

ikt. sz.: IK7/2021/412/132/1

**Kutatási jelentés a Csillagászati és Földtani Kutatóintézet (CSFK) által a Berger-barlangban 2021-ben végzett mintavételezési munkákról**

Felelős kutatásvezető: Dr. Demény Attila, CSFK FGI igazgató

A mintázásokat végzi: Szilaj Rezső és Berentés Ágnes

A jelentést készítette: Berentés Ágnes és Prof. Dr. Demény Attila igazgató

2021. december 20.



Dr. Demény Attila  
igazgató, az MTA rendes tagja



## Bevezetés

A Balaton-felvidéki Nemzeti Park igazgatósága által 2021. június 29-én kiadott engedély (3150-2/2021) alapján 2021. december 5-ig végeztünk kutatási tevékenységet a Berger-barlang járataiban. Az engedély alapján a 2021. október 25-én sikerült öt résztvevővel mintavételezést végezni. A résztvevők: Ruszkiczay-Rüdiger Zsófia, Surányi Gergely, Marosffy Dániel, Berentés Ágnes, valamint a Szilaj Rezső, a barlang kutatásvezetője és három csapattársa. A kutatási munkasorán víz és karbonát mintavételezés történt.

## Eredmények

### Mintavételezés és ásványtani eredmények

Mintaszám	Helyszín	oC	pH	vez.kep	Mikrobiológia	Egyéb megjegyzés
Bg_H1_01	Húsvét-terem	18.8	7.2	875	homokos talaj+kalcitűk környékéről kenet	
Imago_01	Imágó-terem				karbonátosodott gyökerek és kalcitlemezek a falról	Ez az elágazó a D-i részek felé
Bg_Log_01	Logomitok a Zúzda után				logomitokról felületi kenetminta. Talajból kontroll nincs!	
Bg_Al_01	Álmok-tava	27.2	7.4	953	homokos talaj+kalcitűk környékéről kenet	
Bg_Sav_01	Forrás-termék savas tava	31.4	6.7		homokos talaj+vízközeli visszaoldott felületről kenet	folyamatos CO2 feltörés!
Bg_Ns_01	Forrás-termék nem savas tava	27.6	7.5		homokos talaj (ugyanaz, mint az előzőé) és kalcitkristályok felületéről minta	
Bg_S_01	Forrás-termék nem savas tava előtti gázcsatorna	31	6.9		nem volt	kb 8 cm a faltávolság a tó és gázcsatorna között
Bg_Me_01	Meleg-terem				logomitoszlop mikrobiológára is	ásványtani elemzésre is
Bg_Cl_01	Meleg-terem után	18.8	7.2	579	10x50ml átszűr víz+kenet, talaj nincs!	kalcitlemez+vízkémiára
Bg_g_01	Nagy tavak előtt					vas-oxidos darabka
Bg_Nt_01	1sz Nagy-tó	21.1	7.2	974	8x50ml víz átszűrve+talaj	vízkémiára, nyomelemre mintázva

### Röntgendiffrakciós mérések

Bg-LL-01 - kalcit

Bg-Me-01 - kalcit

Bg-Kar-02 - aragonit, <kalcit

Sh-01 - kalcit

Bg-Has-01 - kalcit

Bg-Al-05 - aragonit, <kalcit

Bg-Kar-01 - kalcit, aragonit

Borsóköves minta - kvarc, kalcit, csillám, kaolinit

A karbonátok mintázása a törmelékből gyűjtött minták mellett a Nagy-lángos tavának és a Titkok-tavának szegélyén kivált karbonátból is történt mintavételezés Szilaj Rezső kutatásvezető jelenlétében.

## Stabilizotóp-geokémiai eredmények

A begyűjtött vízminták stabilizotóp-összetételei:

Mintaszám	Helyszín	$\delta^2\text{H}$	$\delta^{18}\text{O}$
Bg_H1_01	Húsvét-terem	-68	-9.5
Imago_01	Imágó-terem		
Bg_Log_01	Logomitok a Zúzda után		
Bg_AI_01	Álmok-tava	-71	-9.9
Bg_Sav_01	Forrás-termek savas tava	-76	-10.7
Bg_Ns_01	Forrás-termek nem savas tava	-75	-10.4
Bg_S_01	Forrás-termek nem savas tava előtti gázcsatorna	-75	-10.6
Bg_Me_01	Meleg-terem		
Bg_Cl_01	Meleg-terem után	-67	-9.2
Bg_g_01	Nagy tavak előtt		
Bg_Nt_01	1sz Nagy-tó	-70	-9.7

A begyűjtött karbonátminták stabil- ( $\delta^{13}\text{C}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$ ) és kapcsoltizotópos ( $\Delta_{47}$ ), valamint a bezárt fluidumzárványok (fz) stabilizotóp-összetételei:

minta	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{18}\text{O}$	$\Delta_{47}$	t (°C)	$\delta^2\text{H}(\text{fz})$	$\delta^{18}\text{O}(\text{fz})$
L1	-2.3	-12.5	0.6068	20	-72	-11.2
L2	-2.1	-11.9	0.6164	17	-71	-11.0
T1	-2.0	-12.7	0.6112	19	-67	-9.5
T2	-2.7	-10.8	0.6207	16	-73	-8.8

## Az eredmények értelmezése és további vizsgálatok

Ásványtani eredmények: a Berger Károly -barlang területén a kalcit képződése mellett aragonit válik ki. A minták további vizsgálata szükséges az aragonit képződési mechanizmusának meghatározására.

Vízminták stabilizotóp-összetételei: a  $\delta^2\text{H}$  és  $\delta^{18}\text{O}$  (a hidrogén és oxigén stabilis izotópjainak mennyiségét kifejező mérőszámok) arra utalnak, hogy a tavak egy részének vize bepárlódáson megy keresztül, pozitív irányú  $\delta^2\text{H}$  és  $\delta^{18}\text{O}$  eltolódásokat eredményezve, míg a negatívabb értékek az Atlanti-óceán területéről érkező csapadék primér összetételét jelzik. A Nagy-lángos és a Titkok-tavának elemzése folyamatban van.

Karbonátminták stabilizotóp-összetételei: a stabil- és kapcsoltizotóp-geokémiai eredmények arra utalnak, hogy a Nagy-lángos tavának Titkok-tavának aljzatát alkotó karbonátképződmény

egyensúlyi körülmények között, csaknem zárt rendszerben vált ki, a kapcsoltizotóp-adatok a tavak hőmérsékletének megfelelő hőmérsékletadatokat eredményeztek. Ez ritkaság a barlangi képződmények esetében, ami a nemzetközi publikálhatóságot erősíti. A karbonátba zárt oldatzárványok alapján a Nagy-lángos képződménye különösen alkalmas a további vizsgálatokra.

Az eredményeket nemzetközi folyóiratokban tervezzük megjelentetni, de ehhez a vizsgálatok folytatására van szükség, így a kutatómunka folytatására kérelmet kívánunk benyújtani.

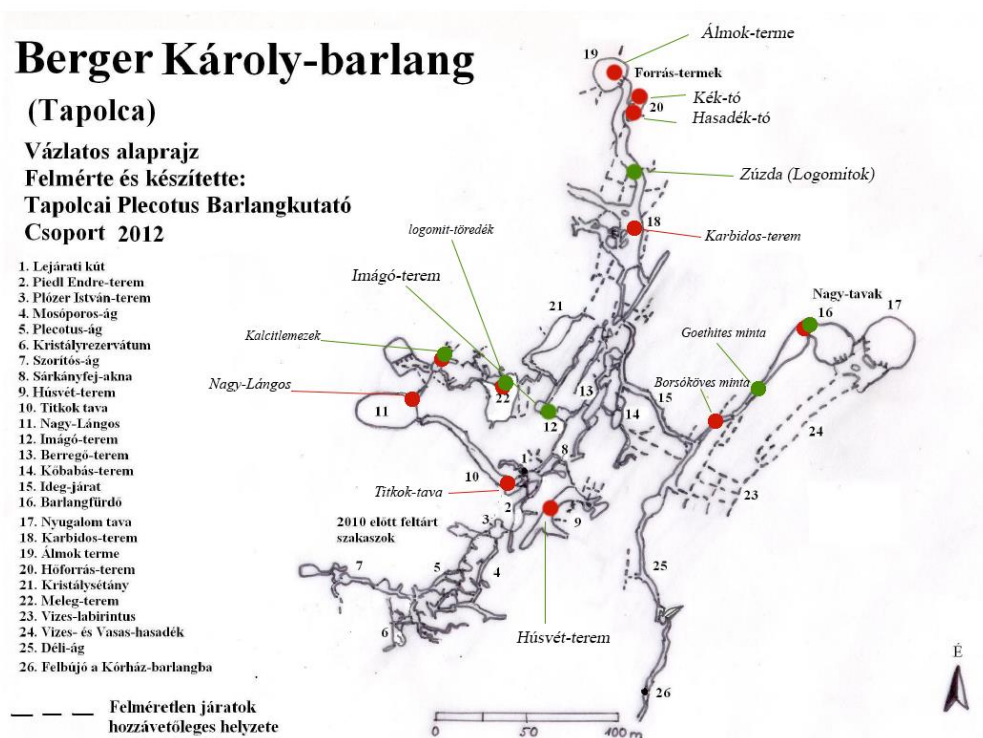
### Mikrobiológiai mintavételezések eredményei

A mikrobiológiai elemzéseket Lange-Enyedi Nóra és Makk Judit (ELTE TTK Mikrobiológiai Tanszék) végezte. A 2021. szeptember 5-én és október 1-jén történő mintavétel során vett minták feldolgozása történt meg ezidáig. A minták a kiválások felületéről származó kenetminták és barlangi talajminták, amelyek az Álmok-terméből, a Hőforrás-teremből, a Húsvét-teremből, az Imágó-teremből és a Nagy-tavak környékéről származtak. Kenetmintázás történt a logomitok melletti területről a Zúzda után, illetve vízminták begyűjtése történt meg a Meleg-terem után és az 1. számú Nagy-tóból, valamint feltehetően vas-oxidos mintát a Nagy-tavak előtti területről. A mintákra jellemző baktériumközösségek összetételét molekuláris biológiai módszerekkel vizsgáltuk meg.

A minták Eubaktérium és Ósbaktérium közösségeinek összetétele gyakran mintatípusonként különült el, vagyis a barlangi talajminták összetétele nagyban különbözött a kalcitfelületek baktériumközösségeitől. A Nagy-tavak környékéről és a Hőforrás-teremből vett minták baktériumközösségei különösen elkülönültek a többi mintától, melyek a bejáratától távolabbi ágait képviselik a barlangnak. A baktériumközösségeket főként aerob heterotróf baktériumok alkották, melyek között számos olyan nemzetség fordul elő, melyek egyes tagjai laboratóriumi körülmények között kalcium-karbonát kiválasztására képesek (pl. *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Acinetobacter*, *Pseudarthrobacter*, *Exiguobacterium* spp.). A kimutatott baktériumok általánosan előfordulnak édesvizekben, talajokban és növény-asszociáltan. A minták közül a logomitokra sajátos baktériumközösség jellemző, melynek további vizsgálatával összefüggést lehetne keresni a baktériumok logomitok kiválásában betöltött szerepére. Képviselettel magukat feltehetően kemolitotróf autotróf szervezetek is, melyek hidrogén-oxidációra (pl. *Hydrogenophaga* sp.) vagy ammónia-oxidációra (pl. *Nitrosarchaeum* sp.) képesek és szerves anyag előállításuk révén

(CO<sub>2</sub> fixálók) a barlangi környezetek tápláléklánc lánc alapját adják. A vízminták mélységi eredetüknek megfelelően nagy mennyiségű, a tudomány számára még ismeretlen baktériumcsoport jelenlétéről tanúskodnak.

### Mintavételezési térkép és fotódokumentáció



A mintázások helyszínei a barlang egyszerűsített térképén jelölve (zölddel a mikrobiológiai, pirossal a vízkémiai és ásványtani célzattal történt mintázások)



Mikrobiológiai „kenetmintázás” a képződmények felületéről és 10\*50 ml víz átszűrése a benne levő baktériumok koncentrációja érdekében.



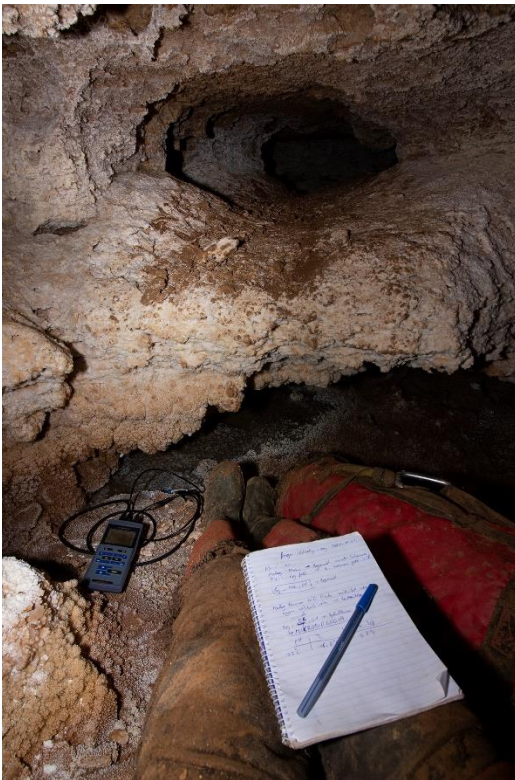
Mintázás az Álmok-tavának partjáról. A kutatásvezető a galériáról figyelemmel kíséri az eseményeket.



Letörött logomitos minta begyűjtése (Bg\_Me\_01 minta).



Aprócska mintavételezés „grid”-el, magdéziumdús aragonit kimutatására.



Víz+ mikrobiológiai mintagyűjtés, pH, hőfok és vezetőképesség mérése a Meleg-termen túli részekről, a 2. képen kalcitlemez gyűjtése a Nagy-Lángos partvidékéről.

