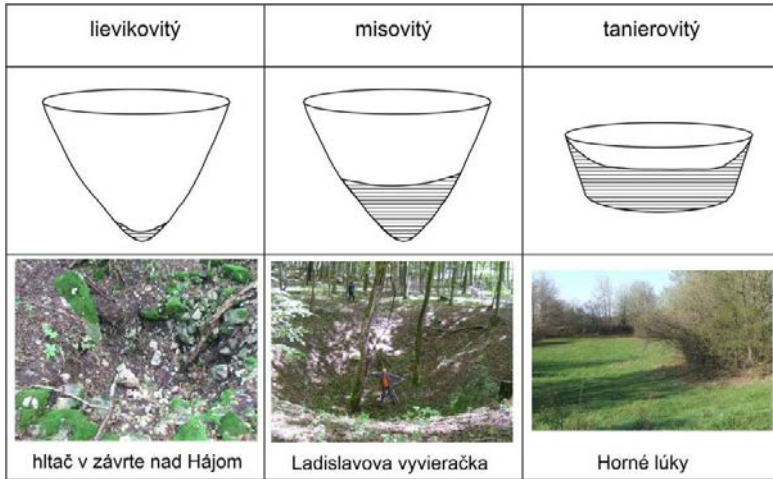
Existuje však aj extrémne rýchly proces, pri ktorom závrtý vznikajú, a to je **kolaps**. Udeje sa väčšinou pri náhlom a rýchлом prepadnutí sa stropov jaskýň alebo iných dutín do podzemia a pre človeka a jeho činnosť je aj pomerne nebezpečný. Základným poznávacím znakom kolapsových závrtov sú zvyšky pôvodného stropu dutiny (jaskyne) akumulované na dne takéhoto závrtu.



Obr. 12. Základné typy závrtov podľa pôvodu a) korózne, b) kolapsové, c) sufózne, d) subsidenčné (použitá klasifikácia na základe Forda a Williamsa z roku 1989)

Tvary závrtov

Závrtý dosahujú rôzne veľkosti a tvary, či už v pôdoryse alebo v profile (priereze). Tie sú viac či menej typické, často sa v skupine alebo línii závrtov opakujú a sú pomenované podľa toho, aký tvar pripomínajú. Na obrázku sú znázornené aspoň niektoré z nich (obr. 13).



Obr. 13. Rôzne typy závrtov typických pre územie Slovenského krasu, príklady lokalít z Jasovskej planiny (Petrvalská, 2014)

Podľa pôdorysu poznáme závrtý napr. kruhové, elipsovité, trojuholníkové, v strede zúžené, asymetrické a pod. Vznikajú za rôznych podmienok a ich tvar je viac či menej závislý hlavne od geologických podmienok a tektonických línii v tom ktorom území. Mnohokrát majú prepojenie na podzemné priestory, keďže práve závrtý majú funkciu akoby odtokových lievnikov a povrchovú vodu zbierajú do najnižšieho miesta na dne, odkiaľ sú neskôr infiltrované do podzemia. V niektorých lokalitách po upchatí odtokových kanálov na dne závrtu a následnom vyplnení vodou môžu vznikáť aj krasové jazerá. Takýmto najlepšie zachovaným jazerom na Slovensku je Farárova jama pri obci Silica v Slovenskom krase (obr. 14). Vzniklo veľmi rýchlo za zrážkovej udalosti, kedy bola splavená pôda z príľahlého svahu na dno závrtu a došlo k jeho upchatiu, tak sa začala hromadiť zrážková voda a tvoriť jazero.



Obr. 14. Farárova jama



Podobné jazerá však môžu podobne rýchlo aj zaniknúť (ako sa udialo u Jašteričieho jazierka na tej istej planine).

#### *Kam za závrtmi na Slovensku*

Na území Slovenska nájdeme najlepšie vyvinuté závrtý jednoznačne v oblasti Slovenského krasu, ale nájdeme ich aj v oblasti Slovenského raja, na Muránskej planiny, v Malých Karpatoch a vo viacerých ďalších pohoriach, ktoré síce nie sú celé krasové, ale pruhy prípadne ostrovčekovité výskyty krasu v nich nájdeme (napr. Nízke Tatry, Tatry, Strážovské vrchy, a inde).

#### *Cenoty a tiankengy*

V oblasti Yucatánu v Mexiku je viac ako 10 tisíc depresíí (prepadlísk), ktoré sa nazývajú **cenoty**. Väčšinu z nich možno považovať za kolapsové závrtý, ktoré sa ale nachádzajú pomerne blízko k podzemnej vode, a teda často je ich dno vyplnené vodou (sladkou i slanou). Mnohokrát sú vstupom do tajuplných zatopených jaskýň, ktoré tu patria medzi najdlhšie na svete (Sistema Sac Actun/Sistema Dos Ojos má dĺžku 376,7 km). Majú nápadné usporiadanie tzv. Anillo de los cenotes, alebo prstenec cenotov (obr. 15), čo je spôsobené dopadom asteroidu Chicxulub v blízkosti súčasného rovnomenného mesta. Ten mal priemer okolo 10 km a svojim dopadom vytvoril kráter s priemerom 180 km a hĺbkou 20 km. Stalo sa tak na prelome druhohôr a treťohôr.



Obr. 15. Poloha dopadu asteroidu Chicxulub a pozícia prstenca cenotov (<https://mexicocenotesandruins.com/mexico-cenotes-yucatan-peninsula/>, upravené)

Tieto cenoty boli počas existencie mayskej civilizácie častokrát využívané ako zásoby vody, niekedy k obradom. V súčasnosti, tie v blízkosti turistických centier, sú využívané ako miesta na kúpanie a potápanie (obr. 16). Ale netreba zabudnúť, že sú hlavne miestom poznania a cieľom aj mnohých jaskynných potápačov a vedcov.





Obr. 16. Turisticky prispôsobené cenoty v okolí mesta Tulum, Mexiko (Foto: Karsten Gessert, 2012)

Najlepšie vyvinuté a zachované **tiangkengy**, ktoré možno považovať za kolapsové závrtý, nachádzame v oblasti Wulong v Číne. Tu sa stali cieľom miliónov domácich a zahraničných turistov a naozaj sú to závrtý, ktoré berú dych. Najhlbším tiangkengom na svete je Xiaozhai (obr. 17), ktorý je hlboký 511 - 662 m. Je typický vertikálnymi stenami a na dne už iba časťou kolabovaného materiálu, pretože časť bola odnesená vodným tokom, ktorý tečie na jeho dne. Je súčasťou pôvodnej jaskyne Difeng, ktorá bola vymodelovaná vodnatou riekou. V období dažďa na okraji tohto závrtu vzniká vodopád, ktorý sa prepadáva cez jeho okraj na dno.



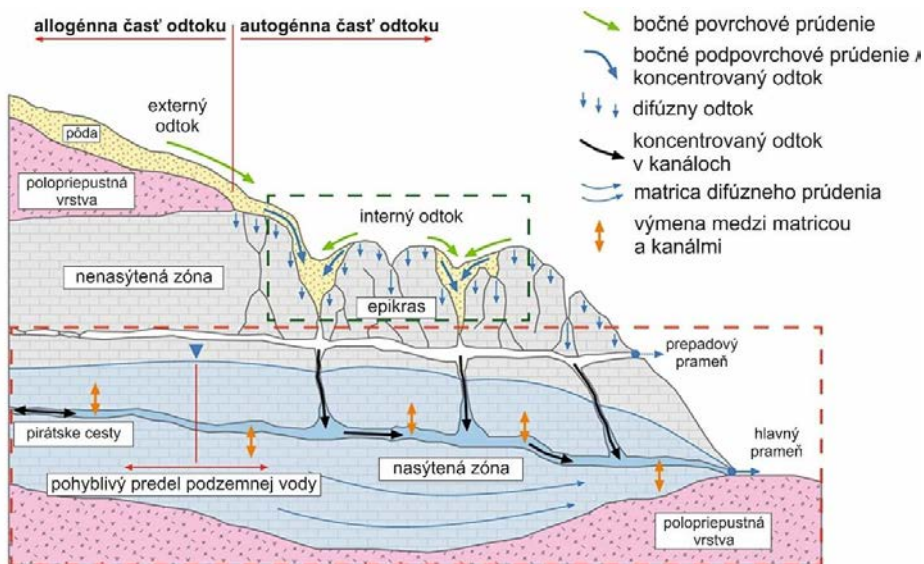
Obr. 17. Xiaozhai tiangkeng (Waltham, 2006) vľavo a tiangkeng Qinlong s viditeľnou jaskynnou chodbou (Gessert, 2013) vpravo

*Literatúra:*

- Ford, D., Williams, P. 2007: *Karst hydrogeology and geomorphology*. Chichester (John Wiley & Sons).
- Gaona-Vizcayno, S., Gordillo-de Anda, T., Villasuso-Pino, M. 1980: Cenotes, karst característico: Mecanismo de formación. *Revista* 4, 32-36.
- Gulden, B. 2022: Zoznam najdlhších jaskýň sveta. [cit. 2022-06-23]. Dostupné na: <https://www.caverbob.com/wlong.htm>
- Petrvalská, A. 2014: *Reliéf Jasovskej planiny v Slovenskom krase*. Košice (Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach).
- ÚGKK SR: ZBGIS, [cit. 2022-06-10]. Dostupné na: [www.zbgis.skgeodesy.sk](http://www.zbgis.skgeodesy.sk)
- Waltham, T. 2006: The 2005 Tiankeng Investigation Project in China. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*, 4, 1, 1-6.
- Zhu X., Chen W. 2006: Tiankengs in the karst of China. *Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers*, 4, 1, 1-18.

## Voda, ktorá je v krase vzácna

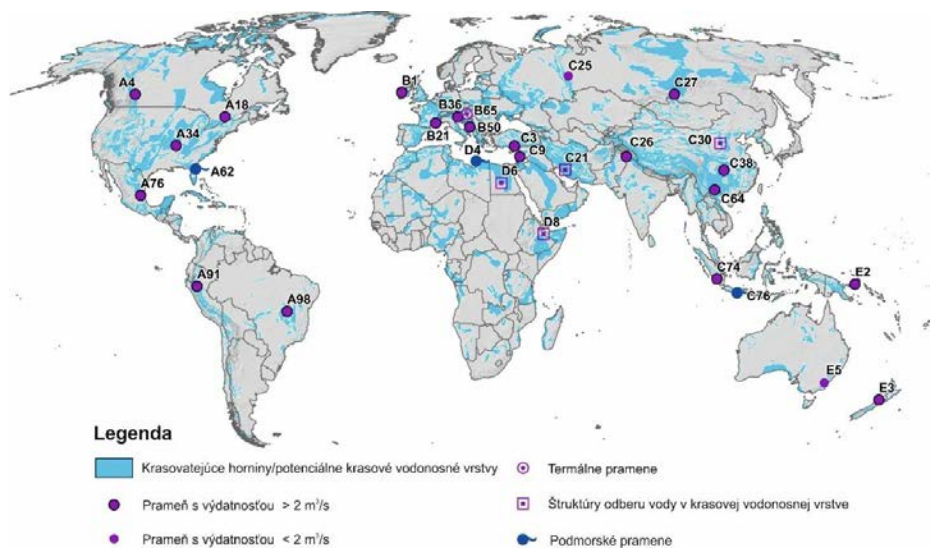
Krasová krajina je špecifická v mnohých ohľadoch, vodu nevytvára. Voda sa v krase môže vyskytovať v rozličných formách. Jednak ako povrchová voda, ale hlavne ako podzemná, nachádzajúca sa v krasových masívoch. **Povrchovú vodu** tvoria vodné toky, jazerá, močiare a pod. **Podzemnú vodu** tvoria rôzne typy vôd, ako napr. vody presakujúce z holého krasu, vody presakujúce z pokrytého krasu, ponorné toky a jazerá a kondenzačné vody. Podľa pôvodu môžeme rozdeliť vody v krase na autochtónne a alochtónne. **Autochtónne vody** majú pôvod priamo v krasovom území a môžeme ich rozdeliť na fyzikálne (sú súčasťou krasových hornín, nezúčastňujú sa na kolobehu vody) a atmosférické (majú pôvod v atmosférických zrážkach – daždi, snehu, kondenzácii v atmosfére). **Alochtónne vody** pritekajú do krasu z nekrasového územia. Pre krasové územia je typický nedostatok vody na povrchu. Jeho príčinou je podzemné odvodňovanie krasových masívov, kedy sa voda z povrchu krasu dostáva cez ponory do podzemia a tam cirkuluje (obr. 18). V krasovom masíve môžeme vyčleniť zónu nasýtenú vodou (freatickú, zaberá spodnú časť krasového masívu) a zónu nenasýtenú (vadóznu, zaberá vrchnú časť krasového masívu).



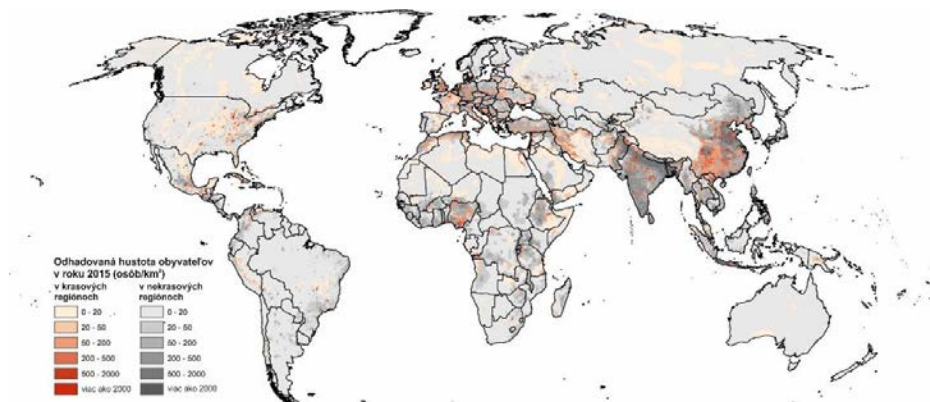
Obr. 18. Model krasového systému zahŕňajúci rozličné druhy odtoku vody (Hartman et al., 2014, upravené)

Miesto, kde sa voda z povrchu dostáva do podzemia sa nazýva **ponor**. Nachádza sa zvyčajne na rozhraní krasového a nekrasového územia. Voda po preniknutí do podzemia v ňom cirkuluje. Časť vody sa ponára do veľkých hĺbok, kde sa zohrieva a obohacuje o minerálne látky. Druhá časť vody sa dostáva na povrch cez **pramene**

(vývery podzemných vôd) a **vyvierачky** (sústredný výdatný výver krasových vôd, napr. Kečovská vyvierачka v Slovenskom krase, obr. 4.5).



Obr. 19. Najdôležitejšie krasové pramene vo svete (Zdroj: Goldscheider et al., 2020, upravené)



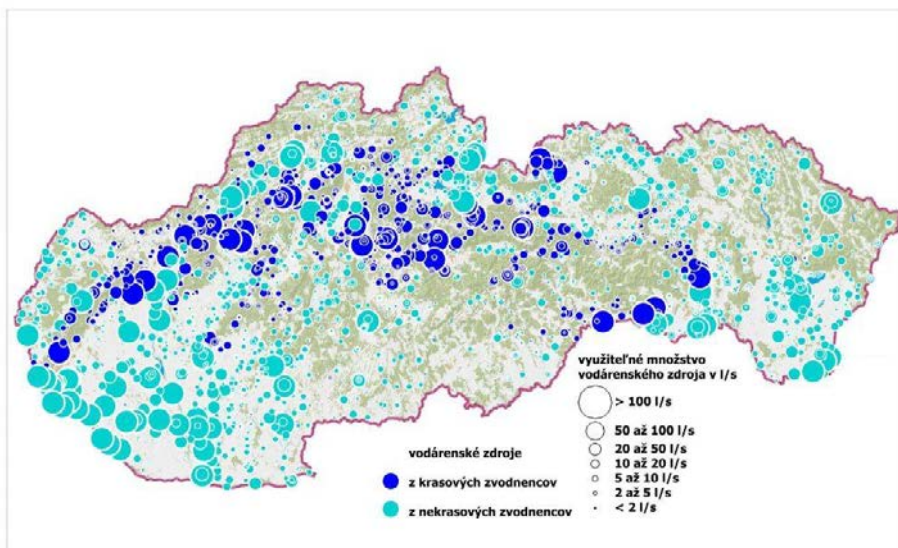
Obr. 20. Rozloženie obyvateľstva vo svete a v krasových oblastiach (Zdroj: Goldscheider et al., 2020, upravené)

Voda z krasu je vďaka svojim vlastnostiam vhodná ako **pitná voda** na zásobovanie obyvateľstva. Rast populácie je hlavnou výzvou pre trvalo udržateľné hospodárenie s vodnými zdrojmi; preto sú obzvlášť dôležité zistenia týkajúce sa vzťahu krasu a obyvateľstva (obr. 19 a 20). V roku 2015 žilo v krase odhadom 1,18 miliardy ľudí,



čo zodpovedá 16,5 % svetovej populácie. Presný vzťah medzi počtom ľudí žijúcich v krase a ľuďmi zásobovanými sladkou vodou z krasu je však veľmi zložitý, pretože geologické hranice sa často nezhodujú s hranicami zásobovania vodou.

Ako sme na tom na Slovenku? Krasové horniny zaberajú 5 % povrchu Slovenska a tvoria 25 – 38 % zdrojov podzemných vôd (obr. 21). Podzemnú vodu z krasu môžeme považovať za najkvalitnejšiu podzemnú vodu. Na Slovensku sa každú sekundu spotrebuje priemerne 10,72 m<sup>3</sup> podzemnej vody, z toho 5,80 m<sup>3</sup> tvorí krasová voda. Krasové vody by dokázali pokryť dvojnásobok súčasnej spotreby vody (odhadované množstvo 19,70 m<sup>3</sup>/s, čo je ¼ všetkej podzemnej vody). Vápencov a dolomitov nie je u nás veľa – preto by sme o to viac mali dbať na ochranu jedinečného environmentu, ktorý vytvárajú.



Obr. 21. Využitelné zdroje vody na Slovensku

(Zdroj: <https://www.geology.sk/2022/03/17/zviditelnenie-neviditelneho-rok-2022-je-rokom-podzemnej-vody/>)

22. marec bol vyhlásený za **Medzinárodný deň vody**. V roku 2022 sa oslavy tohto dňa niesli v znamení podzemnej vody a pod heslom „Zviditeľnenie neviditeľného“ / „Making the invisible visible“. Takisto sa v tomto duchu nieslo aj 9. svetové fórum pre vodu, ktoré sa konalo 22. marca 2022 v senegalskom Dakare pod patronátom OSN/UNESCO. Je to práve tá voda, prítomná len niekoľko metrov pod našimi nohami, tá ktorá vsiakla do podzemia a pomaly prúdi v póroch zemín alebo v puklinách skál. Je nám najbližšou, relatívne najdostupnejšou vodou a relatívne aj

najchránenejšou vodou vďaka tým niekoľkým metrom horniny, ktoré nás od jej hladiny delia. Ak sa však táto voda kontaminuje, trvá zvyčajne celé roky až desaťročia kým sa ju podarí vyčistiť.

Keďže kvalita krasovej vody má veľký význam, je dôležité monitorovať jej parametre (fyzikálne, chemické, biologické a i.). **Metódy výskumu krasových vôd** môžeme rozdeliť na 3 základné skupiny:

1. Hydrometrické (meranie prietokov, výšky hladiny, výdatnosti prameňov a pod.)
2. Hydrochemické (skúmanie chemickej denudácie krasu)
3. Hydroindikačné (zisťovanie smeru prúdenia podzemných vôd)



Obr. 22. Kečovská vyvieracia v Slovenskej krase (Sládek, 2017)

V súčasnosti sa na zisťovanie fyzikálnych a chemických veličín krasových vôd používajú multimetre, ktoré sú schopné merať viacero charakteristík naraz (napr. pH, konduktivitu, obsah rozpusteného kyslíka). Ich výhoda spočíva tiež v tom, že sú ľahko prenosné, a preto je možné ich využívať pri terénnom výskume, bez ktorého nie je možné pochopiť a následne chrániť citlivý krasový geosystém.

#### Literatúra:

- Goldscheider, N., Chen, Z., Auler, A. S. et al. 2020: Global distribution of carbonate rocks and karst water resources. *Hydrogeology Journal* 28, 1661–1677. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10040-020-02139-5>
- Hartman A. et al. 2014: Karst water resources in a changing world: Review of hydrological modeling approaches. *Reviews of Geophysics* 52, 218-242. DOI: <https://doi.org/10.1002/2013RG000443>
- Jákal, J., Abonyi, A., Bárta, J., Gulička, J., Hipman, P., Mitter, P., Rajman, L., Roda, Š., Slančík, J. 1982: *Praktická speleológia*. Martin (Osveta).
- Příbyl, J., Ložek, V., Kučera, B. et al. 1992: *Základy karsologie a speleologie*, Praha (Academia).
- ŠGÚDŠ 2022: *Zviditeľnenie neviditeľného: rok 2022 je rokom podzemnej vody*. [cit. 2022-11-07]. Dostupné na: <https://www.geology.sk/2022/03/17/zviditelnenie-neviditelneho-rok-2022-je-rokom-podzemnej-vody/>



---

## Prečo v ľadových jaskyniach vzniká ľad?

**Ľadové jaskyne** sú považované za najdynamickejšie typy jaskýň z hľadiska výplne a speleoklimatických zmien, ktoré sú výsledkom procesov prebiehajúcich vo vnútri jaskyne a v jej bezprostrednom okolí. Ročný chod teploty jaskyne je podmienený premŕzaním masívu a objemom ľadu, ktoré akumulujú chlad a regulujú teplotu v jaskyni. Pereniálne (viacročné) ľadové útvary v ľadových jaskyniach v oblastiach, kde sa ľadovce nevyskytovali alebo zanikli, sú navyše cennými archívmi pre rekonštrukciu paleoklímy. Podiel rôznych rádioaktívnych markerov v ľade možno použiť na výpočet absolútneho veku tvorby ľadu. Podiel plynov zachytených vo vnútri ľadu naznačuje zloženie atmosféry v čase vzniku ľadu. Biologické pozostatky ako peľ, fragmenty listov a mikrobiálny život zachovaný v ľade poskytujú zástupcov pre rekonštrukciu pôvodného prostredia. Navyše ľadové jaskyne vďaka minimálnemu vplyvu slnečného žiarenia reagujú na zmenu podnebia pomalšie ako horské ľadovce. Vzhľadom k pozorovaným vysokým úbytkom v zaľadnení jaskýň za posledných desaťročia vo svete je kľúčovým aspektom pre skúmanie informácií uložených v ľade zostávajúci čas.

### *Faktory vplyvajúce na vznik ľadovej výzdoby*

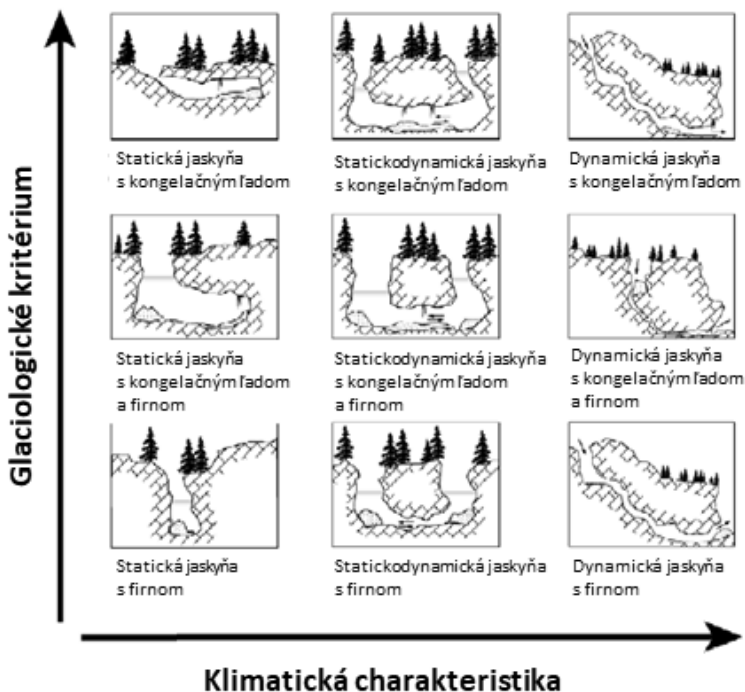
Vznik zaľadnenia v jaskyni je podmienený hlavne vonkajšími klimatickými pomermi regiónu, mikroklímou jaskyne a hydrologickými podmienkami, keďže pre vznik zaľadnenia je nevyhnutná okrem nízkej teploty prostredia aj voda. Množstvo vytvoreného ľadu a schopnosť udržania trvalého zaľadnenia následne závisí od kombinácie vplyvu hlavných a sekundárnych faktorov. Medzi **hlavné faktory** patrí pomer teploty horninového masívu a vonkajšieho prostredia, typ jaskyne (horizontálna, vertikálna, uklonená), rezerva chladu a množstvo prísunu vody do jaskyne, sekundárne faktory s menším vplyvom na zaľadnenie sú napríklad externé atmosférické podmienky (tlak, vlhkosť, slnečné žiarenie, vietor), tvar a morfológia jaskyne (veľkosť, tvar a priebeh priestorov, nadmorské výšky a orientácia vchodov), fyzikálne vlastnosti materiálov v jaskyni, geomorfologické vlastnosti okolia a výskyt vegetácie.

**Pomer teploty masívu a vonkajšieho prostredia** je jedným z hlavných predpokladov zaľadnenia jaskýň, keďže od teploty vonkajšieho vzduchu a úrovne ochladzovania masívu počas zimy závisí, či je zaľadnenie v danej oblasti vôbec možné.

### *Klimatické typy jaskýň*

Z hľadiska formovania ľadu v jaskyniach so splnenou podmienkou chladných zím je potrebné vyčleniť typ jaskyne. Jaskyne sa zvyčajne delia na základe klimatického kritéria dynamiky prúdenia vzduchu na statické (cold trap) a dynamické (seasonal

circulation), k čomu pristupuje ešte prechodný staticko-dynamický typ. Tieto základné typy jaskýň (obr. 23) je možné rozdeliť aj s ohľadom na glaciologické hľadisko, kedy sa sleduje aj typ ľadovej výplne v jaskyni.



Obr. 23. Typy ľadových jaskýň (Luetscher a Jeannin, 2004)

**Statické jaskyne** s jedným vchodom (cold trap) fungujú na princípe otvorenej a uzavretej fázy dynamiky prúdenia vzduchu, ktoré sa striedajú v závislosti od teploty vzduchu v jaskyni a vonkajšej teploty vzduchu. V prípade vyššej vonkajšej teploty vzduchu v uzavretej fáze cirkulácie v jaskyni panujú statické podmienky bez prúdenia a studený ťažší vzduch je v nej uväznený. Ak dôjde k zmene pomerov a vonkajšia teplota vzduchu klesne pod úroveň teploty vzduchu v jaskyni, dochádza k otvoreniu prúdenia studeného vonkajšieho vzduchu smerom do jaskyne a výstupu teplejšieho vzduchu von z jaskyne popri jej strope, čo spôsobuje podchladzovanie celého priestoru až po dosiahnutie rovnovážneho stavu alebo do zvýšenia vonkajšej teploty vzduchu.

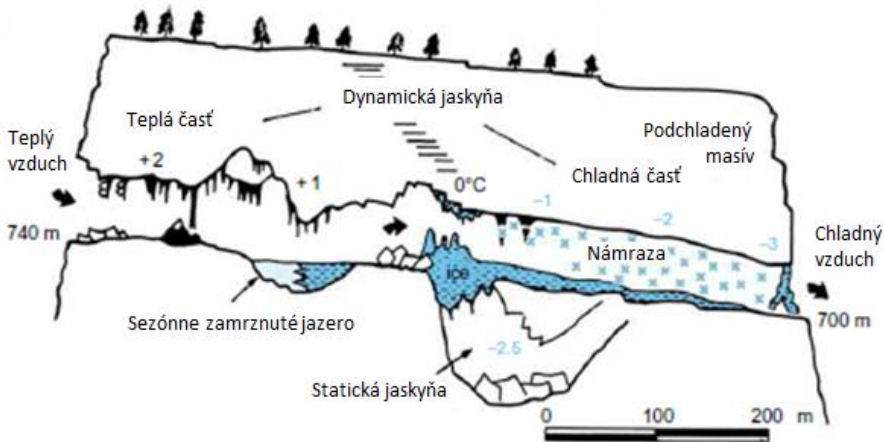
**Dynamickými jaskyňami** s viacerými vchodmi v rôznych nadmorských výškach prúdi vzduch celou jaskyňou. Smer prúdenia je podmienený rozdielnym tlakom a teplotou vzduchu medzi vchodmi. Ak je vonkajšia teplota vzduchu nižšia ako v jaskyni, dochádza k výstupu teplého vzduchu z jaskyne hornými vchodmi

a kumulovaniu chladu v najnižšej časti systému, naopak v prípade vyššej vonkajšej teploty vzduchu chladnejší vzduch zo systému vystupuje dolnými vchodmi a horné vchody do systému nasávajú stratený objem vzduchu.

V kombinovanom **staticko-dynamickom** type (obr. 24) ľadových jaskýň s viacerými vchodmi dochádza k striedaniu mikroklimatického režimu vzhľadom k morfológii priestorov, ktoré umožňujú vznik vzdušných sifónov vhodných pre vytvorenie statických podmienok. Prúdenie a úroveň podchladenia jednotlivých častí jaskyne sú preto podmienené okrem zmeny vonkajších teplôt vzduchu najmä morfológiou priestorov ako aj polohou a objemom naakumulovaných ľadových útvarov v jaskyni.

#### *Vznik a typy ľadových útvarov*

Snehové a ľadové útvary vznikajúce v jednotlivých typoch ľadových jaskýň je možné klasifikovať na základe rôznych kritérií (miesto vzniku, stav vody, proces formovania, mineralizácie vody, zloženie), v čase formovania ľadu, ako aj podľa veku formácií. **Ľadové útvary** v jaskyniach vznikajú procesmi zamrznania vody (kongelácie), ablácie (odtápaním), rekryštalizácie ľadu alebo zhutnením snehu. V jaskyniach sa nachádza viacero typov ľadových útvarov, pričom najčastejšie sa vyskytujú vertikálne ľadové útvary (ľadové stalagmity, stalaktity a stĺpy), podlahový ľad, ľad z jazier, jaskynné ľadovce, ľadová brekcia, námraza a ľad v klastických sedimentoch. Tieto ľadové útvary je možné klasifikovať na základe veku ako efemérne (krátkodobé), sezónne a pereniálne existujúce viac ako 1 rok.

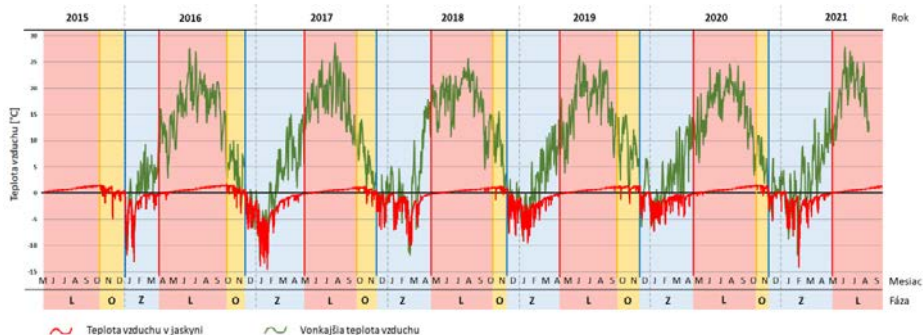


*Obr. 24. Příklad staticko-dynamickej ľadovej jaskyne (Ford a Williams, 2007)*

**Rezervu chladu**, ktorá je kľúčovým ukazovateľom pre udržanie zaľadnenia v jaskyni je možné vyjadriť energetickou bilanciou uzavretej sústavy jaskyne. Pre dlhodobé udržanie zaľadnenia je potrebné, aby chlad naakumulovaný v jaskyni počas

zimy bol výraznejší, než teplo prijaté počas zvyšku roka. Rezervu chladu ovplyvňuje teplo prijaté z vonkajšieho prostredia, teplo v jaskyni z vody a vzduchu, teplo prichádzajúce do jaskyne z masívu a teplo fázovej zmeny pri tvorbe a deštrukcii ľadu. Jednoduché vyjadrenie rezervy chladu je možné na základe dlhodobej priemernej ročnej teploty v rámci sledovaného bodu v jaskyni. Ak je priemerná ročná teplota vzduchu v sledovanom bode pozitívna a blízka 0, tak podmienky v rámci miesta v jaskyni sú vhodné len pre sezónne zaľadnenie, naopak, ak je priemerná teplota vzduchu pod nulou a nižšia, tak existujú vhodné podmienky pre udržanie trvalého zaľadnenia v danom bode.

Budovanie rezervy chladu je možné sledovať aj z ročného priebehu teplôt vzduchu v jaskyni (obr. 25). Teplotný režim jaskyne a cyklus formovania ľadovej výplne je možné v rámci roka rozdeliť na ochladzovanie, zimnú a letnú fázu. Rezerva chladu je najnižšia na konci letnej fázy, kedy sú dosahované najvyššie teploty v rámci jaskyne. Fáza ochladzovania sa prejavuje krátkymi fázami ochladenia jaskyne vplyvom klesajúcich vonkajších teplôt, až kým teploty v jaskyni neklesnú trvalo pod bod mrazu. V čase zimnej fázy, keď je teplota v jaskyni stabilne pod bodom mrazu, sú vytvorené vhodné podmienky pre vznik nového zaľadnenia. Počas zimnej fázy je budovaná rezerva chladu vstupom vonkajšieho chladnejšieho vzduchu a mrznúcej vody. V čase, keď teplota v jaskyni vystúpi trvalo nad 0 °C, začína letná fáza typická roztápaním ľadu v jaskyni. S budovaním rezervy chladu teda súvisí najmä intenzita a dĺžka zimy a množstvo naakumulovaného chladu uloženého v ľade a horninovom masíve jaskyne, ktorý je potrebný na prekonanie letnej fázy a udržanie celoročného zaľadnenia.



Obr. 25. Ročný chod teplôt vzduchu v jaskyni Silická ľadnica s vyznačením troch hlavných fáz tvorby a zániku ľadových útvarov L = letná fáza, O = fáza ochladzovania, Z = zimná fáza.

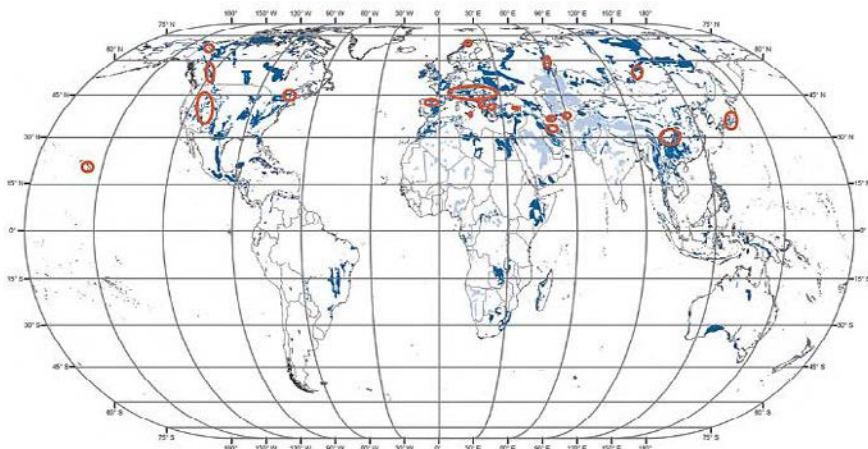
Pre vznik zaľadnenia je okrem teplôt pod bodom mrazu dôležité **množstvo vstupujúcej vody** do podchladenej jaskyne, ktoré podmieňuje formovanie ľadových útvarov. Pri dotovaní ľadovej jaskyne vodou je dôležitý úhrn zrážok a veľkosť zbernej oblasti. Morfológia jaskyne podmieňuje parametrami jaskynných vchodov možnosti akumulácie snehu pre vznik firnu. Miera výskytu puklín v masíve kontroluje

presakovanie atmosférických vôd a formovanie ľadu. Tvorbu a abláciu jaskynného ľadu ovplyvňujú zrážky, ktoré sú v zimnej fáze zdrojom vody pre vznik zaľadnenia, naopak v letnej fáze spôsobujú prísun tepla a degradáciu ľadu.

Sekundárne vplyvy sa podieľajú na formovaní zaľadnenia v menšej miere, pričom niektoré z nich (vietor, slnečné žiarenie, geomorfologické pomery okolia) je možné považovať za zanedbateľné. Najvýznamnejším zo sekundárnych faktorov je tvar a morfológia ľadovej jaskyne, ktoré určujú maximálny objem a polohu formovanej ľadovej výplne ako aj možnosti pre budovanie rezervy chladu. Veľkosť vchodu a objem priestorov jaskyne podmieňuje rovnako maximálny objem novej výmeny vzduchu. Vysoký sklon napomáha udržaniu chladu a vzdialenosť zaľadnenia od vchodu zmiernuje vplyv externých atmosférických podmienok. Vplyv vegetácie zatiaľ nie je dostatočne preskúmaný, no všeobecne prijatý názor je, že vegetácia napomáha budovaniu rezervy chladu tým, že nedochádza k prehrievaniu nadložia a vstupu teplej vody počas vegetačnej fázy. Medzi sekundárne vplyvy je možné zaradiť aj antropogénnu činnosť. Vplyv človeka na zaľadnenie je spôsobený zvyčajne prieskumnou činnosťou, zmenou morfológie jaskyne a narušením mikroklimatického režimu, kedy môže dôjsť až k úplnej strate zaľadnenia.

#### *Priestorová distribúcia ľadových jaskýň*

Z hľadiska priestorovej distribúcie (obr. 26) sa ľadové jaskyne nachádzajú na severnej pologuli a okrem Havaja nad 30° severnej zemepisnej šírky. Väčšina ľadových jaskýň je viazaná na vyššie pohoria a horské oblasti s nízkou priemernou ročnou teplotou s významným výskytom ľadových jaskýň v Alpách a Karpatoch. Medzi svetové unikáty s najväčším objemom zaľadnenia na svete sa radí Dobšinská ľadová jaskyňa s odhadovaným objemom 110 000 m<sup>3</sup> ľadovej výplne, za ňou nasleduje Scărișoara v Rumunsku, kde sa nachádza približne 100 000 m<sup>3</sup> ľadu. Významnou ľadovou jaskyňou je aj Eisriesenwelt v Rakúsku, ktorý je s dĺžkou 42 km najdlhšou ľadovou jaskyňou na svete s 30 000 m<sup>3</sup> ľadových formácií. Na Slovensku sa okrem Dobšinskej ľadovej jaskyne nachádza viacero jaskýň, z ktorých časť sa postupne stala sezónnymi ľadovými jaskyňami. Medzi významne ľadové jaskyne sa radí sprístupnená Demänovská ľadová jaskyňa, kde ľad aj napriek opatreniam skoro úplne zanikol a turisticky prístupná Silická ľadnica, ktorá je s nadmorskou výškou 504 m najnižšie položenou ľadovou jaskyňou mierneho klimatického pásma na svete. Ľad vo väčšine ľadových jaskýň sa však vplyvom zvyšujúcich sa vonkajších teplôt ako aj nedostatkom zrážok v čase formovania ľadových útvarov rýchlo stráca.



Obr. 26. Regióny s výskytom ľadových jaskýň (červené elipsy) vzhľadom k priestorovej distribúcii hlavných krasových území (modré plochy) na Zemi (Perşoiu a Lauritzen, 2018)

#### Literatúra:

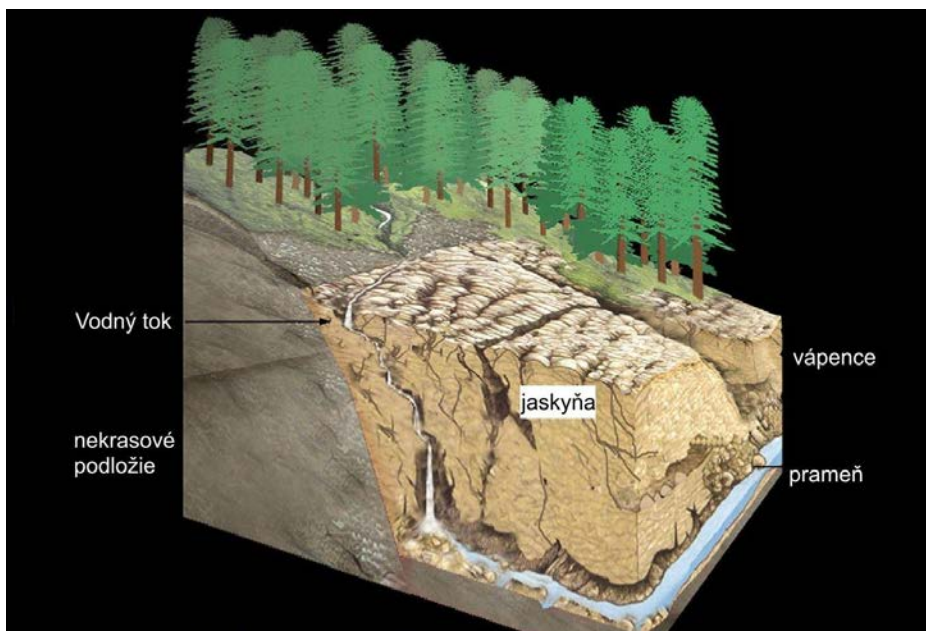
- Balch, E.S. 1900: *Glaciers or Freezing Caverns*. Philadelphia (Allen, Lane and Scott).
- Ford, D. C., Williams, P. W. 2007: *Karst hydrogeology and geomorphology*. Chichester (John Wiley & Sons).
- Holmlund, P., Onac, B. P., Hansson, M., Holmgren, K., Mörth, M., Nyman, M., Perşoiu, A. 2005: Assessing the palaeoclimate potential of cave glaciers: the example of the Scărișoara ice cave (Romania). *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 87 (1), 193-201.
- Jákal, J., Abonyi, A., Bárta, J., Gulička, J., Hipman, P., Mitter, P., Rajman, L., Roda, Š., Slančík, J. 1982: *Praktická speleológia*. Martin (Osveta).
- Luetscher, M., Jeannin, P. Y. 2004: A process-based classification of alpine ice caves. *Theoretical and Applied Karstology*, 17 (5), 10.
- Perşoiu, A., Lauritzen, S. E. 2018: *Ice Caves*. Elsevier.
- Perşoiu, A., Pazdur, A. 2011: Ice genesis and its long-term mass balance and dynamics in Scărișoara Ice Cave, Romania. *The Cryosphere*, 5 (1), 45-53.
- Šupinský, J. 2021: *Mapovanie jaskýň a modelovanie dynamiky vybraných parametrov jaskynného prostredia – dizertačná práca*, Košice (Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach).



---

## Prečo treba kras chrániť?

Krasová oblasť so všetkými svojimi súčasťami je **veľmi citlivý systém**, v ktorom sa jednotlivé súčasti navzájom veľmi rýchlo ovplyvňujú, a zároveň nie sú tieto vplyvy ešte dostatočne preskúmané (obr. 27). To mnohokrát spôsobuje problémy v krasových územiach, ktoré sú však v prevažnej miere viazané na človeka a jeho činnosť (tieto opisujeme v samostatnej časti tejto publikácie). Preto sú vo väčšine krasové územia chránenými územiaми na národnej alebo nadnárodnej úrovni. A nielen tieto územia samé o sebe, ale aj nárazníkové zóny, v ktorých sa nachádzajú prvky vplývajúce priamo alebo nepriamo na krasové územie.



Obr. 27. Krasový systém (upravené podľa Stokes et al., 2011)

### Svetová vzácnosť – voda

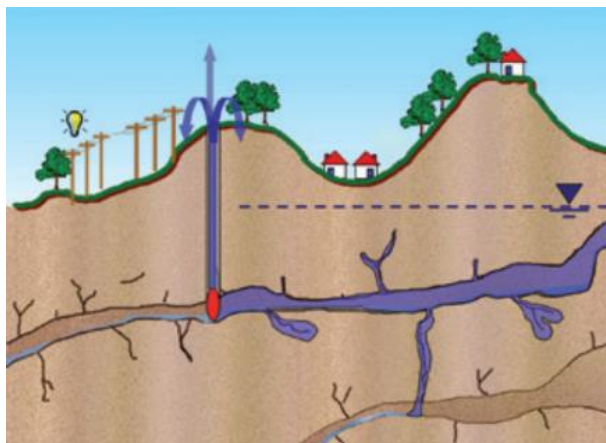
Voda je v krasovom území veľkou vzácnosťou. Vďaka priepustnosti a puklinatosti krasových hornín na povrchu nachádzame vodné toky alebo vodné plochy iba ojedinele a to spôsobuje odkázanosť obyvateľstva v takýchto oblastiach iba na zásoby podzemných vôd. Ich „cestu“ v podzemí však mnohokrát nepoznáme a preto je ťažké ju chrániť (resp. je dôležité chrániť rozsiahlu oblasť). Voda je v krase súčasťou pôdy, pórov a puklín v hornine, alebo preteká známymi či neznámymi jaskynnými priestormi.

Typickým javom v krase je **rozkolísanosť výdatnosti prietokov**. V letnom období alebo na skorú jeseň mnohé z prameňov takmer úplne vysychajú (občasné vyvieračky), v období dažďov alebo pri topení snehu majú zasa veľmi vysoké až extrémne výdatnosti. Tak sa v krasových oblastiach človek a jeho činnosť prispôsobujú na tento kolobeh a často majú tieto územia ešte ďalší dodatočný zdroj vody. Meniaca sa klíma a postupne sa predlžujúce obdobia sucha si vyžadujú aj technické riešenia, ktoré by umožňovali aj naďalej život v takýchto oblastiach (obr. 28).



Obr. 28. Zachytávanie zrážkovej vody do nádrží, aby mohlo byť preklenuté obdobie sucha v krase JV Číny (Gessert, 2013)

V uplynulých desaťročiach s pomocou moderných technológií je možné využívať aj podzemné vodné toky, ktoré sa nachádzajú hlboko pod povrchom krasového reliéfu. Tak v roku 2008 uzrel svetlo sveta prvý projekt jaskynnej vodnej elektrárne na svete na ostrove Jáva (obr. 29) a odvtedy sa počet takýchto elektrární zvyšuje každým rokom (napr. v Nemecku, Francúzsku, Švajčiarsku a inde).



Obr. 29. Projekt jaskynnej vodnej elektrárne na Jáve (zdroj: [http://cz.typo3.vag.abcde.biz/uploads/tx\\_news/Ref-pro\\_Java\\_edition1\\_11-01-13\\_EN\\_08.pdf](http://cz.typo3.vag.abcde.biz/uploads/tx_news/Ref-pro_Java_edition1_11-01-13_EN_08.pdf))

Cieľom pôvodného projektu bolo zabezpečiť pitnú vodu z podzemného vodného toku v hĺbke 100 m pod povrchom krasovej planiny pre obyvateľstvo danej oblasti. Tak došlo k vyvrtaniu horizontálneho a vertikálneho tunela a vybudovaniu podzemnej nádrže. Táto priehrada zadržiava vodu a tá je následne prostredníctvom technických zariadení v podobe púmp vyťahovaná na povrch.

Jedinou možnosťou ako zistiť povodia podzemných tokov (odkiaľ daný prameň resp. vodný tok odvádza vodu) je detailný vedecký výskum územia. Najpresnejšou metódou sú stopovacie skúšky (farbiace pokusy, obr. 30), ktoré prebiehajú na báze zafarbenia vody a následne stopovania farbiva pomocou špecializovaných prístrojov na známej lokalite. Tak vieme získať informáciu prepojenia lokality farbenia s miestom jej výveru (alebo sledovania). Poznáme širokú paletu farbív, ktoré sú ekologicky nezávadné, ale aj závadné, a podľa charakteru územia si vedci vyberajú to správne a vhodné pre dané územie.



*Obr. 30. Injektovanie farbiva fluoresceín do vodného toku (Zdroj: <https://www.nps.gov/macca/learn/nature/hydrological-activity.htm>)*

#### *Vysychanie krasového územia – dezertifikácia*

Ako sme už vyššie spomínali, voda je v krase vzácna a keď zaprší, takmer okamžite sa stráca v póroch a puklinách podložia. V oblastiach, ktoré sú husto obývané a poľnohospodársky obhospodarované dochádza k vysychaniu, a zároveň k odnosu najvrchnejšej časti pôdy – k **erózi**. Tak sa na povrch dostáva samotné podložie, väčšinou v podobe škrapov, znemožňuje ďalšie využívanie územia a znižuje rozlohu poľnohospodárskych pôd. Takýmito negatívnymi prírodnými



procesmi sú znehodnocované rozsiahle plochy v juhovýchodnej Ázii, voči čomu bojuje hlavne juhovýchodná Čína (obr. 31).



*Obr. 31. Dezertifikácia krasového územia v oblasti v okolí mesta Guilin (jv. Čína, Gessert, 2012)*



*Obr. 32. Postupné zarastanie oblasti Zajačej brány v Slovenskom krase, vľavo stav v roku 1959, vpravo to isté územie v roku 2006 (letecká snímka a Google Earth)*

*Návrat krajiny do pôvodného stavu – je to dobré alebo zlé?*

Vo svetových krasových oblastiach sa stretávame postupne so zarastaním územia. Na Slovensku tento proces sledujeme najzreteľnejšie v Slovenskom krase, kde v uplynulých desaťročiach z rôznych dôvodov (vysídľovanie, zákaz činnosti kvôli ochrane prírody) nastáva **postupné zarastanie územia (sukcesia)**. Tento proces možno považovať za návrat krajiny do pôvodného stavu, kedy tu pred príchodom

človeka prevládal les. Z tohto pohľadu to možno považovať za proces pozitívne pôsobiaci na krajinu. Na druhej strane ale treba spomenúť, že zarastanie spôsobuje znižovanie diverzity a mozaiky krajiny (obr. 32), ktorú človek z daného územia pozná. Postupne zarastajú škrapy a škrapové polia, ustupujú poľnohospodárske plochy, ale aj suchomilné rastlinstvo, ktoré je typické pre krasové lúčne porasty.

#### *Aká je budúcnosť ľadových jaskýň?*

O tom ako vznikajú ľadové jaskyne sme už písali v jednej z predchádzajúcich kapitol. Je jasné, že postupné **otepl'ovanie atmosféry** je jeden zo základných faktorov vplývajúcich na roztápanie ľadovej výzdoby v jaskyniach. O čom sa však menej hovorí je, že okrem teploty aj dostatočné množstvo zrážok, a teda voda v krase sú potrebné, aby sa ľadová výzdoba vytvárala a aj udržala. V uplynulých rokoch sledujeme roztápanie ľadovej výzdoby aj v Demänovskej ľadovej jaskyni a dá sa povedať, že v priebehu pár rokov sa tu naskytl návštevníkom v roku 202 úplne iný pohľad než predtým v roku 2011 (obr. 33, 34).

Človek ovplyvňuje svojou činnosťou prírodu okolo seba, ale príroda ovplyvňuje spätne aj jeho pôsobenie v krasovom území. Kvôli výraznej citlivosti takéhoto systému je dôležité nájsť rovnováhu, no zmeny sú často spôsobené aj dlhodobým vplyvom klímy na danom území a z krátkodobého hľadiska nie je možné ich ovplyvňovať. Človek však môže takéto oblasti chrániť a snažiť sa naďalej skúmať, aby pochopil prepojenie všetkých zložiek krajiny, ktoré sa v krasových územiach navzájom prelínajú a navzájom ovplyvňujú ešte viac ako kdekoli inde.

#### *Literatúra:*

- Gessert, A., Hochmuth, Z. 2012: Slovak karst – land cover, exploitation of the karst landscape and its transformation. *IGC Cologne 2012: 32nd International Geographical Congress* : 26. - 30. august 2012, Köln, pp. 310.
- Stokes, T. R., Griffiths, P. A. 2019: An overview of the karst areas in British Columbia, Canada. *Geoscience Canada*, 46, 1, 49–66. DOI: <https://doi.org/10.12789/geocanj.2019.46.145>
- Štenclová, E. 2021: Šokovaní návštevníci. Výzdoba v Demänovskej ľadovej jaskyni sa roztopila. *Pravda*. Dostupné na: <https://spravy.pravda.sk/regiony/clanok/598461-vyzdoba-v-demanovskej-ladovej-jaskyni-sa-roztopila/>
- Cave power plant in Java*. [cit. 2022-10-26]. Dostupné na: [http://cz.typo3.vag.abcd.biz/uploads/tx\\_news/Ref-pro\\_Java\\_edition1\\_11-01-13\\_EN\\_08.pdf](http://cz.typo3.vag.abcd.biz/uploads/tx_news/Ref-pro_Java_edition1_11-01-13_EN_08.pdf)
- Water from the world's first cave power station on Java*. [cit. 2022-10-26]. Dostupné na: <https://www.vag-group.com/en/references/reference-projects/details/water-from-the-worlds-first-cave-power-station-on-java>



*Obr. 33. Ladová výzdoba v Kmeťovom dóme v Demänovskej ľadovej jaskyni v roku 2011 (Štenclová, 2021)*



*Obr. 34. Ladová výzdoba v Kmeťovom dóme v Demänovskej ľadovej jaskyni v roku 2021 (Štenclová, 2021)*



---

## Vplyv človeka na kras a jaskyne

Človek od dávnych čias chodil do jaskýň, slúžili mu ako útočisko v zlom počasí alebo v časoch nepokojov či v novodobej histórii na šport, ako objekt výskumu alebo turistický cieľ. V krasových územiach žije, pracuje, vykonáva poľnohospodársku činnosť a i. Každou svojou aktivitou v krase zanecháva na krajine stopy (v pozitívnom alebo negatívnom zmysle slova) a mení ju. Niektoré zmeny sa v priebehu storočí prejavujú menej, iné viac, niektoré sa periodicky opakujú a sú teda vratné (odlesňovanie, zalesňovanie), niektoré sú sporadické a niektoré prírastkové (znečisťovanie), niektoré nevratné (zničenie výzdoby jaskýň). Niektoré vplyvy človeka sme opísali v predchádzajúcej kapitole a tu sa budeme venovať iba niekoľkým vybraným.

### *Zámerné poškodzovanie a znečisťovanie jaskynných priestorov*

Za najčastejšie poškodzovanie jaskýň možno považovať odlamovanie jaskynnej výzdoby, znehodnocovanie stien nápismi alebo ukladanie (aj nebezpečného) odpadu.

**Nápisy** sú veľké špecifikum jaskýň. Z minulosti poznáme historické kresby zo slávnych jaskýň ako napr. z jaskyne Covalanas (obr. 35), El Castillo alebo Altamira v Španielsku či Lascaux vo Francúzsku. Tie sú považované za umelecké diela z prehistorických dôb, dokazujú aktivitu človeka v nich a sú predmetom dlhodobého historického výskumu. U nás na Slovensku poznáme nápisy vo viacerých jaskyniach, ktoré možno považovať za informácie o čase ich objavenia alebo návšteve. Najstarší takýto nápis je v Jasovskej jaskyni z roku 1452, ktorý zaznamenáva víťazstvo vojsk Jána Jiskru z Brandýsa. No novodobé nápisy nemajú vo väčšine prípadov žiadnu výpovednú hodnotu a predstavujú neblahý spôsob poškodzovania interiéru jaskýň (obr. 36).



*Obr. 35. Jaskyňa Covalanas v Španielsku bola miestom aktivity človeka už pred 45000 rokmi (spain.info)*



Obr. 36. Jaskyňa v lokalite Atapuerca, Španielsko (Gessert, 2022)



Obr. 37. Priepast' Gouffre de Jardelle vo Francúzsku a nájdená munícia (zdroj: <https://www.estrepublicain.fr/environnement/2011/09/29/jardelle-500-tonnes-d-obus>)

V minulosti, ale bohužiaľ aj v súčasnosti, mnohí medzi nami považovali či považujú jaskyne a najmä priepasti za miesto vhodné na zbavenie sa odpadu alebo rôznych pozostatkov. Po vojnových konfliktoch boli vo viacerých lokalitách nájdené sklady munície, ktoré možno považovať za nebezpečný odpad, no aj pozostatky tiel, ktorých sa takto zbavovali. Takto sa napr. našlo v priepasti Gouffre de Jardelle vo Francúzsku viac ako 500 ton nepoužitej munície (obr. 37).

Pomerne častým je aj odpad v podobe rôznych sudov s nebezpečnými látkami (napr. niekoľko priepastí v Slovenskom krase), ktorých oficiálne zneškodnenie by bolo finančne náročné. Najčastejší je ale bežný domový a komunálny odpad alebo pozostatky zvierat. Aj na Slovensku máme niekoľko neslávne známych jaskýň či priepastí, ktoré človek využíval ako miesta na čierne skládky. Väčšina z nich sa nachádza v oblasti ľudských sídel, ale často aj v menej prístupnom teréne.

### *Sprístupnené jaskyne*

Veľakrát sa o sprístupnených jaskyniach hovorí ako o tých, ktoré človek obetoval turistom, aby tie ďalšie mohol chrániť. Klasickým sprístupnením sa úplne mení **environment jaskyne** – upravujú sa vchody (niekedy aj vrátajú vchody), budujú sa (viac alebo menej šetrne) prehliadkové trasy, buduje sa osvetlenie a v niektorých častiach sveta (USA alebo Čína) aj hygienické zariadenia (Carlsbad Caverns, USA) či obchody (obr. 38). V niektorých nachádzame časti vyhradené speleoterapii (napr. Jasovská jaskyňa), niekde spoločenské či koncertné priestory (napr. Domica, Baradla v Maďarsku). V súčasnej dobe však mnohokrát klasická prehliadka jaskyne u turistov už nedokáže uspokojiť túžbu po dobrodružstve a adrenalíne. A tak vznikajú netradične sprístupnené jaskyne, avšak tie (paradoxne) menej negatívne ovplyvňujú jaskynné prostredie. V nich návštevník dostane helmu a čelovku, niekedy aj overal a gumené čižmy. Väčšinou sa však postupuje v malých skupinkách pôvodným alebo mierne upraveným terénom jaskyne bez trvalého osvetlenia.



Obr. 38. Vybudované jaskynné predajne v juhovýchodnej Číne (vľavo, Gessert, 2016), toalety v Carlsbad Caverns (USA, zdroj: <https://www.nps.gov/cave/index.htm>)



Častým problémom sprístupnených jaskýň je tzv. **lampenflóra**, t. j. rastlinstvo, ktoré rastie okolo osvetľovacích telies jaskyne. To nielenže mení prírodné prostredie jaskyne, ale aj poškodzuje výzdobu. V posledných rokoch veľa sprístupnených jaskýň pristúpilo na výmenu žiaroviek za LED diódy, ktoré sú k sprístupneným jaskyniam šetrnejšie a tento problém čiastočne eliminujú.

#### *Využívanie krasovej krajiny – vápenné jamy a kameňolomy*

V blízkosti obcí a zároveň v krasových územiach s dobrou dostupnosťou často nájdeme **jamy**, ktoré sú pozostatkom po pálení vápna (obr. 39). V niektorých oblastiach Slovenského krasu sú ich stovky a väčšinou sa nachádzajú vedľa lesných ciest, aby bolo materiál v podobe vápenca jednoduché priviezť a vypálené vápno zasa odviezť. Ľudia pri lámaní vápenca pretvárali charakter krajiny, využívali škrapy alebo zakladali malé lomy.

Najprv sa vyhlbila jama, do ktorej sa do tvaru kupoly naukladal nalámaný vápenec od najmenšieho po najväčší, vpredu sa vyhlbila menšia depresia, ktorou sa prikladalo drevo. Kupola sa utesnila kvôli zamedzeniu úniku tepla alebo prieniku dažďa smerom dnu. Po niekoľkých hodinách (zvyčajne 12 - 16 hodín) sa pec ochladila a rozobrala (Petrvalská, 2010).



*Obr. 39. Vápenná jama na Jasovskej planine v Slovenskom krase (Gessert, 2015)*

a železničný podklad, na výrobu cementu, vápna a má aj ďalšie využitie v priemyselnej výrobe. Druhým najčastejšie ťaženým materiálom v krase je travertín, ktorý je vysoko ceneným dekoratívnym kameňom.

#### *Pitná voda a znečisťovanie podzemných vôd*

Človek svojou činnosťou v krase priamo ovplyvňuje **kvalitu podzemných vôd** a negatívne vplýva na krasové geosystémy, a tým aj na ďalšie procesy v jaskyniach.

Najviac negatívne vplyva na kras **poľnohospodárstvo**. Z nekrasových oblastí pritekajú znečistené vodné toky, no aj priamo v krasových oblastiach nadmerným hnojením orných ale aj trávnatých plôch (organickými aj anorganickými hnojivami), skladovaním maštalného hnoja a podobne vznikajú závažné problémy súvisiace so znečisteným podzemným krasovým vôd (na Slovensku napr. Ponický alebo Važecký kras).

V ďalšom sa v niektorých krasových územiach do priepastí (spomínané vyššie), závrtovej alebo iných depresných foriem krasového georeliéfu vysypajú rozličné priemyselné i komunálne **odpady**, ktoré ako environmentálne záťaž znečisťujú alebo ohrozujú kvalitu podzemných vôd.

Keďže povrchová časť krasovej krajiny je vertikálnymi väzbami úzko spätá s jej podzemnou časťou s výskytom jaskynných priestorov, prírodné procesy a vlastnosti prírodných zložiek krasových geosystémov narušujú aj kontaminované zrážkové vody infiltrujúce a presakujúce do podzemia. V oblastiach, kde následkom prúdenia vzduchu nastáva absorpcia oxidu siričitého (SO<sub>2</sub>) a sulfánu (H<sub>2</sub>S) napr. v Ružomberku z celulózok a papierní do zrážok, sa predpokladá vzrast kyslosti, zvýšenie mineralizácie, najmä sulfátov v zrážkových vodách s následným zintenzívnením deštruktívnych procesov na karbonátové horniny, resp. zmenou geochemických a mikrobiologických procesov v krase. Napríklad, v Liskovskej jaskyni sa v priesakových vodách zistil zvýšený obsah síranov, čo pravdepodobne spôsobuje lokálne znečistenie ovzdušia v jej okolí.

Človek vplyva na kras v podstate všetkými oblasťami svojej aktivity a okrem vyššie spomínaných činností napr. aj budovaním vodohospodárskych sústav, stavbou podzemných elektrární, ťažbou surovín, výstavbou sídel, cestovným ruchom, využívaním jaskýň na účely náboženských obradov a mnohými ďalšími. Jaskyne ovplyvňuje nielen činnosťou opísanou v častiach vyššie, ale aj samotným pohybom v takýchto priestoroch, a tým pádom vyžarovaním telesného tepla alebo vydychovaním vzduchu, ktorý môže byť vo veľmi citlivom jaskynnom prostredí rozhodujúci pre zachovanie podzemného bohatstva.

#### Literatúra:

Bella, P. 2007: Environmentálne problémy využívania a ochrany krasu v kotlinách a podoliach Západných Karpát. *Geographia Cassoviensis*, 1, 11-18.

*L'Est Républicain, Doubs: le gouffre de Jardelle contient 500 tonnes d'obus.* [cit. 2022-09-30].

Dostupné na: <https://www.estrepublicain.fr/environnement/2011/09/29/jardelle-500-tonnes-d-obus>

National Park Service. [cit. 2022-10-24]. Dostupné na: <https://www.nps.gov/cave/index.htm>

Petrvalská, A. 2010: Vápenné jamy na Jasovskej planine. *Aragonit*, 15, 31-33.

Spain's official tourism website. [cit. 2022-10-18]. Dostupné na: <https://www.spain.info/>

---

## Jaskyňa ako ju nepoznáme (s pomocou laserového skenera)

Prieskum, mapovanie a skúmanie prírodných procesov v jaskynnom prostredí sú z dôvodu obmedzeného prístupu a komplexných tvarov náročnejšie, než na povrchu. Zachytenie podrobného tvaru jaskyne a jej digitálna 3D prezentácia vo forme mračna bodov alebo **3D modelu** umožňujú nové formy vizualizácie priebehu jaskyne aj v korelácii s povrchom. Zároveň sa otvárajú nové možnosti spojené s modelovaním dynamických prírodných procesov vyskytujúcich sa v jaskynnom prostredí, ktoré predtým nebolo možné skúmať v tak detailnej podobe. Mapovanie jaskýň sa najčastejšie vykonáva za účelom dokumentácie prieskumnej činnosti a aktualizácie existujúcich mapových diel. Výsledné mapy jaskýň plnia najmä orientačnú a technicko-dokumentačnú funkciu. Mapovanie prebieha profesionálne banskými meračmi a geodetmi alebo amatérsky dobrovoľnými jaskyniarimi, ktorí tvoria väčšinu máp jaskýň.

Najpoužívanejšou metódou mapovania jaskýň je kompasový polygónový ťah s výsledným riedkym bodovým poľom, čo je pre potreby 3D vizualizácie a modelovania nie celkom postačujúce. Okrem polygónového ťahu sa pri mapovaní jaskýň experimentálne využívalo viacero metód ako napríklad U-GPS (podzemné GPS), sonar pre mapovanie zaplavených častí jaskýň, aktívna (georadar) a pasívna (miónová) tomografia, pričom efektívne uplatnenie pri mapovaní jaskynných priestorov v posledných rokoch našli **laserové skenovanie a digitálna fotogrametria**. Výstupom týchto metód je husté mračno bodov, ktoré umožňuje ako odvodenie detailnej mapy jaskyne, tak aj tvorbu podrobných modelov jaskýň. Uplatnenie digitálnej fotogrametrie je však do značnej miery obmedzené vzhľadom k nutnosti zabezpečenia konštantných svetelných podmienok na prekrývajúcich sa snímkach. V spojení s vysokou výpočtovou náročnosťou je preto použitie digitálnej fotogrametrie v rozsiahlych jaskynných systémoch logisticky a hardvérovo náročné.

Progresívnejšou metódou pre mapovanie jaskýň, vzhľadom na nezávislosť od svetelných podmienok, je laserové skenovanie. Laserové skenovanie je vo všeobecnosti metóda často používaná aj pre prieskum a 3D rekonštrukciu komplexných povrchov ako sú jaskynné chodby a dómy, pričom výsledné mračno bodov je získané vo vysokom priestorovom rozlíšení a za relatívne krátky čas. Využitie pozemného laserového skenovania (PLS) pri mapovaní jaskýň s dosahovanou polohovou presnosťou zaznamenaných bodov na úrovni 2 - 4 mm je presnejšie, no časovo náročnejšie, než využitie mobilného laserového skenovania (MLS). S postupným znižovaním PLS skenerov a možnosťou MLS je laserové skenovanie v súčasnosti vzhľadom na hustotu zaznamenaných dát, rýchlosť zberu a spracovania dát čoraz efektívnejšou metódou pre mapovanie jaskýň.

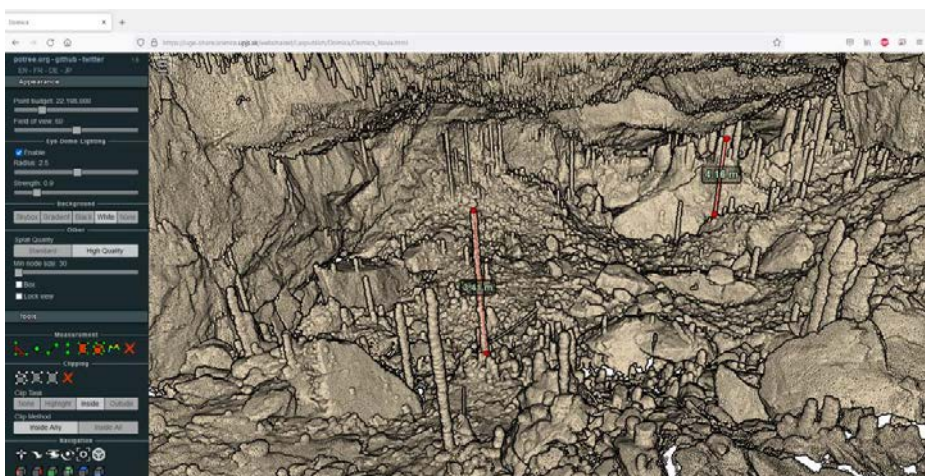


Metódy mapovania jaskýň založené na polygónovom ťahu zaznamenávajú hlavnú líniu vyjadrujúcu priebeh jaskyne, prípadne je vykonané doplnujúce detailné mapovanie. Výsledkom týchto metód je **bodové pole**, ktoré vyjadruje kostru jaskyne, prípadne obrys stien a polohu mapovaných objektov. Silnou stránkou týchto metód pri použití amatérskeho vybavenia je realizovateľnosť v akýchkoľvek podmienkach. Nevýhodou je časová náročnosť a riedke bodové pole. Silnou stránkou metód DPZ ako laserové skenovanie a digitálna fotogrametria je dosahovaná vysoká polohová presnosť, vysoká hustota zaznamenaného mračna bodov, ako aj rýchlosť realizovaného mapovania v porovnaní s klasickými metódami. Slabou stránkou týchto metód je v prípade fotogrametrie nutnosť konštantných svetelných podmienok a výpočtová náročnosť. Mapovanie pozemným laserovým skenovaním je vzhľadom k nutnosti stabilizácie pozícií časovo náročnejšie, než použitie mobilného laserového skenovania, ktoré však dosahuje nižšiu polohovú presnosť zaznamenaných bodov.

Komplexnosť tvarov jaskynných priestorov vytvára špecifické nároky aj na kartografickú vizualizáciu. S množstvom labyrintových chodieb, poschodí ako aj celkovou dĺžkou jaskynného priestoru sa zvyšuje nutnosť disponovať prehľadnou mapou pre uľahčenie orientácie v jaskyni ako aj z dôvodu dokumentácie priestorov. **Mapa jaskyne** predstavuje zjednodušený premietnutý obraz jaskynného priestoru znázornený pôdorysom pri horizontálnej jaskyni, bokorysom pri priepasti, priečnymi profilmi, prípadne zobrazením z vybraného uhla pri zložitých labyrintových jaskynných systémoch s viacerými úrovňami. Najmä v prípadoch dlhých a viacúrovňových horských sústav sa jaskyniarske skupiny okrem vyhotovenia klasických pôdorysných a bokorysných máp snažia aj o tvorbu 3D modelov jaskýň rôznej kvality. Najjednoduchšie je vykreslenie špagetového modelu používajúceho známe body polygónového ťahu, ktorým sú priradené jednoduché geometrické telesá. Tvorba podrobného modelu odvodeného z detailných meraní predstavuje model na vyššej úrovni hodnovernosti a detailu. Jednoduché modely je možné vykresliť manuálne, častejšie je používané automatické spájanie zaznamenaných vrcholov na základe poradia, prípadne použitím ľubovoľnej funkcie pre rekonštrukciu 3D povrchu.

Z mračen bodov (obr. 40) získaných digitálnou fotogrametriou alebo laserovým skenovaním sú pre vizualizáciu a analýzy vytvárané aj **3D modely jaskýň**. V prípade vysokej hustoty bodov je však pre vizualizáciu postačujúce aj použitie spracovaného mračna bodov z mapovania. Hodnotným je taktiež doplnenie dát z mapovania jaskyne aj o povrch nad jaskyňou formou ortofotosnímkou, leteckého mračna bodov alebo digitálneho modelu terénu. Súčasným trendom je zobrazovanie vybranej časti jaskyne v reálnom čase pomocou rozšírenej a virtuálnej reality. Taktiež sa produkujú modely vo forme rôznych odliatkov a výrezov, s príchodom 3D tlače je samozrejmosťou aj jednoduché a rýchle vyprodukovanie fyzicky vytlačeného modelu mapovanej jaskyne. Ďalším prístupom vizualizácie získaných dát z mapovania jaskýň je použitie

interaktívnej webovej aplikácie. V posledných rokoch sa objavilo množstvo nástrojov ako napríklad Potree alebo 3DHOP.

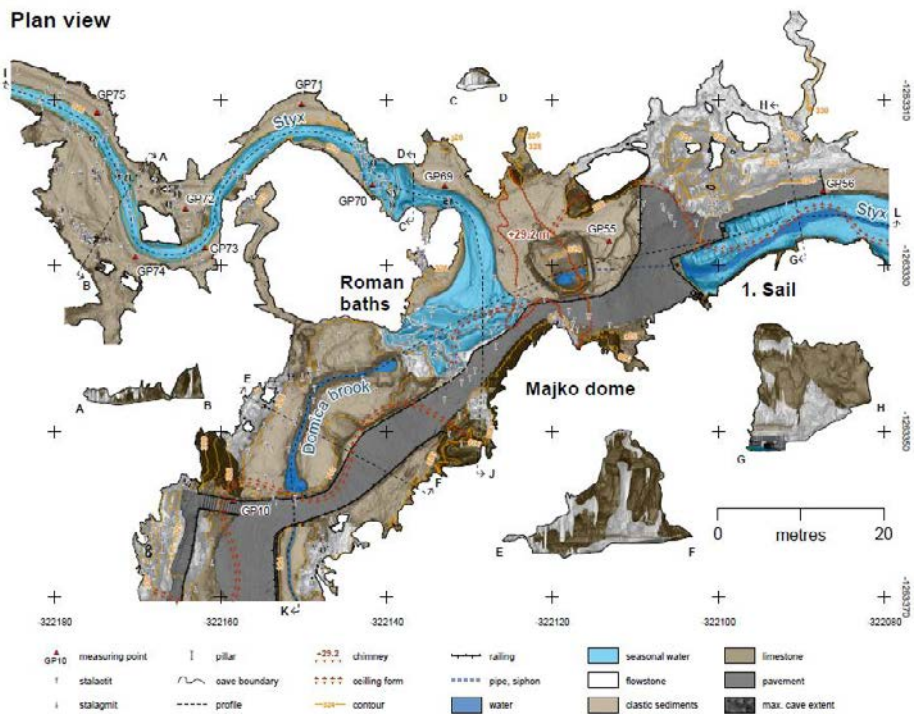


Obr. 40. Zobrazenie mračna bodov jaskyne prostredníctvom webu  
(zdroj: <https://uge-share.science.upjs.sk/webshared/Laspublish/Domica/Domica.html>).

Hlavnou motiváciou pre použitie PLS v mapovaní jaskýň je získanie detailnej 3D geometrickej prezentácie mapovaného priestoru. Prvé boli laserovým skenovaním mapované archeologicky významné lokality ako jaskyňa Altamira v Španielsku medzi rokmi 1988 až 2001 alebo jaskyňa Cosquer neďaleko Marseille v roku 1994 metódou aktívnej triangulácie. Do roku 2010 prevládalo laserové skenovanie jaskýň pre archeologické práce, kedy boli mapované len malé významné lokality na niekoľkých skenoch. Znížením ceny laserových skenerov a ich ďalším vývojom sa PLS začalo po roku 2010 konvenčne využívať aj pre mapovanie dlhších úsekov jaskýň. Primárnym účelom sa stala dokumentácia priebehu jaskyne a vybraná morfológická analýza zo získanej geometrie. Medzi ďalšie aplikácie patrí napríklad kryomorfológické použitie dát z PLS pri dokumentovaní ľadu v jaskyniach a vyhodnocovaní objemovej zmeny zaľadnenia v jaskyni. Sporadicky sa PLS mapovanie jaskýň využilo aj v zoológii pre účely počítania živočíchov, pri hodnotení potencionálnych prírodných rizík a v paleontológii.

V rámci dlhodobej činnosti bolo pracovníkmi Ústavu geografie PF UPJŠ realizované postupné mapovanie jaskynného systému **Domica - Čertova diera**, lokalizovaného na južnom okraji Silickej planiny v Slovenskom krase. Mapovanie systému začalo v roku 2014 PLS misiou sprístupnených častí jaskyne Domica. Na viacdňovej PLS misii od 3. do 6. marca 2014 boli mapované 2 uzavreté meračské ťahy a niekoľko otvorených úsekov v rámci sprístupnenej časti jaskyne a jej blízkeho okolia. Celkovo bolo vykonaných 327 PLS pozícií s vysokou hustotou umiestňovania a zaznamenanou detailnosťou výsledných dát (vyše 11,9 miliardy zaznamenaných

bodov), kedy sa mapovalo v približne 10 m rozstupoch medzi pozíciami. Mapovanie v roku 2014 vykonával J. Meneely z Queen's University of Belfast, použitím laserového skenera FARO Focus 3D S 120. Výsledkom mapovania bolo detailné mračno bodov najmä sprístupnených častí jaskyne Domica (obr. 41), odvodený 3D model jaskyne použitý pre ďalšie morfometrické analýzy a webová virtuálna prehliadka jaskyne Domica v prostredí 3DHOP (dostupné na: <http://vcg.isti.cnr.it/varie/cave/>).



*Obr. 41. Výrez z detailného mapového listu Majkovho dómu v jaskyni Domica z laserového skenovania (Šupinský et al., 2022)*

Koncom roka 2017 bolo PLS mapovanie obnovené najprv v rozsiahlych priestoroch smerom na maďarskú hranicu. Pre mapovanie bol využitý dostupný laserový skener RIEGL VZ-1000. PLS misie pokračovali v roku 2018 postupným mapovaním Čertovej diery. V novembri 2018 boli mapované aj chýbajúce úseky v sprístupnenej časti jaskyne Domica. V rokoch 2019 až 2021 sa postupne mapovali chýbajúce odbočky. Celkovo bolo v jaskynnom systéme Domica - Čertova diera zaznamenaných 95 % známych jaskynných priestorov na realizovaných 43 samostatných PLS misiách s vykonaním 1815 skenovacích pozícií reprezentujúcich v mračne bodov celkovo 42 miliárd bodov. V roku 2014 bolo takto zmapovaných približne 1 600 m jaskynných priestorov najmä v sprístupnenej časti jaskyne. Od

konca roka 2017 bolo zmapovaných metódou PLS ďalších vyše 6 000 m jaskynných priestorov. Registráciou jednotlivých PLS pozícií vzniklo mračno bodov, umiestnené v spoločnom lokálnom súradnicovom systéme. 3D model jaskyne v priestorovom rozlíšení 0,01 m bol odvodený postupne pre 45 segmentov rozdeľujúcich jaskynný systém po približne 100 m úsekoch s 1 m širokým prekryvom susedných mračien bodov. Okrem mračna bodov, 3D modelu jaskyne a interaktívnej webovej prehliadky bolo z laserového skenovania odvodených aj niekoľko mapových listov vo vysokom priestorovom rozlíšení. Tieto dáta boli taktiež využité pre hydrodynamické analýzy so zameraním na povodne v jaskyni Domica.

*Literatúra:*

- Dasher, G. R. 2011: *On station: a complete handbook for surveying and mapping caves*. Huntsville (National Speleological Society).
- Day, A. 2002: Cave Surveying. *Cave Studies Series* 11. Buxton (British Cave Research Association).
- Gallay, M., Kaňuk, J., Hochmuth, Z., Meneely, J. D., Hofierka, J., Sedlák, V. 2015: Large-scale and high-resolution 3-D cave mapping by terrestrial laser scanning: a case study of the Domica Cave, Slovakia. *International Journal of Speleology*, 44, (3), 277-291.
- Häuselmann, P. 2002: UIS Cave symbols: the definitive list. *Acta Carsologica*, 31, (3), 165-176.
- Häuselmann, P. 2011: UIS mapping grades. *International Journal of Speleology*, 40, (2), pp. 15
- Hochmuth, Z. 1995: *Mapovanie jaskýň*. Liptovský Mikuláš (SSS).
- Šupinský, J. 2021: *Mapovanie jaskýň a modelovanie dynamiky vybraných parametrov jaskynného prostredia – dizertačná práca*, Košice (Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach)
- Šupinský, J., Kaňuk, J., Nováková, M., Hochmuth, Z. 2022: LiDAR point clouds processing for large-scale cave mapping: a case study of the Majko dome in the Domica cave. *Journal of Maps*, 18 (2), 268-275.
- White, W. B. 2019: Surveying caves. *Encyclopedia of Caves*. Cambridge, Massachusetts (Elsevier Academic Press), 1063-1070.

## Výnimočné slovenské jaskyne

Územie Slovenska možno považovať za relatívne bohaté na krasové územia a jaskyne. Registrovaných je 7242 jaskýň (stav k 31.12.2017, Bella et al., 2018), ktoré sú rozmiestnené nerovnomerne naprieč geomorfologickými celkami Slovenska. Podľa zákona o ochrane prírody a krajiny č. 543/2002 Z.z. možno za jaskyňu považovať človeku prístupný a prírodnými procesmi vytvorený dutý podzemný priestor v zemskej kôre, ktorého dĺžka alebo hĺbka presahuje 2 m a rozmery povrchového otvoru sú menšie ako dĺžka alebo hĺbka. Spolu 38 jaskýň Slovenskej republiky (tab. 3) bolo vyhlásených Ministerstvom životného prostredia za **národné prírodné pamiatky (NPP)**. Niektoré z nich boli v roku 1995 zapísané (spolu s jaskyňami Aggtelekského krasu) do zoznamu svetového prírodného dedičstva **UNESCO** a v roku 2000 do **zoznamu mokradí medzinárodného významu** (Domica, jaskyne Demänovskej doliny).

Tab. 3. Zoznam jaskýň vyhlásených za národnú prírodnú pamiatku (spracované podľa tabuľky najdlhších jaskýň na Slovensku a tabuľky najhlbších priepastí na Slovensku)

Názov lokality	Dĺžka resp. hĺbka (m)	Rok vyhlásenia	Predmet ochrany
Aksamitka	335	1979	Jaskyňa bradlového pásma
Ar dovská jaskyňa	1510	1972	Archeologické nálezy laténskej, hallstadskej a bukovohorskej kultúry
Belianska jaskyňa	4077	1979	Jaskyňa s bohatou sintrovou výzdobou
Bobačka	4719	2001	Aktívna fluviokrasová jaskyňa
Bystrianska jaskyňa	3531	1968	Citlivý jaskynný geosystém
Demänovské jaskyne <sup>o</sup>	43036	1972	Jaskynný systém
Diviacia priepasť <sup>•</sup>	123	1986	Jedna z najhlbších priepastí na Slovensku
Dobšinská ľadová jaskyňa	1483	1964	Inaktívna fluviokrasová jaskyňa s ľadovou výplňou
Domica <sup>•o</sup>	8439	1972	Aktívna fluviokrasová jaskyňa, neolitické osídlenie
Drienovecká jaskyňa <sup>•</sup>	1558	1996	Aktívna fluviokrasová jaskyňa, monokryštály kalcitu a kôry kryštallického sadrovca
Driny	680	1968	Puklinová jaskyňa
Gombasecká jaskyňa <sup>•</sup>	3057	1972	Aktívna fluviokrasová jaskyňa
Harmanecká jaskyňa	3216	1972	Puklinová jaskyňa
Hrušovská jaskyňa <sup>•</sup>	1139	1996	Fluviokrasová aktívna jaskyňa s unikátnymi monokryštálmi kalcitu a heliktitmi
Jaskyňa mŕtvych netopierov	21113	2001	Jaskyňa v rozčlenenom krase monoklinálnych chrbtov, jaskynné úrovne
Jaskyňa zlomísk	11255	2001	Najrozsiahlejšie nálezisko plastického sintra
Jasovská jaskyňa <sup>•</sup>	3924	1925	Fluviokrasová aktívna jaskyňa s archeologickými a paleontologickými nálezmi
Javorinka	11990	2001	Jedna z najrozsiahlejších jaskýň vo vysokohorskom krase
Krásnohorská jaskyňa <sup>•</sup>	1550	1972	Fluviokrasová jaskyňa s vodným tokom



Kunia priepasť*	203	1996	Korózna a fluviokrasová jaskyňa s aktívnym vodným tokom
Medvedia jaskyňa	1420	1972	Fluviokrasová jaskyňa vo vápencoch silicika. V SR najbohatšie nálezisko kostí jaskynného medveďa.
Milada	1308	1972	Fluviokrasová jaskyňa, sintrová výzdoba
Obrovská priepasť*	100	1996	Najhlbšia priepasť planiny Dolný vrch
Ochtinská aragonitová jaskyňa*	585	1972	Aragonitová výzdoba, svetová rarita
Okno	2756	2001	Jaskyňa celoslovenského významu
Perlová jaskyňa	470	2001	Jaskyňa celoslovenského významu
Podbanište	1570	2001	Fluviokrasová jaskyňa s neporušenou kvapľovou výzdobou
Silická ľadnica*	2300	1982	Priepasť s archeologickými nálezmi na dne, ľadová výzdoba
Skalistý potok*	8215	1996	Najdlhšia jaskyňa Slovenského krasu, nekrasové štrky, vyvieracia
Snežná diera*	100	1996	Ľadová jaskyňa
Stanišovská jaskyňa	3138	1972	Fluviokrasová jaskyňa so stredovekým osídlením
Starý hrad (Hipmannove jaskyne)	7650	2001	Jaskyňa vo vysokohorskom krase Krakovej hole
Stratenská jaskyňa	23809	2001	Fluviokrasová jaskyňa
Štefanová	18231	2001	Fluviokrasová jaskyňa
Veľká ľadová priepasť	125	2001	Korózna inaktívna vertikálna jaskyňa so stálou ľadovou výplňou
Zápoľná	1848	2001	Fluviokrasová vertikálno-horizontálna jaskyňa
Záskočská jaskyňa (Záskočie)	5034	2001	Fluviokrasovo-korózna inaktívna jaskyňa
Zvonivá jama*	101	1996	Puklinový dóm so vstupnou priepasťou

[www.sss.sk](http://www.sss.sk), *Správa slovenských jaskýň*,

<https://www.biomonitoring.sk/InternalGeoportal/ProtectedSites/ListNationalSites?CATEGORY=3&page=2>), \* – Svetové prírodné dedičstvo UNESCO, ° - Ramsarské mokrade.

Jaskyne Slovenska sú v skutočnosti rôznorodé a mnohé z nich oplývajú výnimočnou výzdobou. Značná časť z nich vznikla činnosťou podzemného vodného toku, ktorý hĺbil pozdĺžny profil jaskyne a niektoré z nich sú dosiaľ aktívne. Najdlhším jaskynným systémom na Slovensku je Demänovský jaskynný systém (43036 m v roku 2021), ktorý vznikol spojením viacerých rozľahlých jaskýň v Demänovskej doline.

Zopár slovenských jaskýň disponuje celoročnou alebo aspoň zimnou ľadovou výzdobou (Silická ľadnica, Snežná diera, Dobšinská či Demänovská ľadová jaskyňa), máme jaskyne v typickom vysokohorskom reliéfe (a patria k tým najdlhším či najhlbším, napr. Javorinka, Jaskyňa mŕtvych netopierov a i.). Za medzinárodne zaujímavú (nielen ako UNESCO prírodnú pamiatku či Ramsarskú lokalitu) možno považovať jaskyňu Domica, ktorá je súčasťou v súčasnosti viac ako 25 km jaskynného systému Domica - Baradla s presahom cez slovensko-maďarskú štátnu

hranicu. Jedinou sprístupnenou jaskyňou na západnom Slovensku je puklinová jaskyňa Driny.

Každú jaskyňu možno považovať za výnimočnú, záleží iba, ktoré kritérium zvolíme. Platí však, že jaskyne sú prírodný fenomén, ktorý nemá obdoby a úsilie človeka by malo byť vedené k tomu, aby boli dostatočne chránené. Z vyššie uvedeného zoznamu sme vybrali rôznorodé jaskyne, ktoré opíšeme podrobnejšie. Zámerne sa tu venujeme menej známym a nesprístupneným lokalitám.

*Aksamitka.* Ide o 335 m dlhú jaskyňu v bradlovom pásme neďaleko obce Haligovce v Haligovských skalách. Ide o najdlhšiu jaskyňu v bradlách, ktorá je zároveň najväčším zimoviskom netopierov v Pieninách. Ukrýva aj kvapľovú výzdobu a je známa ako archeologická a historicky vzácna lokalita, keďže sa v nej v stredoveku ukrýval český vodca bratříkov – Peter Aksamit.

*Drienovecká jaskyňa.* Je jaskyňou Slovenského krasu s dĺžkou 1588 m, ktorou preteká aktívny vodný tok a vyviera z nej mohutná stála krasová vyvieraciačka (obr. 42). Nachádza sa na južnom úpätí Jasovskej planiny v bezprostrednej blízkosti Drienoveckých kúpeľov. Vodný tok vytvára v hlavnej chodbe kaskády a pred jaskyňou penovcové stupne. Výzdoba je bohatá, je tvorená kvapľami rôzneho druhu, ale aj heliktitmi či kryštálmi. Jaskyňa je zaradená na zoznam svetového prírodného dedičstva UNESCO (Petrvalská, 2014).

*Javorinka.* Jaskyňa je situovaná vo vysokohorskom reliéfe pohoria Vysoké Tatry a jej vchod sa nachádza v Javorovej doline v nadmorskej výške 1240 m. Sú v nej



Obr. 42. Z vchodu Drienoveckej jaskyne (Foto: Karsten Gessert, 2013)

známe štyri horizontálne úrovne fluviokrasového pôvodu, ktoré sú navzájom prepojené vertikálnymi úsekmi. Aktuálna dĺžka jaskyne (k roku 2021) dosahuje 11990 m a vertikálne prevýšenie 480 m.

*Skalistý potok.* Jaskyňa sa nachádza na južnom svahu Jasovskej planiny a je najhlbšou jaskyňou Slovenského krasu (376 m) a druhou najdlhšou zároveň (8215 m). Objavný vchod je v mieste občasnej vyvieracky na úpätí planiny (neďaleko permanentného

prameňa). Má tri geneticky odlišné časti – subhorizontálnu prevažne zaplavenú časť (dostupnú iba pre speleopotápačov), stúpajúci vetvu s vertikálnymi úsekmi s vodopádmi a subhorizontálnu časť pod povrchom planiny, ktorá je pretekaná aktívnym vodným tokom (Hochmuth, 2013, Petrvalská, 2014, obr. 43).



Obr. 43. Hráškovité sintrové formy v jaskyni Skalistý potok (Gessert, 2012)

*Snežná diera (Snežná jama).* Ide o krátku puklinovú priepasť (25 m hlbokú a 95 m dlhú) vo wettersteinských vápencoch Borčianskej planiny (Slovenský kras). Je to dynamická ľadová jaskyňa, ktorá je typická malým množstvom ľadovej výplne počas celého roka. Vyskytujú sa tu aj hráškovité sintrové formy. Jaskyňa sa spolu s ďalšími v Slovenskom a Aggtelekskom krase stala súčasťou Zoznamu prírodného dedičstva UNESCO.

*Starý hrad.* Je súčasťou jaskynného systému, ktorý je považovaný za najhlbší na Slovensku (Hípmánove jaskyne, 499 m). Ten sa nachádza vo vysokohorskom prostredí Nízkyh Tatier a predstavuje fluviokrasovo-koróznny systém s množstvom vertikálnych úsekov a priepastí, pričom je na dne pretekaný aktívnym tokom. Je vyvinutý prevažne v gutensteinských vápencoch a dolomitoch.

*Zvonivá jama.* Je mohutnou priepasťou Slovenského krasu s hĺbkou 101 m a je situovaná na Plešiveckej planine. Na jej dne sa nachádza masívny sutinový kužeľ,

pričom je typická aj kvapľovou výzdobou, kde sú stalagmity vysoké aj 10 m. Je takisto zapísaná na Zoznam prírodného dedičstva UNESCO.

*Jaskyňa mŕtvych netopierov.* Jaskyňa sa nachádza v centrálnej časti Nízkych Tatier, čím ju zaraďujeme k vysokohorských jaskyniam. Jaskyňa je dlhá viac ako 20 km a hlboká 324 m. Je vytvorená v tmavosivých vápencoch, pričom bolo identifikovaných až 14 jaskynných úrovní. Tieto sú väčšinou horizontálne s meandrovitými zárezní a navzájom poprepájané priepašovitými priestormi.

*Stratenská jaskyňa.* Jaskyňa sa vyvinula v steinalmských a wettersteinských vápencoch, ktoré sú v jaskyni veľmi čisté (obsah CaO 53,91 - 54,7 %, Novotný, Tulis, 2005) a dobre krasovatejú. Jaskyňa má niekoľko úrovní, ktoré indikujú a umožňujú študovať vývoj jaskyne. Majú rozpätie okolo 140 m. Priestormi pretekajú dva stále podzemné toky, niekoľko periodických. Vyskytujú sa tu rôzne druhy typov jaskynnej výzdoby a sedimentov.

#### Literatúra:

Bella, P. 2011: *Jaskyne*. Bratislava (Dajama).

Bella, P., Hlaváčová, I., Holúbek, P. 2018: *Zoznam jaskýň Slovenskej republiky (stav k 31.12.2017)*. Liptovský Mikuláš (Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva).

Hochmuth, Z. 2013: *Atlas jaskyne Skalistý potok*. Liptovský Mikuláš (Slovenská speleologická spoločnosť).

Novotný, L., Tulis, J. 2005: *Kras Slovenského raja*. Liptovský Mikuláš (SSJ a SSS).

Petrvalská, A. 2014: *Reliéf Jasovskej planiny*. Košice (Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach).

Tabuľka najdlhších jaskýň na Slovensku - <https://sss.sk/tabulka-najdlhsich-jaskyn-na-slovensku/> (dostupné 7.11.2022)

Tabuľka najhlbších jaskýň na Slovensku - <https://sss.sk/tabulka-najhlbsich-jaskyn-na-slovensku/> (dostupné 7.11.2022)

Zoznam národných prírodných pamiatok -

<https://www.biomonitoring.sk/InternalGeoportal/ProtectedSites/ListNationalSites?CATEGORY=3&page=2> (dostupné 27.10.2022)

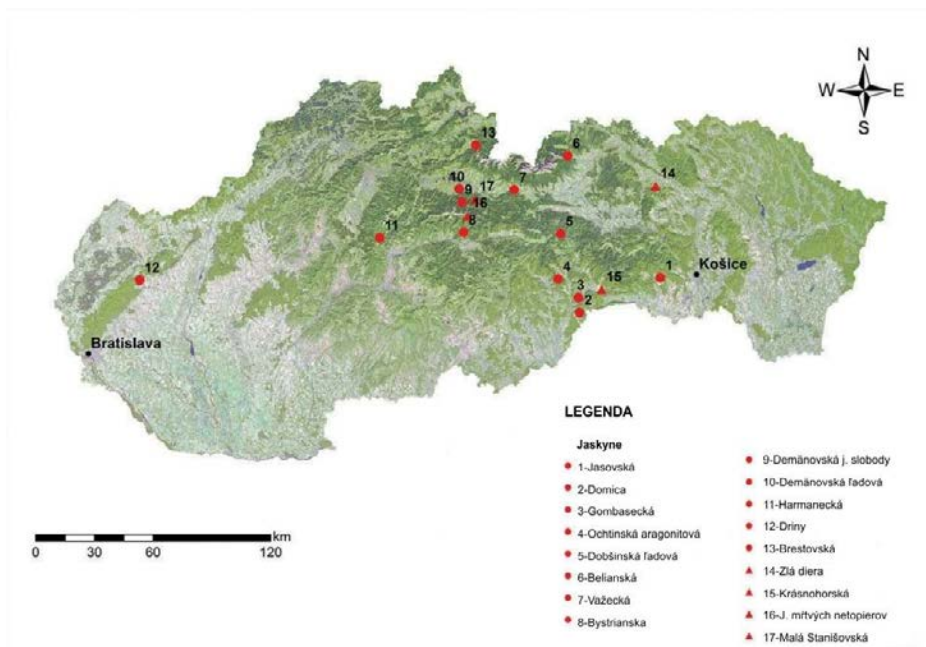
Zoznam národných prírodných pamiatok uverejnený na:

<https://www.biomonitoring.sk/InternalGeoportal/ProtectedSites/ListNationalSites?CATEGORY=3> (dostupné 28.10.2022)

## Sú slovenské sprístupnené jaskyne pre turistov zaujímavé?

Jaskyne predstavujú prírodný fenomén, ktoré často tvoria silný základ pre cestovný ruch (turistický priemysel) v danej krajine. Jaskyne boli prvými turistickými atrakciami a v súčasnosti sú jednou z najoceňovanejších geoturistických destinácií vo svete. Ľudia navštevujú jaskyne z estetických, emocionálnych, rekreačných, vzdelávacích a niekedy aj zo zdravotných dôvodov (Bočić et al., 2006).

Jaskyne patria medzi najnavštevovanejšie geologické útvary na svete. Každý rok pritiahnu viac ako 70 miliónov ľudí do viac ako 1 200 jaskýň po celom svete a len vstupné predstavuje až 800 miliónov eur ročne. Celosvetový biznis **sprístupnených jaskýň** zamestnáva priamo približne 25 000 ľudí (manažment, sprievodcovia) a nepriamo, ak vezmeme do úvahy súvisiace turistické aktivity (obchody so suvenírmi, miestna doprava, cestovné kancelárie, reštaurácie a bary), minimálne 100-krát viac ľudí. Odhaduje sa, že celý biznis s jaskyňami má celosvetovú komerčnú hodnotu približne 2 miliardy eur, pričom toto číslo sa neustále zvyšuje. Je potom zrejmé, že sprístupnené jaskyne môžu byť pre mnohé krajiny dôležitou ekoturistickou aktivitou (Cigna, 2016).



Obr. 44. Sprístupnené jaskyne na Slovensku (Gessert et al., 2018)

Geologické a geomorfologické charakteristiky Slovenska determinujú polohu jaskýň, pričom krasové oblasti a jaskyne na Slovensku majú vysoké prírodné, kultúrne i historické hodnoty. **Jaskynný turizmus** je dôležitou súčasťou aj slovenskej



ekonomiky a základom pre rozvoj cestovného ruchu vo viacerých regiónoch Slovenska. V súčasnosti Slovensko eviduje viac ako 7 000 jaskýň (Gessert et al., 2018), avšak pre verejnosť sprístupnených je len 17 z nich. Štyri z týchto sprístupnených jaskýň sú v správe autorizovaných súkromných prevádzkovateľov (Zlá diera, Krásnohorská jaskyňa, Jaskyňa mŕtvych netopierov, Malá Stanišovská jaskyňa, obr. 44). Prevádzku ostatných 13 jaskýň zabezpečuje *Správa slovenských jaskýň* (www.ssj.sk, odbor ŠOP SR – MŽP SR). Všetky ňou sprístupnené jaskyne (Tab. 4) sú typickými krasovými jaskyňami. Ich rozšírenie je sústredené v centrálnej časti Slovenska v geomorfologických celkoch: Tatry a Belianske Tatry, Nízke Tatry, Malá Fatra, Slovenský raj a Slovenský kras. V západnej časti Slovenska sa nachádza len jedna sprístupnená jaskyňa - Driny v pohorí Malé Karpaty.

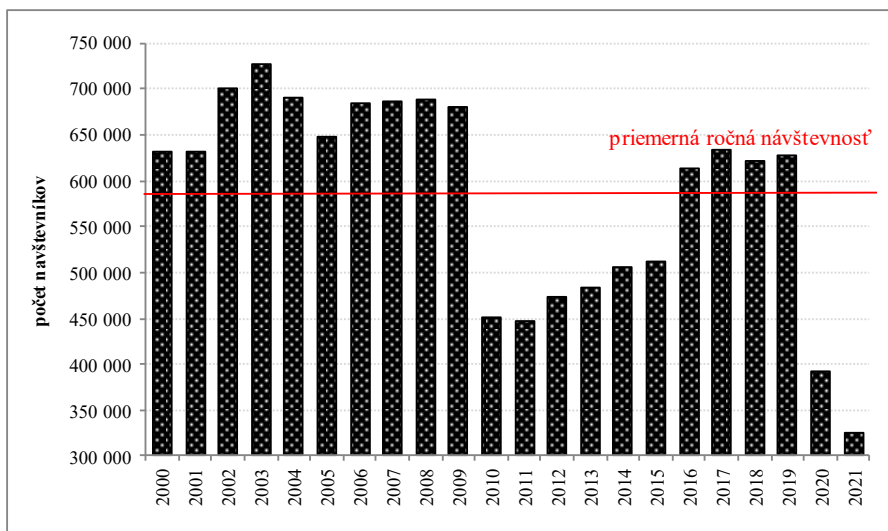
*Tab. 4. Základná charakteristika sprístupnených jaskýň na Slovensku*

Jaskyňa	Sprístupnenie verejnosti	Položa vstupu do jaskyne (m. n. m.)	Dĺžka jaskyne (m)	Dĺžka sprístupneného chodníka (m)	Designácia	Priemerná teplota (°C)	Návštevnosť*
Belianska	1884	890	3 829	1 370	NPP	5,0-6,3	115 000
Brestovská	2016	867	1 890	434	NPP	4,9-5,4	10 000
Bystrianska	1939	565	3 531	580	NPP	5,7-6,7	23 000
Demänovská j. slobody	1924	870	11 117	1 150 (2 150)	RD	6,1-7,0	141 000
Demänovská ľadová j.	1880-1885	840	2 445	650	RD	0,4-3,0	87 000
Dobšinská ľadová j.	1871	969	1 491	515	NPP, JSD	-3,9 - -0,2	80 000
Domica	1932	339	5 368	780 (930)	NPP, JSD, RD	10,2-11,4	26 000
Driny	1935	399	680	450	NPP	7,1-7,8	33 000
Gombasecká	1955	250	1 525	530	NPP, JSD	9,0-9,4	12 000
Harmanecká	1950	821	3 123	1 020	NPP	5,8-6,4	16 000
Jasovská	1846	257	2 811	720	NPP, JSD	8,8-9,4	16 000
Ochtinská	1972	642	585	300	NPP, JSD	7,2-7,8	29 000
Važecká	1934	784	530	235	NPP	6,5-7,1	21 000

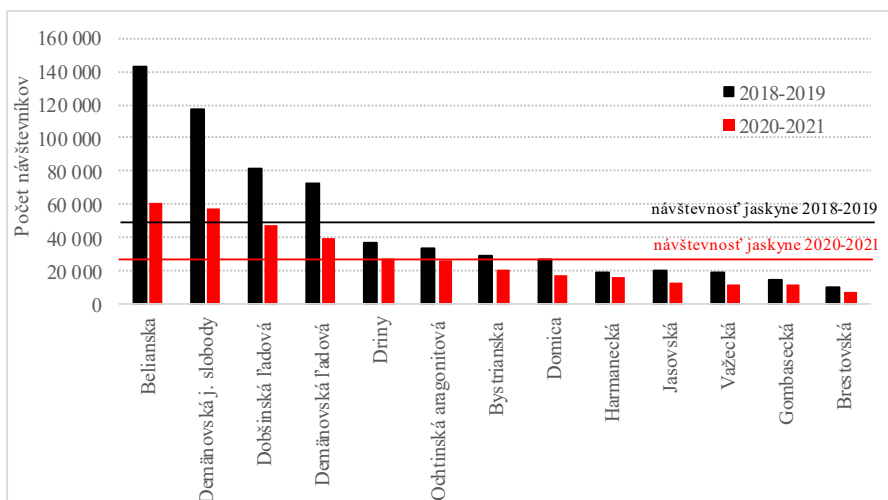
*Poznámka: NPP - národná prírodná pamiatka, JSD - jaskyňa svetového dedičstva, RD - Ramsarský dohovor (Dohovor o mokradiach medzinárodného významu); \*priemerná ročná návštevnosť v 2016 - 2019 (upravené podľa Gessert et al., 2018)*

**Historický vývoj návštevnosti** slovenských jaskýň priblížil Hochmuth (1997), ktorý uvádza, že v období približne prvej svetovej vojny bola priemerná ročná návštevnosť štyroch sprístupnených jaskýň celkovo okolo 2 000 návštevníkov. V období medzi 1. a 2. svetovou vojnou vzrástla návštevnosť 3 až 5-násobne oproti dobe pred 1. svetovou vojnou. Obdobie po 2. svetovej vojne sa vyznačovalo extrémnym nárastom návštevnosti, t. j. až 570 000 návštevníkov ročne (v šiestich sprístupnených jaskyniach). Od začiatku nového tisícročia navštívilo 13 štátom sprístupnených jaskýň Slovenska viac ako 13 miliónov turistov. Oproti predchádzajúcemu socialistickému obdobiu návštevnosť opäť narástla v priemere na 625 000 návštevníkov ročne. Pandémia COVID-19 však zvrátila rozbehnuté trendy po roku 2009 (obr. 45), kedy prepád v jaskynnóm turizme spôsobila nielen celosvetová hospodárska kríza, ale i slovenská menová reforma spojená s prijatím eura. Pokles návštevnosti sme zaznamenali hlavne u návštevníkov zo zahraničia, čo bola reakcia na zvýšenie rozdielu kurzových hodnôt medzi menami (Nudzíková, 2020). Vplyvom rôznych protipandemických opatrení voči šíreniu vírusu výrazne klesla návštevnosť jaskýň na

Slovensku, kde ani ich následné uvoľnenie nedokázalo zvrátiť či dobehnúť stav návštevnosti pred pandemického obdobia. V prvom roku pandémie 2020 predstavovala 37 % a v druhom roku 2021 až 48 % oproti návštevnosti pred pandemiou (obr. 45). Od vzniku *Slovenskej správy jaskýň (SSJ)* v roku 1970 sa v roku 2021 zaznamenala vôbec najnižšia návštevnosť – tesne pod hranicou 350-tisíc osôb.

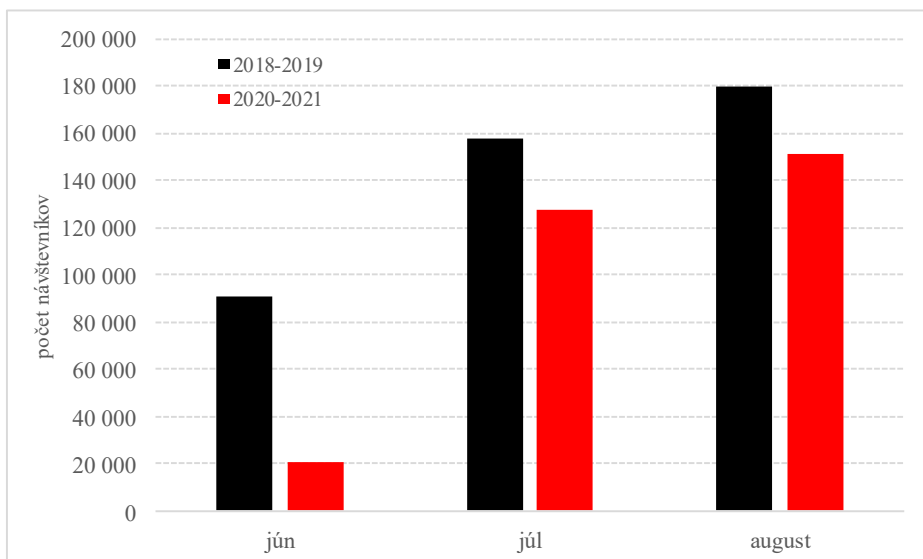


Obr. 45. Vývoj návštevnosti v sprístupnených jaskyniach na Slovensku, 2000 - 2021 (SSJ, [www.ssj.sk](http://www.ssj.sk))



Obr. 46. Návštevnosť jednotlivých sprístupnených jaskýň na Slovensku v období pred pandemiou a v čase pandémie, (vlastné spracovanie na základe dát zo SSJ, [www.ssj.sk](http://www.ssj.sk))

Belianska jaskyňa, ako jediná nachádzajúca sa vo významnom turistickom regióne Tatier, je dnes najnavštevovanejšou jaskyňou Slovenska. Ale nie vždy tomu tak bolo. Prvenstvo v návštevnosti do roku 2017 patrilo Demänovskej jaskyni slobody, nachádzajúcej sa v Demänovskej doline v turistickom regióne pohoria Nízke Tatry. Beliansku jaskyňu ročne navštívi viac ako 140 000 turistov (obr. 46). Medzi ďalšie vysoko navštevované jaskyne patria i ľadové jaskyne Dobšinská a Demänovská. Návštevnosť všetkých štyroch spomínaných jaskýň predstavovala v predpandemickom období až 66 % celkovej jaskynnej návštevnosti na Slovensku. Dnes, v priebehu posledných dvoch rokov, sa turizmus najnavštevovanejších jaskýň znížil na 57 %. Obdobie protipandemických opatrení najviac postihlo totiž turisticky najfrekventovanejšie jaskyne Slovenska. Naopak, menšie straty SSJ eviduje v menej navštevovaných jaskyniach Slovenska (obr. 45). Rôznorodý vývoj ovplyvnilo viacero faktorov vplývajúcich na mieru atraktívnosti slovenských jaskýň. Protipandemické opatrenia prerušili prevádzku jaskyne. Avšak v letných mesiacoch došlo k uvoľneniu režimu a znovu-otvoreniu prevádzky jaskýň. Napriek uvedenému, návštevnosť v letných mesiacoch zostala nízka, resp. nedosiahla úroveň návštevnosti z predchádzajúceho obdobia (obr. 47). Holub (2022) vo svojej práci poukázal na fakt, že počas uvoľnených opatrení v letných mesiacoch v objektoch cestovného ruchu nachádzajúcich sa prevažne v uzavretom interiéri nedochádza k znovu-oživeniu návštevnosti tak, ako v objektoch cestovného ruchu nachádzajúcich sa v exteriéri, a to v dôsledku možnosti realizácie sociálneho dištancu.

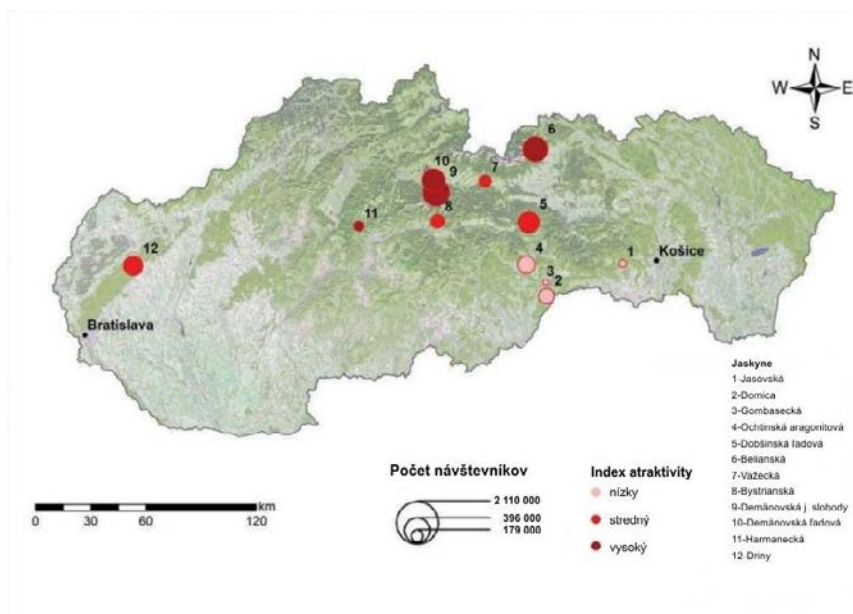


*Obr. 47. Prepad návštevnosti jaskýň v letných mesiacoch v období pandémie COVID-19 (vlastné spracovanie na základe dát zo SSJ, [www.ssj.sk](http://www.ssj.sk), poznámka: prvá polovica júna v roku 2021 zátvor z dôvodu protipandemických opatrení)*

**Najatraktívnejšie obdobie návštevy jaskýň** je v letných mesiacoch v mesiacoch jún, júl a august. Je zrejmé, že nie všetky jaskyne sú otvorené počas celého roka. V mnohých jaskyniach je v zimnom polroku, najmä od novembra do apríla, obmedzený návštevný ruch (krok nevyhnutný pre klimatickú a biotickú regeneráciu jaskýň). Z uvedeného dôvodu existujú obširné diskusie v odbornej literatúre o veľkosti „kapacity návštevnosti“. Všetky skúmané sprístupnené jaskyne dosahujú najvyššiu návštevnosť v letných mesiacoch. Letní jaskynní návštevníci predstavujú až 70% celoročného turistického ruchu. Najrušnejšie obdobie nastáva počas augusta.

Dobré (napr. propagačné aktivity) alebo tiež aj zlé hospodárenie (napr. vplyvy turistických chodníkov na jaskynné prostredie, kvalita sprievodcovských služieb, dostupnosť či iné atraktivity v blízkom regióne) možno rozpoznať na základe ročnej frekvencie návštevníkov medzi slovenskými jaskyňami. Turistickú návštevnosť slovenských jaskýň ovplyvňuje množstvo faktorov, ako napr. charakter jaskyne, jej lokalizácia, vzdialenosť, služby a ďalšie možnosti trávenia voľného času v príslušných turistických regiónoch.

Vysokú mieru atraktivity podľa Gessert et al. (2018) majú jaskyne, ktoré disponujú vstupom do jaskyne ďalej od parkoviska a s väčším prevýšením. Zároveň tieto jaskyne sa nachádzajú v regiónoch, ktoré turisti navštevujú aj pre iné účely a často sa nachádzajú v blízkosti akvaparkov i ciest I. triedy (diaľnic). Naopak, najmenej prítiahľivé pre turistov sú jaskyne, ktoré sú vzdialené od veľkých miest a sú v regiónoch so zlou dopravnou infraštruktúrou. U týchto je ale poloha vstupných areálov jaskýň je bez významných výškových rozdielov od parkoviska a v odľahlejších menej rozvinutých regiónoch Slovenska (obr. 48).



Obr. 48. Miera atraktivity sprístupnených jaskýň na Slovensku (Gessert et al., 2018)

Najatraktívnejšie jaskyne Slovenska sa nachádzajú v pohoriach Belianske a Nízke Tatry. Spomínané regióny sú prirodzene významné a majú priaznivú štruktúru služieb či zariadení pre potenciálnych zákazníkov. Jaskynná turistika nie je primárnou turistickou atrakciou v tomto regióne Slovenska. Väčšina turistov navštevuje tieto regióny kvôli lyžovaniu, peším túram alebo len preto, aby si užili prírodné prostredie a kultúru tejto oblasti. Turistické destinácie sú často balíkom zariadení a služieb cestovného ruchu, ktoré ako každý iný spotrebný produkt alebo služba obsahujú viacrozmerné atribúty, ktoré ovplyvňujú príťažlivosť regiónu pre konkrétneho jednotlivca a návšteva jaskyne je len doplnkovým alebo náhradným programom (Hu, Ritchie, 1993, Nudzíková, 2020). Vysoko atraktívne jaskyne zaujímajú veľmi priaznivé polohy vo vzťahu k turistickým centráam a hlavným cestným ťahom Slovenska.

Menej atraktívne jaskyne sú situované na juhu Slovenska. Tieto sprístupnené jaskynné lokality sú vzdialené od hlavných ciest a regiónov, ktoré ponúkajú pestrejšie turistické vyžitie. Hochmuth (1997) tvrdí, že vzťah medzi atraktivitou jaskyne a návštevnosťou na Slovensku neexistuje. Návštevnosť musí byť podporená ďalšími aspektami turistickej atraktivity a dobrej dopravnej dostupnosti (jaskyňa je pri nepriaznivom počasí len sekundárnym alebo alternatívnym cieľom. Špecifiká spôsobu života miestnych ľudí, historické atrakcie, múzeá a kultúrne atrakcie, festivaly/podujatia tiež ovplyvňujú atraktivitu jaskýň.

Z uvedeného vyplýva, že najnavštevovanejšie jaskyne súčasne dosahovali najvyššiu atraktivitu. Jedinou výnimkou je Dobšinská jaskyňa, ktorá aj napriek vyššiemu náporu návštevníkov získala nižšiu atraktivitu z dôvodu nižšieho hodnotenia a ďalších faktorov zahrnutých do výskumu, ako napr. dopravná infraštruktúra či vybavenosť regiónu ďalšími službami v rámci cestovného ruchu. Nepriamy vzťah medzi návštevnosťou a atraktivitou bol pozorovaný aj v Harmaneckej jaskyni, ktorá aj napriek nízkej návštevnosti patrila medzi najvyššie hodnotené. To znamená, že táto jaskyňa by mohla získať väčšiu návštevnosť po zvýšení propagácie jaskyne, keďže na to existujú predpoklady (Gessert et al., 2018).

Sprístupnené jaskyne sú vo všeobecnosti krehké ekosystémy a pri ich spravovaní by sa mala venovať pozornosť zachovaniu ich hodnôt pre budúce generácie. Stále existuje veľa možností na otvorenie nových sprístupnených jaskýň, najmä v krajinách s nízkym hrubým domácim príjmom. Ich management musí byť ale udržateľný, aby sa tak jaskyne stali prostriedkom aj na udržanie miestnych ekonomík, na vzdelávanie ľudí a na ochranu ich vedeckého a kultúrneho dedičstva pre budúce generácie (Chiarini et al., 2022).



*Literatúra:*

- Aley, T. 1976: Caves, cows and carrying capacity. *National Cave Management Proceedings*, Speleobooks, Albuquerque, pp. 70–71.
- Anderson, J. 2010: Caves and karst geotourism in Australia. In: Dowling R., Newsome D. eds. *Global Geotourism Perspectives*. Oxford (Goodfellow Publishers Ltd.), 49–66.
- Brucker, R. 1975: Comments on carrying capacity. *National Cave Management Proceedings*, Speleobooks, Albuquerque.
- Bočić, N., Lukić, A., Opačić, V. T. 2006: Management models and development of show caves as tourist destinations in Croatia. *Acta Carsologica*, 35, 2, 13–21.
- Cigna, A. A. 2016: Tourism and show caves. *Zeitschrift Für Geomorphologie*, 60 (Suppl. 2), 217–233.
- Forsell, S. 1976. The concept of carrying capacity and how it relates to caves. *National cave management proceedings*, Speleobooks, Albuquerque, p. 1–5.
- Gessert, A., Nestorová–Dická, J., Sninčák, I. 2018: The dynamics of tourist excursion ratios in Slovakia show caves from 2000 to 2014. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 118, 2, 173–183.
- Holub, M. 2022. *Straty a zisky v cestovnom ruchu počas pandémie Covid19 na Slovensku – diplomová práca*, Košice (Univerzita P. J. Šafárika v Košiciach).
- Hu, Y., Ritchie, J. B. 1993: Measuring destination attractiveness: A contextual approach. *Journal of Travel Research*, 32, 2, 25–34.
- Chiarini, V., Duckeck, J., De Waele, J. 2022. A Global Perspective on Sustainable Show Cave Tourism. *Geoheritage*, 14, 3, 1–27.
- Middaugh, G. 1977. Practical experiences with carrying capacity. In Aley, T. & Rhodes, D. eds. *National Cave Management Symposium Proceedings*, MountainView, Arkansas, Albuquerque, Speleobooks, pp. 6–8.
- Nudziková, L. 2020: Návštevnosť sprístupnených jaskýň v rokoch 1970–2020. *Aragonit*, 25, 2, 103-105.
- Nudziková, L., Laurincová, A. 2022: *Správa slovenských jaskýň – Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky*. [cit. 2022-09-30]. Dostupné na: <http://www.ssj.sk/sk>
- Van Cleave, P. 1975: Some thoughts on the carrying capacities of developed caves. In *National cave management proceedings*, Speleobooks, Albuquerque. pp. 73–74.

## „Naj“ zo svetových jaskýň

Jaskyne sú jeden z najvd'áčnejších objektov na vytváranie klasifikácií či usporiadanie do rebríčkov, a je teda možné ich naozaj vytvoriť množstvo z rôznych hľadísk. My sme sa v tejto časti rozhodli na úvod priblížiť aktuálne najdlhšie (tab. 5) a najhlbšie jaskyne sveta (tab. 6) a následne charakterizovať tú „naj“ jaskyňu z rôznych hľadísk aj pomocou textu. Najaktuálnejšie metrické údaje je možné nájsť na stránke [www.caverbob.com](http://www.caverbob.com), kde sú uvedené najdlhšie a najhlbšie jaskyne sveta a špeciálne vodou zatopené jaskyne, najväčšie jaskynné siene, sadrovcové, lávové, soľné, pieskovcové, najhlbšie priame jaskynné vertikály a pod.\* Údaje pochádzajú z dobre overených zdrojov a sú pravidelne aktualizované. Pri práci so svetovými jaskyňami teda odporúčame siahnuť práve po týchto zoznamoch. V texte uvádzame lokálne názvy, aby nedochádzalo k skomoleninám a rôznorodým prekladom.

K 21. augustu 2022 je vo svete známych:

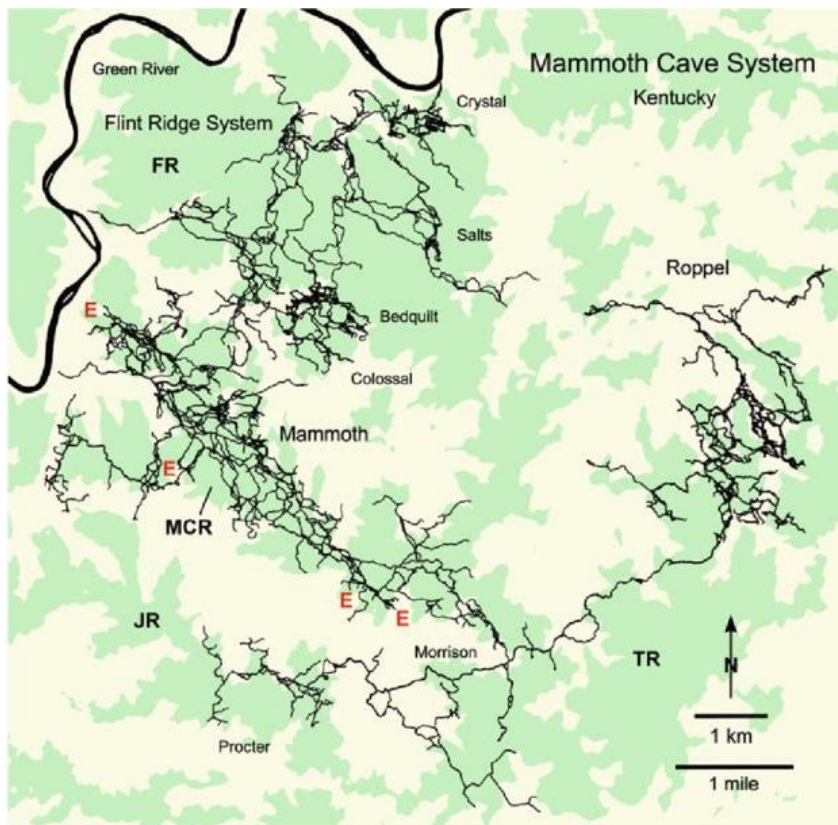
- 645 jaskýň dlhších ako 10 000 m (>10 km),
- 373 jaskýň/priepastí hlbších ako 600 m (> -600 m),
- 114 jaskýň hlbších ako magických -1 000 m.

Tab. 5. Zoznam najdlhších jaskýň k 21.8.2022 (na základe [www.caverbob.com](http://www.caverbob.com))

Poradie	Jaskyňa	Štát	Dĺžka (m)	Hĺbka (m)
1.	Mammoth Cave System	USA	675924	124
2.	Sistema Sac Actun	Mexiko	376700	119
3.	Jewel Cave	USA	341873	254
4.	Sistema Ox Bel Ha	Mexiko	318040	57
5.	Suiyang Shuanghe Dongqun	Čína	311500	665
6.	Optimisticheskaja	Ukrajina	264576	15
7.	Wind Cave	USA	260231	194
8.	Lechuguilla Cave	USA	242045	484
9.	Gua Air Jernih	Malajzia	238046	355
10.	Fisher Ridge Cave System	USA	212111	-

**Najdlhšia jaskyňa** - Mammoth Cave System (Systém Mamutej jaskyne, USA, dĺžka 675,9 km)

Systém tejto jaskyne (obr. 49) sa nachádza sa v americkom štáte Kentucky, kde patrí k lokalitám s obrovskou návštevnosťou, a zároveň je táto oblasť jediným národným parkom v Kentucky. Človekom bola objavená a využívaná už pred 4000 rokmi, no prieskumy začali až na konci 18. storočia (Gaffney, 2021). Na začiatku 20. storočia bola jaskyňa sprístupnená a v tomto období bolo v blízkosti jaskyne objavených aj niekoľko ďalších jaskýň, ktorá boli postupne prepojené do jedného jaskynného systému. Je lokalitou svetového prírodného dedičstva UNESCO.



Obr. 49. Mapa Systému mamutej jaskyne (Palmer, 2017)

Tab. 6. Zoznam najhlbších jaskýň k 21.8.2022 (na základe www.caverbob.com)

Poradie	Jaskyňa	Štát	Hĺbka (m)	Dĺžka (m)
1.	Veryovkina	Gruzínsko	2212	12700
2.	Krubera (Voronja)	Gruzínsko	2199	16058
3.	Vishevsky-Boylok (Boybuloq)	Uzbekistan	2033	25000
4.	Sarma	Gruzínsko	1830	6370
5.	Illyuzia-Mezhonnogo-Snezhnaya	Gruzínsko	1760	24080
6.	Gouffre Mirola / Lucien Bouclier	Francúzsko	1733	13000
7.	Lamprechtsofen	Rakúsko	1727	60000
8.	Reseau Jean Bernard	Francúzsko	1625	25512
9.	Torca del Cerro del Cuevon (T.33) - de las Saxifragas	Španielsko	1589	7060
10.	Hirlatzhöhle	Rakúsko	1560	113550

**Najhlbšia jaskyňa - Veryovkina (Gruzínsko, hĺbka 2212 m, dĺžka 12 700 m)**

Táto jaskyňa (obr. 50) je považovaná za najhlbšiu jaskyňu sveta, aj keď ďalšiu v poradí „predbehla“ iba o 13 m (Kruber, 2199 m). Rekordná hĺbka v nej bola nameraná v roku 2018 ruskými jaskyniarimi. Jej vchod sa nachádza v oblasti západného Kaukazu a vstupné priestory boli objavené už v roku 1968, avšak preskúmané iba do hĺbky 115 m. Až oveľa neskôr (na začiatku 21. storočia) pokračovali prieskumy, pričom bolo nutné vytvoriť niekoľko bivakov (podzemných táborov) v rôznych častiach, aby si jaskyniari počas náročných viacdňových podzemných expedícií mohli načas oddýchnuť.



Obr. 50. Veryovkina (autor fotografie: Puiu T. in. Daily Sabah, 2021)

**Najdlhšia vodou zatopená jaskyňa – Sistema Sac Actun / Sistema Dos Ojos (Mexiko, 376,7 km)**

Jaskynný systém sa nachádza na polostrove Yucatán v Mexiku a najdlhším v kategórii zaplavených jaskýň sa stal iba v roku 2018 po spojení dvoch jaskynných systémov – Sac Actun a Dos Ojos. Systém je vyvinutý v dobre krasovatejúcich vápencoch a má takmer horizontálny priebeh bez významnejších hĺbok. Tiahne sa pozdĺž pobrežia Karibského mora, kam ústia viaceré jaskynné chodby. Bol skúmaný od viacerých vstupných cenotov (opisujeme v kapitole 3) a jeho prieskum neustále prebieha. Okrem toho je aj významnou svetovou lokalitou potápania hobby potápania (obr. 51). Vo viacerých lokalitách boli nájdené artefakty mayskej kultúry, kostra mastodonta, ale aj pozostatky ľudských kostier, ktorá by mohli byť považované za dôkaz najstaršieho osídlenia tejto oblasti.



Obr. 51. Zatopené časti jaskynného systému Sac Actun (Karsten Gessert, 2012)

### ***Najdlhšia soľná jaskyňa – Jaskyňa Malham, Mt. Sedom, Izrael (10 km)***

Pohorie Mount Sedom v Izraeli na pobreží Mŕtveho mora je známe vďaka výnimočným geologickým podmienkam s výskytom kamennej soli, ktorá sa vo vode extrémne rýchlo rozpúšťa. Práve tento fenomén umožňuje v tak rozmermi malom pohorí vznik viacerých pomerne veľkých jaskýň. Takéto netypické oblasti vznikajú takmer výhradne v púštnych oblastiach a často v jaskyniach badať už suché alebo čiastočne aktívne korytá podzemných vodných tokov (International Caving Expedition „Mount Sedom 2019“).

Jaskyňa Malham (obr. 52) dosahuje v súčasnosti viac ako 10 km a túto dĺžku dosiahla prieskumom medzinárodného tímu v roku 2019. Oplýva krásnou výzdobou ako sú napr. soľné brčká, soľné kryštály, vlasové formy, výrazná vrstevnatosť atď.





Obr. 52. Jaskyňa Malham (Autor fotografie: Ariel Schalit, dostupné na: <https://www.independent.ie/world-news/worlds-longest-salt-cave-reveals-clues-about-early-civilisations-37960747.html>)

### **Najhlbšia zatopená priepasť – Hranická propasť (Česká republika, hĺbka 450 m)**

Hranická propasť (obr. 53) je známa už min. od roku 1958, kedy sa v nej spomínajú už prvé meračské pokusy. Hĺbka 404 metrov bola dosiahnutá za pomoci diaľkovo ovládanej sondy iba v roku 2016. Dovtedy bola najhlbšou zatopenou priepasťou sveta Pozzo del Merro v Taliansku s hĺbkou 392 m. Robot so sonarom najnovšie (2022) nameral v Hranickej propasti pod vodou doteraz rekordnú hĺbku 450 m, ale pokračuje ešte ďalej a hlbšie mohutným tunelom... Spolu so suchou vstupnou priepasťou (69,5 m hlboká) podobnou Macoche má Hranická propasť – zatiaľ – dokonca hĺbku neuveriteľných 519,5 m.

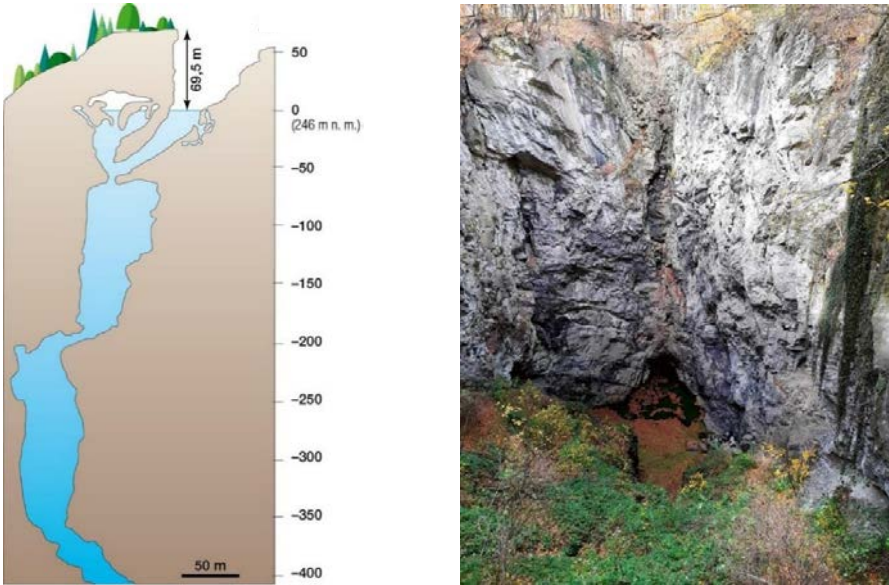
Vo vode priepasti je zvýšená koncentrácia oxidu uhličitého (Kadlec et al., 2020) a možno ju považovať za minerálnu vodu typu kyselky. Potápaním človekom tu dosiahli max. hĺbku 265 m so špeciálnou zmenou hélia a kyslíka. Jaskyňa je považovaná za hypogénnu, to znamená, že vznikla „zdola“ rozpúšťaním vápenca agresívnymi vodami obohatenými práve o spomínaný CO<sub>2</sub>.

### **Najnižšie položená ľadová jaskyňa mierneho pásma – Silická ľadnica, Slovenský kras (Slovensko, n. v. 503 m)**

Jaskyňa (obr. 54) má vchod v nadmorskej výške 503 m a má typický vrecovitý tvar charakteristický pre ľadové jaskyne. Je ľahko dostupná, preto je častým cieľom turistov. Je teda pomerne stabilná z hľadiska jaskynnej klímy, pretože má iba jeden vchod. Vchod veľkých rozmerov je tvorený kolapsovým otvorom, ktorý je v nižšej časti zaľadnený a v tých rokoch, ktoré prajú tvorbe ľadovej výzdoby, je ľad možné vidieť aj od výhľadovej

plošiny. Táto zaľadnená časť jaskyne je na dne oddelená pevnými dverami od nasledujúcou teplejšej časti, ktorou preteká podzemný tok.

V uplynulom období sledujeme výrazný úbytok ľadu v tejto jaskyni. Je to spôsobené hlavne viacerými po sebe nasledujúcimi suchými zimami, kedy bol nedostatok zrážok, a teda sa vytvorilo v jaskyni málo nového ľadu a dochádza aj k roztápaniu staršieho ľadu (Šupinský et al., 2019).



Obr. 53. Vertikálny rez časťou Hranické propasti (Klanica et al., 2020) a pohľad do nej (Kadlec et al., 2020)



Obr. 54. Ľadopád v Silickej ľadnici (Foto: Karsten Gessert, 2013)

**Ďalšie „naj“:**

*Najväčšia jaskynná sieň* – sieň Sarawak (dĺžka cca 600 m, šírka max. 435 m, výška do 115 m), jaskyňa Gua Nasib Bagus, Borneo, Malajzia

*Najdlhší stalaktit* – Gruta do Janelão, Brazília (28 m)

*Najvyšší stalagmit* – Hang Song Dong, Vietnam (70 m)

*Najdlhšie brčko* – Wonder Caves, Malajzia (9,18 m)

*Najväčšia sadrovcová formácia (ruža)* – Double Bopper Cave, Arizona, USA (1,98 m)

*Najväčšie sadrovcové kryštály* – Cueva de los Cristales, v bani Naica, Mexiko (do 11,4 m)

*Literatúra:*

Gallney, A. 2021: *This U.S. national park has the world's longest cave system – and an unusual history.* [cit. 2022-07-18]. Dostupné na: <https://www.nationalgeographic.com/travel/article/unusual-history-of-mammoth-cave-national-park-worlds-longest-cave-system>

Gulden, B. 2023: *Zoznamy jaskýň.* [cit. 2022-06-27]. Dostupné na: [www.caverbob.com](http://www.caverbob.com)

Jakál, J. et al. 2005: *Jaskyne svetového dedičstva na Slovensku.* Liptovský Mikuláš (Správa slovenských jaskýň).

Kadlec, J. et al. 2020: Nový pohľad na vznik a hĺbku Hranické propasti. *Vesmír*, 99, 12, p. 720.

Palmer, A., N. 2017: Geology of Mammoth Cave. In: Hobbs III, H., Olson, R., Winkler, E., Culver, D. eds. *Mammoth Cave. Cave and Karst Systems of the World.* Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-53718-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-319-53718-4_6)

Puiu, T. 2021: *That is the world's deepest cave?* [cit. 2022-07-18]. Dostupné na: <https://www.zmescience.com/science/what-is-the-worlds-deepest-cave/>

Šupinský, J., Kaňuk, J., Hochmuth, Z., and Gallay, M.: Detecting dynamics of cave floor ice with selective cloud-to-cloud approach. *The Cryosphere*, 13, 2835–2851, DOI: <https://doi.org/10.5194/tc-13-2835-2019>

International Caving Expedition “Mount Sedom 2019”, Malham Cave Project – The Longest Salt Cave in The World. [cit. 2022-06-27]. Dostupné na: <https://speleo-bg.org/en/international-caving-expedition-mount-sedom-2019/>

Sistema Sac Aktun – kongest underwater cave. [cit. 2022-07-18]. Dostupné na: <https://sites.northwestern.edu/monroyrios/sistema-sac-actun-en/>

\*Pozn. Autor stránky v novembri 2022 bohužiaľ zomrel a niektoré z jeho databáz sú v čase vydania publikácie nedostupné. Veríme ale, že sa niekto bude ďalej venovať sumarizovaniu informácií o jaskyniach sveta

**Slovenská speleologická spoločnosť**

Slovenská speleologická spoločnosť (SSJ) je organizácia združujúca dobrovoľných jaskyniarov na Slovensku so sídlom v Liptovskom Mikuláši. Jej poslaním je na základe jej stanov najmä poznávať, objavovať, registrovať, dokumentovať a chrániť krasové javy, rôznymi formami ich približovať verejnosti, získavať a vzdelávať záujemcov o speleológiu a množstvo ďalších aktivít. Usporadúvať národne a medzinárodné konferencie a iné aktivity a spolupracovať s domácimi a medzinárodnými organizáciami na poli ochrany prírody a životného prostredia a Medzinárodnou speleologickou úniou (UIS), Európskou speleologickou federáciou (FSE) a vedeckými, výskumnými, školskými a kultúrnymi inštitúciami.

Jaskyniari pôsobia v súčasnosti v 52 kluboch a skupinách a je v nich spolu zapísaných 898 jaskyniarov a jaskyniarok. Tieto sú rozmiestnené hlavne vo veľkých krasových územiach alebo v blízkosti jaskýň. Zoznam jaskyniarskych klubov je možné nájsť na webovej stránke SSS - <https://sss.sk/zoznam-oblastnych-skupin/>.

Pravidelnými aktivitami SSS sú jaskyniarsky týždeň, lezecké dni, speleomíting či mapovací kurz, pričom cieľom všetkých týchto organizovaných aktivít je pravidelné sa stretávanie jaskyniarov a záujemcov o jaskyne. Okrem speleomítingu sa lokality ďalších podujatí rôznia, preto je možné aj naďalej rozširovať svoje obzory, spoznávať nové krasové územia, zdokonaľovať napr. lezecké techniky, a prostredníctvom prednášok či premietania filmov získavať aj nové informácie.

Slovenská speleologická spoločnosť sa venuje aj vydávaniu tlačenej Spravodaja SSS, ktorý vychádza štyrikrát ročne v tlačenej plnofarebnej podobe už od roku 1970. Jednotlivé príspevky v ňom informujú o nových objavoch, dokumentácii jaskýň, expedíciách zo zahraničia, ale prináša aj spoločenské správy, informácie o podujatiach či novej literatúre. Spravodaj v digitálnej podobe je možné listovať na stránke SSS.

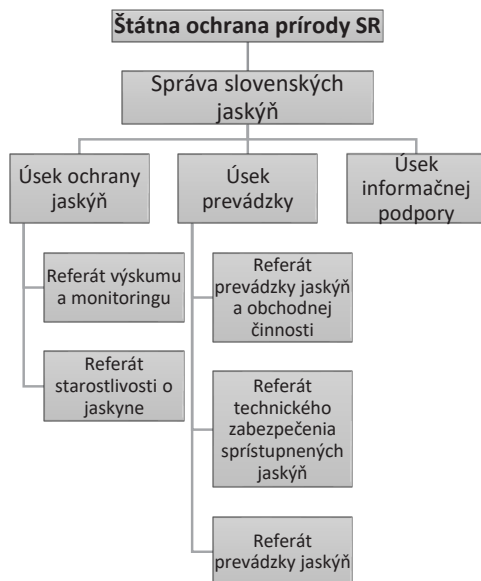


Obr. 55. Logo Slovenskej speleologickej spoločnosti ([www.sss.sk](http://www.sss.sk))

## Správa slovenských jaskýň

Jaskyne sú v zmysle zákona NR SR č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny chránené ako prírodné pamiatky a tie najvýznamnejšie ako národné prírodné pamiatky. Dôvodom ich ochrany je okrem ich prírodnej hodnoty aj to, že sú ohrozované človekom. Preto je dôležité, že na území Slovenska pôsobí inštitúcia, ktorá sa zaoberá ochranou jaskýň, a aj ich výskumom, monitoringom, praktickou starostlivosťou o jaskyne a pod.

Správa slovenských jaskýň (SSJ) bola založená v roku 1970. Neskôr (1981) bola zlúčená s Úsekom ochrany prírody Slovenského ústavu pamiatkovej starostlivosti a ochrany prírody v Bratislave, čím vzniklo Ústredie štátnej ochrany prírody. SSJ ako samostatná organizácia bola obnovená v roku 1990. Od roku 2008 je organizačne začlenená pod Štátnu ochranu prírody Slovenskej republiky so sídlom v Banskej Bystrici, ktorá patrí pod Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky. Sídlom SSJ je Liptovský Mikuláš, pracovisko má však aj v Rimavskej Sobote. Jej činnosť je veľmi rôznorodá, okrem prevádzkovania 13 sprístupnených jaskýň sa zaoberá výskumom, monitoringom a dokumentáciou jaskýň, ochranou jaskýň, environmentálnou výchovou aj edičnou činnosťou.



Obr. 56. Základná organizačná schéma Správy Slovenských jaskýň  
(Zdroj: <http://www.ssj.sk/sk/organizacna-struktura-ssj>)



### *Výskumná činnosť, monitoring a dokumentácia*

Výskumná činnosť SSJ sa orientuje na výskum jednotlivých zložiek prírodného prostredia jaskýň. Zahŕňa tak geologický a geomorfologický výskum, hydrologický výskum a monitoring, speleoklimatologický výskum a monitoring, geoekologický výskum, biospeleologický výskum, ale aj dokumentáciu jaskýň s využitím geografických informačných systémov. Geologický výskum v jaskyniach sa vykonáva najmä kvôli poznaniu komplexných prírodných hodnôt podzemných priestorov, poznania zákonitostí prírodných procesov z hľadiska účinnej ochrany jaskyne, objasnenia vzniku jaskyne, ako aj geologického vývoja okolitého územia. Okrem toho aj kvôli bezpečnému pohybu návštevníkov. Geomorfologický výskum jaskýň sa orientuje na vznik a vývoj podzemných priestorov, ako aj jednotlivých geomorfologických foriem. Geomorfologické útvary v podzemných priestoroch sú dokladom vývoja jaskýň v rámci geologickej minulosti Zeme, a preto sú významné aj z hľadiska ochrany prírody. Hydrologický a hydrochemický výskum sa sústreďuje na monitorovanie kvalitatívnych a kvantitatívnych vlastností krasových vôd a ich prípadných zmien v priestore a v čase. Dôležité je tiež objasnenie zložitých podmienok ich obehu. Speleoklimatologický výskum skúma a monitoruje pohyby a zmeny ovzdušia, ako aj jeho vplyv na krasové procesy. Taktiež určuje špecifické mikroklimatické pomery v podzemných priestoroch, ktoré majú význam napr. pre speleoterapiu. Geoekologický výskum študuje jaskyne komplexne ako špecifické prírodné geosystémy. Tie sa vyznačujú priestorovou štruktúrou a časovo-priestorovými zmenami. Takisto sa zaoberá aj vplyvom človeka na jaskyne. V rámci biospeleologického výskumu sa skúma druhové zloženie fauny (bezstavovce, netopiere), ale taktiež sa pozornosť venuje aj paleontologickému výskumu (získavanie fosílnych kostrových pozostatkov stavovcov z podzemných priestorov).

### *Ochrana jaskýň*

Ochrana jaskýň pozostáva z rôznych činností, ktoré zahŕňajú praktickú starostlivosť o jaskyne – čistenie jaskýň, uzatváranie jaskýň, speleologickú strážnu službu a pod. Čistenie jaskýň zahŕňa odstraňovanie odpadov z jaskýň, ktoré tam boli navozené alebo nahádzané v minulých desaťročiach. Uzatváranie jaskýň je potrebné z dôvodu ich ochrany pred nežiaducimi aktivitami človeka (napr. hromadenie odpadu – komunálneho, ale aj toxického, či zvyškami po poľnohospodárskej činnosti, ale aj pred poškodzovaním výzdoby a nepovolanými návštevníkmi). Speleologická strážna služba pozostáva zo strážcov prírody špecializovaných na ochranu jaskýň. Ide zvyčajne o dobrovoľných aktívnych jaskyniarov. Členovia speleologickej strážnej služby jednotlivé krasové územia pravidelne kontrolujú, zabezpečujú údržbu jaskynných uzáverov a kontrolujú neporušenosť jaskynných ekosystémov.

### *Environmentálna výchova*

Významnou činnosťou, ktorú SSJ vykonáva, je výchovná činnosť zameraná na ochranu jaskýň. Tá zahŕňa edično-propagačnú a publikačnú činnosť zameranú na ochranu, výskum, dokumentáciu a využívanie jaskýň. Súčasťou environmentálnej výchovy sú tiež environmentálno-výchovné prednášky, ktoré zabezpečujú pracovníci SSJ. Vo vstupných areáloch jaskýň sú inštalované expozície a výstavy, ktoré približujú návštevníkom rôzne informácie z problematiky speleológie a príbuzných odborov. Medzi takéto expozície patria Náučná lokalita Morské oko v Tornali, Náučná lokalita Prepoštská jaskyňa v Bojniciach, Zoopaleontologická expozícia vo Važeckej jaskyni, Environmentálno-výchovná expozícia v areáli jaskyne Domica, Výstava vo vstupnom areáli Dobšinskej ľadovej jaskyne a Výstava vo vstupnom areáli Jasovskej jaskyne. Dôležitými environmentálno-výchovnými prostriedkami priamo v teréne sú náučné chodníky. Najvýznamnejšími z nich sú Náučný chodník k Malej Drienčanskej jaskyni, k Demänovskej jaskyni slobody, k Demänovskej ľadovej jaskyni, k Dobšinskej ľadovej jaskyni, k Belianskej jaskyni, k Harmaneckej jaskyni. Okrem náučných chodníkov sú ďalším spôsobom prezentácie informácií náučné panely. SSJ doteraz nainštalovala nasledovné panely: Jasovská jaskyňa (1995, na ochranu netopierov), Dobšinská ľadová jaskyňa (1995, na ochranu netopierov), Bystrianska jaskyňa (1996, na ochranu netopierov), Važecká jaskyňa (1996, 2006, 2 panely o vyhynutých jaskynných medved'och), Gombasecká jaskyňa (1999, 3 panely: NP Slovenský kras, jaskyne svetového prírodného dedičstva, Gombasecká jaskyňa), Driny (1999, 4 panely: geológia, geomorfológia, rastlinstvo a živočíšstvo krasu Malých Karpát, jaskyňa Driny – hodnoty, história).

### *Edičná činnosť*

Správa slovenských jaskýň sa venuje tiež edičnej činnosti. Vydáva vedecký a dokumentačný časopis *Aragonit*, podieľa sa (spolu so Slovenským múzeom ochrany prírody a jaskyniarstva) na vydávaní vedeckého karsologického a speleologického časopisu *Slovenský kras* a pravidelne vydáva zborníky z konferencie „Výskum, využívanie a ochrana jaskýň“. Okrem toho vydáva aj ďalšie odborné, popularizačné a informačné publikácie a materiály.

Viac informácií o činnosti SSJ je možné získať na jej internetovej stránke [www.ssj.sk](http://www.ssj.sk). Možno konštatovať, že SSJ za vyše 50 rokov svojej existencie významne prispela k poznávaniu a ochrane jaskýň na Slovensku.

### *Literatúra:*

Bella, P., Gaál, L., Gažík, P., Haviarová, D., Labaška, P., Nudziková, Ľ., Papáč, V., Višňovská, Z., Zelinka, J. 2020: Historiografia Správy slovenských jaskýň 1970 – 2020. *Aragonit* 25, 85-98

- Gažík, P. 2009: Aktivity Správy slovenských jaskýň v rámci Medzinárodnej asociácie prístupných jaskýň. *Aragonit*, 14, 148-149.
- Gažík, P. 2020: Projekty Štrukturálnych fondov Európskej únie a Environmentálneho fondu realizované na Správe slovenských jaskýň v rokoch 2004 – 2020. *Aragonit* 25, 99-102
- Hlaváč, J. ed. 1999: Správa slovenských jaskýň 1970 – 2000. Liptovský Mikuláš (Správa slovenských jaskýň).
- Hlaváč, J. 1996: Nový štatút Správy slovenských jaskýň. *Aragonit*, 17-18.
- Hlaváč, J. 2000: Slávnostné zhromaždenie k 30. výročiu založenia Správy slovenských jaskýň. *Aragonit*, 5, 46-48.
- Hlaváč, J. 2009: Štvrté desaťročie činnosti Správy slovenských jaskýň. *Aragonit* 14, 91-93.
- Jakál, J. 1996: Správa slovenských jaskýň – integrujúci prvok slovenského jaskyniarstva, 25 rokov od jej vzniku. *Aragonit*, 1, 24-26.
- Jakál, J. 2010: Pohľad na 40 rokov slovenskej speleológie. *Slovenský kras*, 48, 5-18.
- Jakál, J., Hlaváč, J. 2004: Správa slovenských jaskýň a aktuálne problémy slovenskej speleológie. *Aragonit*, 4, 9–14.
- Zuskin, J. 2020: K okrúhlemu výročiu Správy slovenských jaskýň. *Aragonit* 25, 83-84.
- Správa slovenských jaskýň: *Edičná činnosť*. [cit. 2022-11-07]. Dostupné na: <http://www.ssj.sk/sk/edicna-cinnost>
- Správa slovenských jaskýň: *Environmentálna výchova*. [cit. 2022-11-07]. Dostupné na: <http://www.ssj.sk/sk/environmentalna-vychova>
- Správa slovenských jaskýň: *Ochrana jaskýň*. [cit. 2022-11-07]. Dostupné na: <http://www.ssj.sk/sk/ochrana-jaskyn>
- Správa slovenských jaskýň: *Správa slovenských jaskýň*. [cit. 2022-11-07]. Dostupné na: <http://www.ssj.sk/sk/sprava-slovenskych-jaskyn>
- Správa slovenských jaskýň: *Výskum, monitoring a dokumentácia*. [cit. 2022-11-07]. Dostupné na: <http://www.ssj.sk/sk/vyskum-monitoring-a-dokumentacia>

---

## Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva

Pôvodné Múzeum slovenského krasu, dnes Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva, bolo založené zvolaným zakladajúcim valným zhromaždením v roku 1930, pričom prevládali snahy vybudovať z neho špecializované krasové múzeum. To sa podarilo za spravovania Vojtecha Benického, kedy sa múzeum stalo najprv súčasťou Slovenskej speleologickej spoločnosti. Neskôr sa ale postupne transformovalo na celoslovenské múzeum ochrany prírody so zameraním naďalej aj na jaskyne.

Expozíciou múzea, ktorá sa venuje krasovému reliéfu, je **Kras a jaskyne Slovenska**. Táto sa zaoberá vznikom krasového fenoménu a jeho aspektmi, krasovou geológiou, geomorfológiou a hydrológiou, podzemím krasu, ochranou krasových území, biospeleológiou a speleoarcheológiou. Nechýbajú ani časti expozície venujúce sa praktickému jaskyniarstvu, výstroju a činnosti jaskyniarov v podzemí.

Okrem expozície sa múzeum venuje aj **edičnej činnosti** a to pravidelnému, ale aj sporadickému vydávaniu publikácií. Medzi časopisy, ktoré sú dlhodobo vydávané, patria napr. Sinter a zborník Slovenský kras, ktoré sú oceňované predovšetkým odbornou verejnosťou. Život významných osobností Slovenska približuje cyklus viacerých životopisných monografií - o Jánovi Majkovi, Vojtechovi Benickom, Jánovi Volkovi-Starohorskom. Okrem spomínaných publikácií v roku 2017 vyšla aj posledná aktualizácia Zoznamu jaskýň na Slovensku. Viacmenej pravidelne je organizované aj podujatie **Speleofotografia**, kde sa fotografickej súťaže zábermi z podzemného sveta zúčastňujú fotografi z celého sveta.

Významnou a jedinečnou súčasťou múzea je **archív** ochrany prírody a jaskyniarstva a knižnica múzea. Tu sú vo fondoch dohľadateľné všetky publikácie s tematikou krasu a jaskýň, ktoré boli v minulosti publikované, ale aj správy či manuskripty. Múzeum je aj miestom neformálneho vzdelávania žiakov či študentov. Je ponúkaných niekoľko environmentálnych programov, prevažne so zameraním na bádateľské a terénne vyučovanie v externom prostredí. Nechýbajú ani exkurzie orientované na spoznávanie povrchového a podzemného bohatstva krasovým územím.

Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva je unikátnou súčasťou siete múzeí na Slovensku. Má nezastupiteľnú funkciu vo vzdelávaní, publikovaní a propagácii krasu a jaskýň, nevynímajúc jeho jedinečné múzejné zbierky, ale aj bohatý archív. Okrem vyššie spomenutých aktivít múzeum organizuje tematicky zaujímavé prednášky a pracuje aj na vedeckom výskume.

### *Literatúra:*

Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva. [cit. 2022-09-30]. Dostupné na: [www.smopaj.sk](http://www.smopaj.sk)

---

## Slovenský kras v expozíciách Banického múzea v Rožňave

Banické múzeum v Rožňave je vlastivedné múzeum, ktoré sa špecializuje okrem oblasti baníctva a hutníctva v Spišsko-gemerskom rudohorí a výtvarného umenia historického Gemera aj na prírodné svetové dedičstvo a jaskyniarstvo na území Slovenského krasu. V súčasnosti múzeum prezentuje Slovenský kras pre širokú verejnosť rôznymi formami. Najstaršia je forma prezentovania prostredníctvom stálej výstavy – Expozície prírody Slovenského krasu a priľahlých oblastí. Druhou formou je putovná výstava Svetové dedičstvo v hĺbkach Zeme. Ďalšou formou prezentácie, ktorú múzeum ponúka, je interaktívna učebňa Exteriérová geologická bádateľňa, ktorá je v súčasnosti najvyhľadávanejšia zo všetkých expozícií. Všetky tieto formy ešte zatriktívňujú a dopĺňajú geologické múzejno-pedagogické aktivity, ktoré sú navrhnuté a prispôbené pre rôzne cieľové skupiny návštevníkov.

### *Expozícia prírody Slovenského krasu a priľahlých oblastí*

Bola otvorená pre širokú verejnosť v roku 1981. Sídlí v historickej budove bývalého sirotinca grófkyni Františky Andrassyovej na Šafárikovej ulici v Rožňave. Expozícia je s menšími modernizáciami v rovnakej podobe sprístupnená pre verejnosť dodnes. Hlavným cieľom vzniku prírodovedeckej časti múzea bolo propagovať okolitú prírodu, zvýšiť všeobecné vzdelanie návštevníkov, podať prehľad o geologickom vývoji oblasti, o flóre a faune a naučiť verejnosť chrániť prírodné bohatstvo regiónu.

Expozične je využitá už hneď vstupná časť priestorov budovy, kde sú v nástenných vitrínach vystavené mineralogické a petrografické vzorky, usporiadané podľa systematického triedenia. V ďalších miestnostiach je prezentovaná fauna a flóra Slovenského krasu prostredníctvom veľkopriestorových vitrín, ktoré reprezentujú jednotlivé biotopy. Táto časť prešla obnovou koncom roku 2018, keď boli nainštalované audio zariadenia. Dnes je tu možné si v rámci prehliadky vypočuť zvukové efekty (hlasy živočíchov) získané záznamom priamo z prírody. Ďalšia časť je venovaná geologickému vývoju územia Slovenského krasu. Pomocou geologických máp, vzoriek minerálov a hornín je tu odprezentované geologické zloženie, stavba a vývoj geologických jednotiek budujúcich toto územie (obr. 57). Sú tu vystavené aj vzorky z ložísk nerastov regiónu Gemer (Horváth et al., 2002). Posledná časť expozície sa venuje jaskyniarstvu. V tejto časti sú vystavené zbierkové predmety z fondu Speleológie Banického múzea v Rožňave. Zbierkový fond Speleológie vznikol v roku 2001 a patrí k najmladším fondom múzea. Obsahuje predmety dokumentujúce históriu výskumu jaskýň v Slovenskom krase. Návštevníci sa tu majú možnosť oboznámiť s jaskyňami svetového prírodného dedičstva Slovenského i Aggteleckého krasu v Maďarsku. Okrem fotografií z unikátnych častí jednotlivých jaskýň (Silická ľadnica, Domica, Ochtinská aragonitová jaskyňa, Gombasecká jaskyňa, Krásnohorská jaskyňa) sú tu umiestnené aj trojrozmerné

zbierky, hlavne jaskyniarske vybavenie, výstroj, pracovné náradie a rôzne nálezy z jaskýň vrátane rozmanitých vzoriek sintrov (Mogyorósi, 2021).



*Obr. 57. Expozícia prírody Slovenského krasu a príľahých oblastí (Foto: M. Pitoňák)*

### *Putovná výstava Svetové dedičstvo v hĺbkach zeme*

Prípravilo ju Banické múzeum v Rožňave v spolupráci s Národným parkom Aggtelek v roku 2008. Ide o trojjazyčnú (slovensko-maďarsko-anglickú) bannerovú výstavu, ktorá predstavuje jaskyne svetového dedičstva Slovenského a Aggteleckého krasu. Výstava okrem jaskýň prezentuje aj témy ako: flóra a fauna krasu, geológia krasu, ochrana prírody alebo turistické objekty v krase. Pri príležitosti 25. výročia zapísania jaskýň Slovenského a Aggteleckého krasu do zoznamu svetového dedičstva UNESCO, bola výstava aktualizovaná a doplnená rôznymi trojrozmernými predmetmi (jaskyniarska výstroj, pracovné pomôcky, vzorky rôznych sintrov, archeologické predmety a iné). Výstavu si návštevníci mohli naposledy pozrieť v roku 2020 v galérii Banického múzea v Rožňave (obr. 58) a v roku 2021 v Gemersko-malohontskom múzeu v Rimavskej Sobote. Veríme, že výstava nasledujúce roky bude putovať ďalej do rôznych regiónov Slovenska a propagovať toto jedinečné krasové územie.





*Obr. 58. Putovná výstava Svetové dedičstvo v hĺbkach Zeme (archív múzea)*



*Obr. 59. Aktivity v geologickej bádateľni (archív múzea)*

### *Exteriérová geologická bádateľňa*

Geologická bádateľňa predstavuje interaktívnu geologickú učebňu, ktorá je vybudovaná od roku 2019 priamo v areáli múzea. Skladá sa z dvoch častí. Prvá časť je tzv. teoretická, je určená na získanie základných teoretických znalostí ohľadom zložitej geologickej stavby regiónu Gemer. Sú tu umiestnené dve informačné tabule obsahujúce geologickú mapu územia, stratigrafickú tabuľku a popis vývoja geologických jednotiek. V tejto časti sú aj dva geologické profily, prezentované vo veľkých transparentných valcoch, ktoré sú naplnené autentickými nerastmi a nadrozmerný vzorkovník s dvanástimi rudnými a nerudnými nerastmi, typickými pre toto územie. Druhá časť je tzv. praktická, v nej si návštevník môže vyskúšať rôzne aktivity, ako napríklad rozpojovanie hornín geologickým kladivkom, ryžovanie zlata alebo hľadanie fosílií v piesku. Záver tvorí kvízová tabuľa na zábavné preskúšanie novonadobudnutých poznatkov (obr. 59).

### *Geologické múzejno-pedagogické aktivity*

Geologické múzejno-pedagogické aktivity sú určené pre širokú škálu návštevníkov. Hlavným cieľom týchto aktivít je interaktívnym spôsobom vzbudiť záujem o vopred určenú tému, ktorú zostavuje a uskutočňuje múzejný pedagóg. Najčastejšie o túto formu prezentácie geológie majú záujem najmenší návštevníci múzea - deti. Medzi vyhľadávanú geologickú múzejno-pedagogickú aktivitu patrí podujatie pod názvom: Geológia Gemera. Cieľom podujatia je zvýšiť povedomie a záujem o jaskyne Slovenského krasu. Obsahová náročnosť celého podujatia je vždy prispôbená vekovej kategórii danej skupiny.

Aktivita sa zvyčajne skladá z viacerých častí. Prvú časť tvorí prehliadka Expozície Slovenského krasu a prilahlých oblastí, ktorá prebieha formou otvoreného rozhovoru, kde múzejný pedagóg spoločne so skupinou vysvetlí význam základných geologických pojmov. Druhú časť tvoria pripravené aktivity v Exteriérovej geologickej bádateľni. Prvou z aktivít je pozorovanie jaskynnej výzdoby a hornín pomocou lupy a mikroskopu, kde najdôležitejšou úlohou je všimnúť si textúru a štruktúru jednotlivých vzoriek a nájsť v nich odlišnosti. Účastníci tu majú možnosť pozrieť si vzorky rôznych vápencov, kvapľov a aragonitu. Ďalšou aktivitou je rozpojovanie hornín geologickými kladivami, kde sa má vnímať odlišná tvrdosť rôznych nerastov. Skúška tvrdosti sa vykonáva na penovcoch, vápencoch, dolomitoch, ktoré tvoria Slovenský kras. Poslednou aktivitou je hľadanie fosílií v piesku. Vápence v krasovom území sú miestom kde možno nájsť rôzne fosílie, ktoré dokumentujú, aké živočíchy tu žili v dávnej minulosti, kedy sa ešte len formovala dnešná podoba tohto územia. Je tu možné nájsť rôzne ulity, trilobity, ale aj žraločie zuby.

### *Literatúra:*

- Horváth, P. et al. 2002: Expozícia „Príroda Slovenského krasu a prilahlých oblastí“. In: *Banické múzeum v Rožňave (1902-2002)*. Rožňava (Banické múzeum v Rožňave), pp. 35-46.
- Mogyorósi, N. 2021: Speleológia. In: Lackanič, P. et al. *Zo zbierok Banického múzea v Rožňave*. Rožňava (Banické múzeum v Rožňave), pp. 110-111.

---

## Videá s tematikou krasu a jaskýň

V roku 2021 a 2022 sme pripravili niekoľko aktivít, ktoré rozširujú informácie o krase a jaskyniach na špecifické témy. Súbor náučných videí predstavuje sériu krátkych vysvetľujúcich videí o jednotlivých formách krasu v rozsahu 2 až 4 minút. Ďalšou aktivitou je cyklus Krasovatenie, počas ktorého sa nám v období pandémie podarilo sa uskutočniť niekoľko živých prenosov na nižšie uvedené témy so slovenskými aj svetovými odborníkmi. Viac sa dozviete aj na stránke [www.krasajaskyne.science.upjs.sk](http://www.krasajaskyne.science.upjs.sk).

### *Súbor náučných videí*

Náučné videá vysvetľujúce rôzne typy krasových foriem a charakter krasového územia:

- škrapy
- závrty
- vápenné jamy
- travertíny a penovce
- voda, ktorá je v krase vzácna



### *Cyklus krasovatenie*

Rozhovory s odborníkmi o krase a objavovaní jaskýň doma aj v zahraničí:

- Metodika objavovania jaskýň v Slovenskom krase – Gabriel Lešínský
- Jaskyne na planinách Tepui – Venezuela – Branislav Šmída
- Osobnosť a životné osudy Viliama Rozložníka – Norbert Mogyorósi
- Yucatán – eldorádo nielen speleopotápania – Karol Kýška
- Výskum krasu a jaskýň v Brazílii – Luiz Panniset Travassos (EN)
- Stratená rieka Ingleborough – Gerard Campion (EN)



---

## Záver a poďakovanie

V tejto publikácii sme sa snažili priniesť prierez základnými témami týkajúcimi sa krasu a jaskýň, ale šírka problematiky ani zďaleka nie je vyčerpaná. Krasové územia totiž predstavujú tak komplikované systémy, že na ich pochopenie je potrebný komplexný prístup a zároveň je táto téma široko multidisciplinárna. Preto sme považovali za dôležité priniesť prehľad rôznorodých všeobecných, regionálnych aj globálne orientovaných tém. Veríme, že táto publikácia vám pomôže nadobudnúť nové poznatky a bude impulzom pre ďalšie zoznamovanie sa s krasovými územiami.

Na tomto mieste by sme sa chceli poďakovať všetkým, ktorí krasom a jaskyňami žijú. Naším učiteľom, rodinám, priateľom aj študentom a aj všetkým tým, ktorí sa podieľajú na prínose nových vedeckých poznatkov v týchto citlivých (krasových) územiach.

Špeciálne patrí poďakovanie doc. RNDr. Zdenkovi Hochmuthovi, CSc., ktorý založil naše geografické pracovisko a od jeho počiatkov rozvíjal výskum krasu a jaskýň. Radi by sme sa poďakovali aj recenzentom tejto publikácie Mgr. Lukášovi Vlčekovi, PhD. a Mgr. et Mgr. Branislavovi Šmídovi, PhD. za cenné pripomienky a nápady, ktoré dopomohli k skvalitneniu publikácie.

*Za kolektív autorov Alena Gessert*



*Obr. 60. Zádielska tiesňava (Gessert, 2015)*

---

## Slovník základných pojmov

- *alochtonny tok* – vodný tok, ktorý pramení mimo krasového územia, ale preteká ním.
- *autochtonny tok* – vodný tok, ktorý pramení v krasovom území.
- *aragonit* – je minerál kryštalizujúci v rombickej (kosoštvorcovej) sústave, chemicky je to uhličitan vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ). Často vytvára kryštály.
- *cenot* – typ kolapsového závrtnu, ktorý vznikol prepadnutím stropu podzemného priestoru, zvyčajne je jeho dno vyplnené vodou a predstavuje vstup do jaskynného systému. Typické pomenovanie pre takéto formy v Mexiku
- *dynamická jaskyňa* – jaskyňa s dvomi alebo viac vchodmi, čím je zabezpečená výmena vzduchu medzi jaskyňou a vonkajším prostredím
- *fluviokrasová jaskyňa* – vznikla činnosťou podzemného vodného toku. Vodný tok takouto jaskyňou už v súčasnosti nemusí pretekať, avšak formy v jaskyni takéto vznik naznačujú.
- *humínové kyseliny* – zabezpečujú rozpustnosť krasových hornín, keďže sú obohatené o humínové látky – organické látky, ktoré vznikajú prevažne rozkladom rastlinných zvyškov a nachádzajú sa v pôde, rašeline, vode a iných prostrediach.
- *chemická denudácia* – proces rozpúšťania uhličitanu vápenatého
- *jaskyňa* – podzemný priestor, ktorý vznikol v krasových horninách. Veľkosť, kedy sa tento priestor považuje za jaskyňu je rôznorodá v rôznych krajinách (na Slovensku 2 m). Jaskyňa, ktorá je vytvorená v nekrasových horninách sa nazýva pseudokrasová jaskyňa (pseudokras).
- *kalcit* – je jeden z najbežnejších minerálov, pričom kryštalizuje v trigonálnej sústave, predstavuje uhličitan vápenatý ( $\text{CaCO}_3$ ). Tvorí najdôležitejšiu súčasť vápenca.
- *korózia* – synonymum chemického zvetrávania.
- *krasovatenie* – proces, pri ktorom dochádza k vzniku krasového fenoménu a je založený na rozpúšťaní krasových hornín.
- *krasová planina* – územie, pre ktoré sú typické strmé svahy a zarovnaný povrch nad nimi. Vo svahoch sa zvyknú vyskytovať vstupy do jaskýň a na povrchu planiny sú typické závrty, škrapy a iné krasové formy.
- *krasová vyvieracia* – sústredený výver krasovej podzemnej vody na povrch, ak poznáme ponory.
- *krasové jazerá* - vodné plochy v krasovom území, ktoré vznikli na mieste, ktoré je pre vodu nepriepustné. Najčastejšie vznikajú na dne závrtnov, ktoré sú upchaté nepriepustnými sedimentami a to umožňuje postupne zhromažďovanie vody.

- *krasový prameň* – je sústredený výver krasovej podzemnej vody, u ktorého je známe alebo teoreticky vyhraničené podzemné povodie.
- *lampenflóra* – rastlivosť, ktorá rastie aj hlboko v útrobach jaskyne, kde mu podmienky vytvára umelé osvetlenie (sprístupnených jaskýň).
- *ľadová jaskyňa* – jaskyňa, ktorá aspoň počas časti roka disponuje ľadovou výzdobou.
- *meander jaskynný* – vzniká bočnou eróziou podzemného vodného toku, ktorý pritom vytvára podobné meandre (zákruty) ako povrchový vodný tok.
- *penovec* – je forma „mäkkého“ travertínu, krehkého alebo sypkého, ktorý vzniká vyzrážaním uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ) v okolí krasových prameňov.
- *ponor* – miesto v krasovom území, kde dochádza k sústredenému ponáraniu sa vody do podzemia.
- *rezerva chladu* – je dôležitá pre udržanie ľadovej výzdoby v jaskyniach. Vyjadruje energetickú bilanciu jaskyne, t. j. pomer chladu akumulovaného v jaskyni počas zimného obdobia a tepla, ktoré bolo jaskyňou prijaté počas ďalších období roka.
- *sifón* – chodba v jaskyni, ktorá je čiastočne (polosifón) alebo úplne (sifón) zaplavená vodou. Je prekonateľný väčšinou iba jaskynnými potápačmi.
- *sinter* – pórovitá, plastická, drobná alebo kryštalická hmota, ktorá vzniká biochemickými alebo chemickými procesmi (najčastejšie vyzrážaním).
- *stalagmit* – kvapľový útvar rastúci smerom hore.
- *stalagnát* – stĺpovitý kvapľový útvar, ktorý vznikol zrastením stalagmitu a stalaktitu.
- *stalaktit* – kvapľový útvar, ktorý rastie zvisle zo stropu smerom dole.
- *statická jaskyňa* – má jeden vchod a teda pomerne stálu mikroklímu.
- *subsidencia* – poklesávanie územia.
- *sufózia* – je podpovrchová erózna činnosť vody.
- *škrapové pole* – rozsiahle plochy, ktoré sú pokryté škrapmi (opísané nižšie)
- *škrapy* – ohladené alebo inak skorodované výstupy materskej horniny, ktorých povrch bol preformovaný rozpúšťaním v krasovom území a na povrch sa dostali (resp. sú viditeľné) vďaka erózii pôdy.
- *tiankeng* – pojem používaný pre hlboké závrty, ktoré vznikli prepadnutím sa stropov jaskýň v Číne. Niekedy sú takého závrty hlboké aj stovky metrov.
- *travertín* – je sladkovodná sedimentárna hornina, ktorá vzniká vyzrážaním uhličitanu vápenatého ( $\text{CaCO}_3$ ) zo studených alebo teplých prameňov. Ako pevná hornina vzniká aj postupným stláčaním (diagenézou) penovca.
- *závrt (krasová jama)* – depresia na krasovom povrchu, ktorá môže mať hĺbku a priemer od niekoľkých metrov po niekoľko stoviek metrov. Závrty vznikajú rôznymi spôsobmi, napr. rozpúšťaním, kolapsom, poklesávaním a pod



---

## Zoznam obrázkov

- Obr. 1. Silická planina v Slovenskom krase (Zdroj: <https://slovakia.travel/narodny-park-slovensky-kras>)
- Obr. 2. Rozšírenie krasu vo svete (Zdroj: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-020-02139-5/figures/1>)
- Obr. 3. Schéma vzniku krasu (Zdroj: <https://www.gsi.ie/en-ie/programmes-and-projects/groundwater-and-geothermal-unit/activities/understanding-irish-karst/Pages/What-is-karst.aspx>)
- Obr. 4. Rozšírenie karbonátových hornín v klimatických pásmach Zeme (Zdroj: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10040-020-02139-5/figures/4>)
- Obr. 5. Rozšírenie krasových hornín na Slovensku (Zdroj podkladových máp: ŠGÚDŠ, ÚGKK SR)
- Obr. 6. Chemické procesy vytvárajúce jaskyne a ďalšie krasové útvary. Vysvetlivky: s – tuhé skupenstvo, l – kvapalné skupenstvo, aq – vodný roztok, pCO<sub>2</sub> – parciálny tlak CO<sub>2</sub> (Zdroj: <https://blogs.egu.eu/divisions/cl/files/2019/11/lai-a-karst-system-simple.jpg>, upravené)
- Obr. 7. Príklad vápencových platničiek na výskum krasovej denudácie (Sládek, 2022)
- Obr. 8. Diagram kolobehu vody v krasovom podloží (Goldscheider, 2019)
- Obr. 9. Otláčky listov a telesá travertínov v Hájskej doline (Slovenský kras)
- Obr. 10. Sala terrena v kaštieli Andrassyovcov v Betliari (Eliáš, 2016)
- Obr. 11. Rozloženie závrto v južnej časti Plešiveckej planine, vpravo príklady väčšieho a menšieho na Hornom vrchu (Slovenský kras). Zdroj mapy vľavo: [www.zbgis.skgeodesy.sk](http://www.zbgis.skgeodesy.sk)
- Obr. 12. Základné typy závrto podľa pôvodu a) korózne, b) kolapsové, c) sufózne, d) subsidenčné (Ford, Williams, 1989)
- Obr. 13. Rôzne typy závrto typické pre územie Slovenska, príklady lokalít z Jasovskej planiny v Slovenskom krase (Petřvalská, 2014)
- Obr. 14. Farárova jama v Slovenskom krase
- Obr. 15. Poloha dopadu meteoritu Chicxulub a pozícia kruhu cenotov (<https://mexicocenotesandruins.com/mexico-cenotes-yucatan-peninsula/>, upravené)

- Obr. 16. Turisticky prispôsobené cenoty v okolí mesta Tulum, Mexiko (Foto: Karsten Gessert, 2012)
- Obr. 17. Xiaozhai tiangkeng (Waltham, 2006) vľavo a tiangkeng Qinlong so viditeľnou jaskynnou chodbou vpravo
- Obr. 18. Model krasového systému zahŕňajúci rozličné druhy odtoku vody (Hartman et al., 2014)
- Obr. 19. Najdôležitejšie krasové pramene vo svete (Zdroj: Goldscheider et al., 2020)
- Obr. 20. Rozloženie obyvateľstva vo svete a v krasových oblastiach (Zdroj: Goldscheider et al., 2020)
- Obr. 21. Využiteľné zdroje vody na Slovensku  
(Zdroj: <https://www.geology.sk/2022/03/17/zviditelnenie-neviditelneho-rok-2022-je-rokom-podzemnej-vody/>)
- Obr. 22. Kečovská vyvieracia v Slovenskom krase (Sládek, 2017)
- Obr. 23. Typy ľadových jaskýň (Luetscher a Jeannin, 2004)
- Obr. 24. Príklad staticko-dynamickej ľadovej jaskyne (Ford a Williams, 2007)
- Obr. 25. Ročný chod teplôt vzduchu v jaskyni Silická ľadnica s vyznačením troch hlavných fáz tvorby a zániku ľadových útvarov L = letná fáza, O = fáza ochladzovania, Z = zimná fáza.
- Obr. 26. Regióny s výskytom ľadových jaskýň (červené elipsy) vzhľadom k priestorovej distribúcii hlavných krasových území (modré plochy) na Zemi (Perşoiu a Lauritzen, 2018)
- Obr. 27. Krasový systém (upravené podľa Stokes et al., 2011)
- Obr. 28. Zachytávanie zrážkovej vody do nádrží, aby mohlo byť preklenuté obdobie sucha v krase (JV Čína)
- Obr. 29. Projekt jaskynnej vodnej elektrárne na Jáve (zdroj: [http://cz.typo3.vag.abcede.biz/uploads/tx\\_news/Ref-pro\\_Java\\_edition1\\_11-01-13\\_EN\\_08.pdf](http://cz.typo3.vag.abcede.biz/uploads/tx_news/Ref-pro_Java_edition1_11-01-13_EN_08.pdf))
- Obr. 30. Injektovanie farbiva fluoresceínu do vodného toku (<https://www.nps.gov/mac/learn/nature/hydrological-activity.htm>)
- Obr. 31. Dezertifikácia krasových území v oblasti Guilinu (JV Čína)
- Obr. 32. Postupné zarastanie oblasti Zajačej brány v Slovenskom krase, vľavo rok 1959, vpravo 2006

- Obr. 33. Podlahový ľad v Kmet'ovom dóme v Demänovskej ľadovej jaskyni v roku 2011 (Štenclová, 2021)
- Obr. 34. Podlahový ľad v Kmet'ovom dóme v Demänovskej ľadovej jaskyni roku 2021 (Štenclová, 2021)
- Obr. 35. Jaskyňa Covalanas v Španielsku bola miestom aktivity človeka už pred 45000 rokmi (spain.info)
- Obr. 36. Jaskyňa v lokalite Atapuerca, Španielsko
- Obr. 37. Prieepasť Gouffre de Jardelle vo Francúzsku a nájdená munícia (zdroj: <https://www.estrepublicain.fr/environnement/2011/09/29/jardelle-500-tonnes-d-obus>)
- Obr. 38. Vybudované jaskynné predajne v JV Číne (vľavo), toalety v Carlsbad Caverns (USA, zdroj: <https://www.nps.gov/cave/index.htm>)
- Obr. 39. Vápenná jama na Jasovskej planine v Slovenskom krase
- Obr. 40. Zobrazenie mračna bodov jaskyne prostredníctvom webu (zdroj: <https://ugeshare.science.upjs.sk/webshared/Laspublish/Domica/Domica.html>).
- Obr. 41. Výrez z detailného mapového listu Majkovho dómu v jaskyni Domica z laserového skenovania (Šupinský et al., 2022)
- Obr. 42. Z vchodu Drienoveckej jaskyne (Foto: Karsten Gessert, 2013)
- Obr. 43. Hráškovité formy v jaskyni Skalistý potok
- Obr. 44. Sprístupnené jaskyne na Slovensku (Gessert et al., 2018)
- Obr. 45. Vývoj návštevnosti v sprístupnených jaskyniach na Slovensku, 2000-2021 (SSJ, [www.ssj.sk](http://www.ssj.sk))
- Obr. 46. Návštevnosť sprístupnených jaskýň na Slovensku v období pred pandémiou a v čase pandémie, (vlastné spracovanie na základe dát zo SSJ, [www.ssj.sk](http://www.ssj.sk))
- Obr. 47. Prepad návštevnosti jaskýň v letných mesiacoch v období pandémie COVID-19 (vlastné spracovanie na základe dát zo SSJ, [www.ssj.sk](http://www.ssj.sk), poznámka: prvá polovica júna v roku 2021 zátvor z dôvodu protipandemických opatrení)
- Obr. 48. Miera atraktivity sprístupnených jaskýň na Slovensku (Gessert et al., 2018)
- Obr. 49. Mapa Mamutieho jaskynného systému (Palmer, 2017)
- Obr. 50. Veryovkina (autor fotografie: Daily Sabah in Puii T., 2021)
- Obr. 51. Zatopené časti jaskynného systému Sac Actun (Karsten Gessert, 2012)

- Obr. 52. Jaskyňa Malham (Autor fotografie: Ariel Schalit, dostupné na: <https://www.independent.ie/world-news/worlds-longest-salt-cave-reveals-clues-about-early-civilisations-37960747.html>)
- Obr. 53. Vertikálny rez časťou Hranickej priepasti (Klanica et al., 2020) a pohľad do Hranickej priepasti (Kadlec et al., 2020)
- Obr. 54. Ľadopád v Silickej ľadnici (Foto: Karsten Gessert, 2013)
- Obr. 55. Logo Slovenskej speleologickej spoločnosti ([www.sss.sk](http://www.sss.sk))
- Obr. 56. Základná organizačná schéma Správy Slovenských jaskýň (<http://www.ssj.sk/sk/organizacna-struktura-sj>)
- Obr. 57. Expozícia prírody Slovenského krasu a príľahlých oblastí (Foto: M. Pitoňák)
- Obr. 58. Putovná výstava Svetové dedičstvo v hĺbkach Zeme (archív múzea)
- Obr. 59. Aktivity v geologickej bádateľni (archív múzea)
- Obr. 60. Zádielska tiesňava (Gessert, 2015)

---

## Zoznam tabuliek

- Tab. 1. Veľkosť chemickej denudácie v krasových regiónoch lokalizovaných v rôznych klimatických zónach v mm/1000 rokov (Zdroj: Pulina, M., Fagundo, J.R., 1992)
- Tab. 2. Závislosť intenzity krasových procesov od základných prvkov prírodného prostredia (Zdroj: Štelcl, O., Vlček, V., Panovský, K., 1977)
- Tab. 3. . Zoznam jaskýň vyhlásených za národnú prírodnú pamiatku (spracované podľa tabuľky najdlhších jaskýň na Slovensku a tabuľky najhlbších priepastí na Slovensku)
- Tab. 4. Základná charakteristika sprístupnených jaskýň na Slovensku (upravené podľa Gessert et al., 2018)
- Tab. 5. Zoznam najdlhších jaskýň k 21.8.2022 (na základe [www.caverbob.com](http://www.caverbob.com))
- Tab. 6. Zoznam najhlbších jaskýň k 21.8.2022 (na základe [www.caverbob.com](http://www.caverbob.com))

## Vybranými krasovými regiónmi sveta – obrazová príloha

### Z krasu Slovenska



1. Závrtý planiny Horný vrch, Slovenský kras
2. Travertínové kopy v blízkosti Bešeňovej
3. Jánošíkove diery, Malá Fatra
4. Čertova diera, Slovenský kras
5. Vodopád Lúčky

(autori fotiek: Alena a Karsten Gessert)

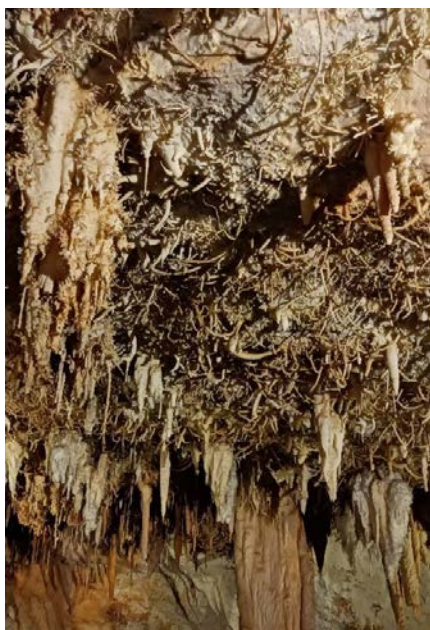




*Krasové oblasti Španielska*



Kantábrijské vrchy s výskytom mnohých vertikálnych jaskynných priestorov (Gessert, 2022)



Heliktity na strope jaskyne Pozalagua  
(Gessert, 2022)



Soľný kras, povrchové škrapy a kaňon  
Cardona (Gessert, 2022)

*Krasové oblasti Bulharska*



Priechodné jaskyne v pohorí Rodopy (K. Gessert, 2019)



Jaskyňa Prohodna v pohorí Stará planina (Gessert, 2019)



Vyvieračka jaskyne Diablove hrdlo v pohorí Rodopy (Gessert, 2019)



*Krasové oblasti Bosny a Hercegoviny*



Popovo polje obkolesené krasovými vrchmi (Gessert, 2014)



Jeden z prameňov rieky Buna v blízkosti mesta Mostar (Gessert, 2014)



Mesto Trebinje v závere Popovho polja (Gessert, 2014)

*Krasové oblasti Slovinska*



Predjamski hrad bol postavený vo vchode jaskyne Erazmova jama (Gessert, 2012)





Monumentálny otvor Planinskej jaskyne (Gessert, 2012)



Kolaps v závere Škocjanských jaskýň (Sládek, 2014)

*Krasové oblasti Spojeného kráľovstva*

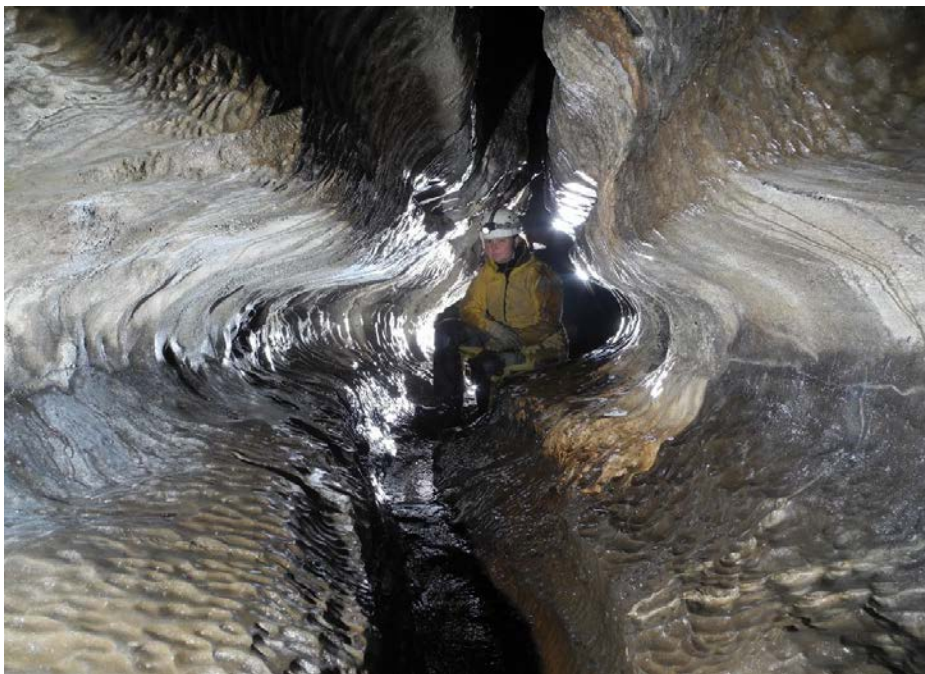


Škrapové polia (krasové chodníky) v oblasti Yorkshire dales (Gessert, 2016)



Priepasťovitý otvor jaskyne Gaping Gill klesá vertikálne 98 metrov (Gessert, 2016)





Profil kľúčovej dierky v aktívnej jaskyni Short drop (K. Gessert, 2016)



Škrapy v jaskyni Wookey Hole (Gessert, 2016)

*Krasové oblasti Talianska*



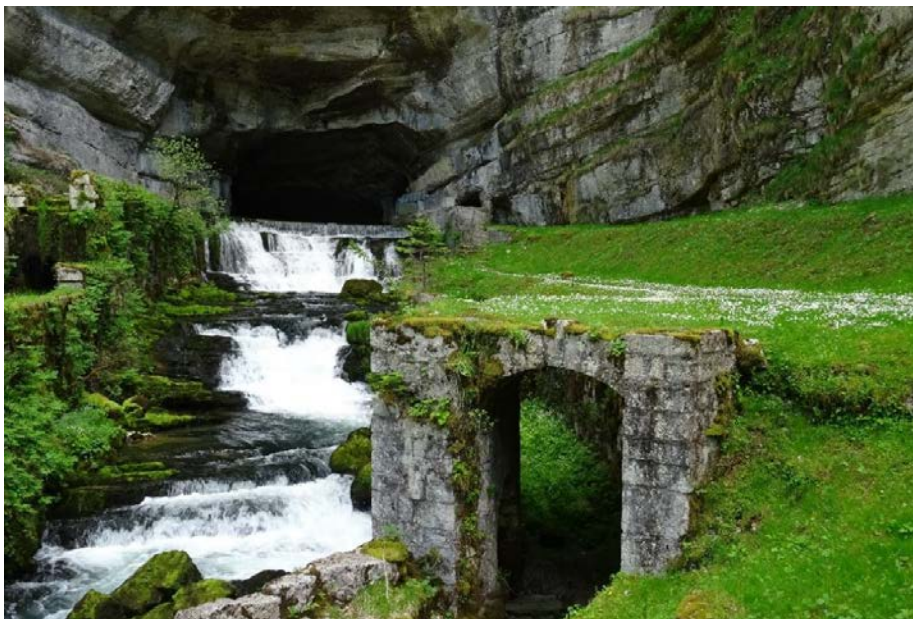
Jurské až kriedové vápencové útesy Faraglioni pri ostrove Capri v Neapolskom zálive (Sládek, 2015)



Krasový prameň Elefante bianco je vstupom do podzemného systému s hĺbkou 190 m (Gessert, 2010)



*Krasové oblasti Francúzska*



Mohutná krasová vyvieracia Source de la Loue (Gessert, 2019)



Kvapľová výzdoba v Grotte de Choranche (Gessert, 2022)

*Krasové oblasti Rakúska*



Krasový povrch pohoria Totes Gebirge v nadmorských výškach 1600 – 1800 m (Sládek, 2018)



Ladová výzdoba jaskyne Schwarzmöskogel – Eishöhle (K. Gessert, 2017)



*Krasové oblasti Číny*



Krasová oblasť v oblasti Guilinu a rieka Li (Gessert, 2013)



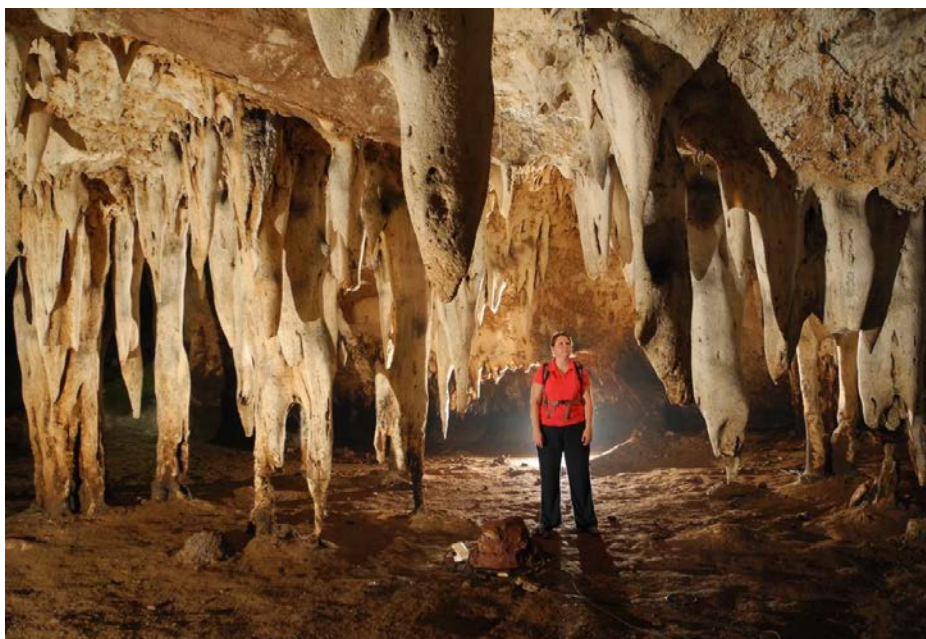
Travertínové kaskády v národnom parku Huang long (Gessert, 2014)



*Krasové oblasti Thajska*



Penovcové akumulácie na vodopáde Sai Yok Noi (Gessert, 2015)



Kvapľová výzdoba v jaskyni Khao Bin (K. Gessert, 2015)

*Krasové oblasti Mexika a Belize*



Tenká vrstva nadložnej horniny v blízkosti mesta Tulum (Gessert, 2012)



„Koreňové“ kvaple vznikajúce zasintrovaním koreňového systému (Petřvalský, 2012)



Jeden z kolapsových závrťov v Belize (Gessert, 2012)



---

## Predstavujeme autorov



*RNDr. Alena Gessert, PhD.*

Je vedúcou Oddelenia fyzickej geografie na Ústave geografie PF UPJŠ v Košiciach, predsedníčkou Košickej pobočky Slovenskej geografickej spoločnosti a na medzinárodnej úrovni generálnou tajomníčkou Európskej speleologickej federácie. Vedecky aj propagačne sa venuje krasovému reliéfu, chemizmu krasu, vplyvu človeka na krasové územia a výskumu jaskýň.



*Mgr. Imrich Sládek, PhD.*

V súčasnosti pôsobí ako vedecký pracovník na Oddelení fyzickej geografie Ústavu geografie PF UPJŠ v Košiciach, kde sa venuje geomorfológii a geochemii krasu, mikrogeografii a geokológii. V rámci geochemie krajiny sa zaoberá chemickou denudáciou krasového reliéfu, z geomorfologickej problematiky sa venuje najmä geomorfologickej hodnote hornín. Rieši tiež problematiku diverzity krajiny a komplexnej fyzicko-geografickej analýzy malých oblastí.



*Mgr. Jozef Šupinský, PhD.*

Vedecký pracovník na Oddelení fyzickej geografie Ústavu geografie PF UPJŠ v Košiciach. Vo svojom výskume sa venuje mapovaniu pozemným laserovým skenovaním, metódam pre spracovanie zaznamenaných dát a následným modelovaním vybraných javov. Zaoberá sa aplikáciami geopriestorových údajov ako napríklad hydrodynamickými a mikroklimatickými modelovaniami, ako aj možnosťami odvodenia máp jaskýň z mračna bodov pozemného laserového skenovania.



*RNDr. Janetta Nestorová-Dická, PhD.*

Pôsobí na Ústave geografie PF UPJŠ v Košiciach. Je odborníčkou v oblasti výskumu humánno-geografických javov prostredníctvom pokročilých štatistických metód. V ostatnom období je pre ňu výzvou odhaľovanie zákonitostí a prepojenia problematiky aj s fyzicko-geografickými javmi.



*RNDr. Rastislav Serbin, PhD.*

Pôsobí ako odborný asistent na Katedre analytickej chémie ÚCHV PF UPJŠ v Košiciach. Vo výskume sa zameriava na vývoj postupov stanovení v analytickej chémii s environmentálnym a forenzným zameraním. Je krajským predsedom pre Chemickú olympiádu v Košickom kraji a takisto vedie kluby chemikov pre talentovaných chemikov základných a stredných škôl v rámci Chemickej olympiády .



*Mgr. Veronika Straková*

Vyšudovala geografiu na Prírodovedeckej fakulte UPJŠ v Košiciach a v súčasnosti pôsobí v Slovenskom národnom múzeu v Betliari, kde sa venuje propagácii pre verejnosť. Počas svojho štúdia a aj počas pôsobenia na Ústave geografie PF UPJŠ v Košiciach sa vedecky venovala výskumu sedimentácie a inventarizácii penovcov pri prameňoch Slovenského krasu a malakozoologickému výskumu travertínov Hájskej doliny.



*Ing. Juliána Kelemenová*

Vyšudovala na Technickej univerzite v Košiciach odbor geoturizmus. V súčasnosti pôsobí ako múzejná pedagogička v Baníckom múzeu v Rožňave. Zameriava sa na organizovanie múzejno-pedagogických aktivít na témy živej a neživej prírody regiónu Gemer.



*Marcel Vasilák*

Študent 3. ročníka Prírodovedeckej fakulty UPJŠ v Košiciach, medziodborového štúdia matematika – geografia. Okrem toho v súčasnosti pôsobí ako pomocná pedagogická sila, v rámci ktorej sa venuje popularizácii krasu a jaskýň.

## **O jaskyniach a krase pre každého – vybrané kapitoly**

*Vysokoškolská učebnica*

### **Autori:**

RNDr. Alena Gessert, PhD., Mgr. Imrich Sládek, PhD., Mgr. Jozef Šupinský, PhD.,  
RNDr. Janetta Nestorová-Dická, PhD., RNDr. Rastislav Serbin, PhD., Mgr. Veronika  
Straková, Ing. Juliána Kelemenová, Marcel Vasiľák

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach,  
Vydavateľstvo ŠafárikPress

Rok vydania: 2023

Náklad: 110 ks

Počet strán: 108

Rozsah: 8,3 AH

Vydanie: prvé

Tlač: EQUILIBRIA, s. r. o.

ISBN 978-80-574-0191-9 (tlačená verzia)

ISBN 978-80-574-0192-6 (elektronická verzia)

DOI: <https://doi.org/10.33542/OJK-0192-6>





ISBN 978-80-574-0191-9