



ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet

Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Tanszékvezető: Pálffy József egyetemi tanár

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

Tel.: (1) 381-2129, 381-2125, Fax: (1) 381-2130

foldtan@ttk.elte.hu www.geology.elte.hu

Kutatási zárójelentés az ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézetének Általános és Alkalmazott Földtani Tanszéke a Béke-, Baradla- és Vass Imre-barlangban 2012-2015 között végzett munkájáról

Az ELTE Földrajz- és Földtudományi Intézetének Általános és Alkalmazott Földtani Tanszéke a Béke-, Baradla- és Vass Imre-barlangra rendelkezett tudományos kutatási engedéllyel az Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség 5232-10/2012 határozata alapján 2015. december 31-ig.

Kutatási munkánk befejeztével a következő zárójelentést tesszük:

2013. januárja és 2015 nyár közepe között havi rendszerességgel végeztünk a Béke-barlangban in situ szén-dioxid tartalom, hőmérséklet (levegő, ill. talaj), vízhőmérséklet és vezetőképesség, ill. pH méréseket a helyszínen: a Nagytufánál, 560 méternél és 1520 méternél. Emellett stabil izotóp vizsgálatokra gyűjtöttünk friss, és egy hónapon át gyűlt csepegő vízmintát mind a három helyszínen, ill. vízmintát vettünk a patakából (ha volt benne víz), és a Nagytufa esetében az oldalbefolyásból is. Méréseinket mindig két napon át végeztük, 24 órás adatgyűjtésre behelyezve egy szén-dioxid loggert. Emellett összehasonlító jelleggel elemeztük a havi csapadékvizet, és a felszínen is levegő- és talajhőmérséklet észlelést végeztünk, valamint a barlanggól/ba áramló levegő sebességét is mértük a bejáratnál, ill. a Felfedező-ág betorkolásánál 320 méternél.

A Baradla-barlangban kisebb rendszerességgel észleltünk a Nehéz-út barlangszakaszban, ahonnan kisebb töredék cseppköveket is gyűjtöttünk, ill. vizsgáltunk. Kutatásunk befejeztével az eredmények alapján most állítjuk össze a cikkeket külföldi tudományos folyóiratok számára.

Részeredményeket már eddig is közöltünk évi kutatási jelentéseinkben, ill. hazai

beszámolókbán. Ezek közül a tavalyi Karsztfejlődés Konferencia kötetében megjelent cikkünket, ill. az Aggteleki Nemzeti park megalakulásának 30. évfordulóján rendezett konferencia keretében Rozsnyón elhangzott előadásunk kivonatát, ill. az egyik nyári észlelésünket is mellékeljük jelentésünkhöz. Itt csak azt kívánjuk kiemelni, hogy általában a március-novemberi időszakban 1500 méternél már 2-3 % közötti a széndioxid tartalom, ami a 2013/14, ill. 2014/15 telén, a jelenlegi végpontig tett bejárásunk, és ottani méréseink alapján ebben az időszakban a Nagy-ömlás környékén már 4-5-6 % körüli értékben valószínűsíthető, ami életveszélyes az ott tartózkodókra, ezért jelenleg csak a december-február közti időszak alkalmas a barlang belső részeinek felkeresésére!

Megjelenésük után a készülő tudományos közleményeinket is eljuttatjuk Önökhöz.

2015. folyamán a Béke-barlangban a következő időpontokban végeztük a méréseinket:

01.	30-31.
02.	23-24.
03.	23-24.
04.	21-22.
06.	23-24.
07.	18-19.
11.14.	
12.01.	

A Baradla-barlangban a következő időpontokban jártunk és mértünk:

02.24.  
04. 22.  
05. 09.  
10. 24  
10. 29.

Fent felsorolt észlelési helyein mellett a Vass Imre-barlangbeli méréseket nem tartottuk szükségesnek.

Kutatásunkat - kissé módosított témakörben, kiterjesztve más barlangokra (pl.- az


Esztramosra) a jövőben is folytatni szeretnénk, amire újabb kutatási engedélyt fogunk kérni.

Tisztelettel:

Budapest, 2016. február 15.



Dr. Leél-Össy Szabolcs  
egy. docens, kutatásvezető



Dr. Pálffy József  
akadémikus, tanszékvezető egyetemi tanár

## Vizsgálati jegyzőkönyv

Helyszín:	Aggteleki Nemzeti Park - Béke-barlang
Kataszteri száma:	5430-3
Státusza:	Fokozottan védett
Vizsgált bejárata:	Szomor-hegyi főbejárat (tszf. magassága: 338 m)
Teljes hossz:	7183 m
Vertikális kiterjedése:	97 m
Vizsgálat időpontja:	2015. július 18 - 19
Vizsgálati jegyzőkönyv száma:	058-STIEBER/31-07/2015
Vizsgálatot végezte:	Stieber József Vizsgálómérnök, Barlangi Kutatásvezető
Vizsgálatban részt vettek:	Dr. Leél Őssy Szabolcs, Barlangi Kutatásvezető Leél-Őssy Bea Leél-Őssy Réka Stieber Bence Stieber Balázs Stieber Maja Sztratiev Balázs

## 1. Az alkalmazott vizsgálati módszerek

- MSZ ISO 8756:1995 hőmérséklet, légnyomás és légnedvességi adatok rögzítése
- Légnedvesség számítása pszichrometriás adatokból MSZ 21451-2:1975
- MSZ 21853-19:1981 CO<sub>2</sub> mérése NDIR módszerrel

## 2. A vizsgálat során alkalmazott műszerek

Műszer megnevezése	Típusa	Gyári száma/ Azonosító száma	Mérési bizonytalanság	Mérés tartomány
Hőmérsékletmérő műszer	Chino Handy Logger	MR54Q019/ T- 1-010	± 0,65 °C	-200...+1370 °C
Barometrikus nyomás és környezeti hőmérsékletmérő műszer	GTD 1100 Altimeter/ Barometer	T-1-011	± 1,5 hPa ± 0,7 °C	300...1100 hPa -10...+50 °C
Levegő páratartalom és hőmérsékletmérő műszer	Testo 610	T-1-005	± 0,5 °C ± 2,5 % rH	-10...+50 °C 0...100 % rH
Levegő-, és infra felületi hőmérsékletmérő műszer	Testo 810	T-1-003	infra: ± 2,5 °C levegő: ± 0,5 °C	-30 ... +300 °C -10 ... +50 °C
Beszűrő hőmérsékletmérő műszer (150 mm)	GMH 3710	32403308	±0,03 °C	-199,99 ... +199,99 °C
CO <sub>2</sub> -mérőműszer	Testo 535	T-2-002	+ 3%	0...9999 ppm
Hődrótos légsebességmérő műszer	Testo 405-V1	T-1-004	± 0,1 m/s	0-10 m/s
PH és vezetőképesség mérő kéziműszer	Combo pH&EC	HI98129	±0,05 pH ± 2 %	0,00...14,00 pH 0...3999 µS/cm
Greisinger digitális barométer, hő- és páratartalom mérő	GFTB100	245/12-H	±0,1 °C ±1,5 %RH ±1,5mbar	-25,0°C...+70°C 0,0...100,0 %RH 10,0...1100,0 mbar
Will Lambrecht Pszichrométer	-	2251	±0,1 °C	-30 °C...+40°C

### 3. A vizsgálat alatt jellemző meteorológiai adatok

#### 3.1. Felszíni meteorológia (2015.07.18. 11:25)

T <sub>k</sub> [°C]	T <sub>d</sub> [°C]	T <sub>wb</sub> [°C]	rH [%]	Víz [g/kg]	aH [g/m <sup>3</sup> ]	p [hPa]	v [m/s]	CO <sub>2</sub> [ppm]
27,4	20,1	22,5	61,4	15,3	17,4	977,9	1,23	318
27,6*			63,7*				3,32*	322*

A táblázatban szereplő rövidítések magyarázata:

- T<sub>k</sub>: környezeti levegő hőmérséklete  
T<sub>d</sub>: környezeti levegő harmatpontja  
T<sub>wb</sub>: érzeti szélhőmérséklet  
rH: környezeti levegő relatív nedvessége  
Víz: környezeti levegő vízgőztartalma  
aH: környezeti levegő abszolút-nedvesség tartalma  
P: légköri nyomás, mint abszolút-nyomás  
v: szélesség átlagértéke  
CO<sub>2</sub>: környezeti levegő CO<sub>2</sub> tartalma  
\*: mért értékek maximuma

Megjegyzés:

Párás, napos, fátyolfelhős, enyhén szeles idő. Talaj hőmérséklet -100 mm-en: 16,90 °C.

#### 3.2. Felszíni meteorológia (2015.07.19. 11:30)

T <sub>k</sub> [°C]	T <sub>d</sub> [°C]	T <sub>wb</sub> [°C]	rH [%]	Víz [g/kg]	aH [g/m <sup>3</sup> ]	p [hPa]	v [m/s]	CO <sub>2</sub> [ppm]
26,4	19,6	22,6	63,6	13,2	14,8	975,1	0,75	288
26,5*			66,8*				2,15 *	295*

Derűs, napos, száraz, enyhén szeles idő. Talaj hőmérséklet -100 mm-en: 16,64 °C.

A vizsgálati időre jellemző felszíni meteorológiai adatokat a jósvafői meteorológiai állomás óránként rögzítette, melynek értékeit az I. számú melléklet tartalmazza.

#### 4. Léghorgalom a lezárt főbejáraton (barlangból a felszínre), a röptető nyíláson

	július 18.	július 19.
$T_k$ [°C]	24,8	24,9
$p$ [hPa]	978,1	975,3
$CO_2$ [ppm]	416	489
Víz [g/kg]	13,4	14,0
$\rho_{száraz}$ [kg/m <sup>3</sup> ] <sup>1</sup>	1,2932	1,2932
$\rho_{nedves}$ [kg/m <sup>3</sup> ] <sup>2</sup>	1,2829	1,2824
$v$ [m/s]	1,14	0,73
$A$ [m <sup>2</sup> ]	0,0338	0,0338
$Q_{nedves}$ [m <sup>3</sup> /h] <sup>3</sup>	122,76	78,48
$Q_{száraz}$ [m <sup>3</sup> /h] <sup>4</sup>	120,24	76,68

A táblázatban szereplő rövidítések magyarázata:

$T_k$ :	az áramló levegő hőmérséklete
Víz:	az áramló levegő vízgőztartalma
$p$ :	léggöri nyomás, mint abszolút-nyomás
$v$ :	az áramló levegő sebességének átlagértéke
$CO_2$ :	az áramló levegő $CO_2$ tartalma
$\rho_{száraz}$ [kg/m <sup>3</sup> ]:	az áramló levegő normál állapotra átszámolt száraz sűrűsége
$\rho_{nedves}$ [kg/m <sup>3</sup> ]:	az áramló levegő normál állapotra átszámolt nedves sűrűsége
$v$ :	az áramló levegő korrigálatlan sebessége
$A$ :	a röptető nyílás felülete
$Q_{nedves}$ [m <sup>3</sup> /h]:	az áramló levegő normál, nedves állapotra számolt térfogatárama
$Q_{száraz}$ [m <sup>3</sup> /h]:	az áramló levegő normál, száraz állapotra számolt térfogatárama

<sup>1</sup> A gáz normálállapotra (1013,25 mbar; 273,15 K) számolt száraz sűrűsége

<sup>2</sup> A gáz normálállapotra (1013,25 mbar; 273,15 K) számolt nedves sűrűsége

<sup>3</sup> A gáz normál (1013,25 mbar; 273,15 K), nedves állapotra számolt térfogatárama

<sup>4</sup> A gáz normál (1013,25 mbar; 273,15 K), száraz állapotra számolt térfogatárama

## 5. Pontszerű klimatológiai vizsgálatok

	Helyszínek						
	július 18.			július 19.			
	Nagytufa gát után	560 m-nél	Buzogány 1560 m	Nagytufa gát után	Felfedező-ág bejáratánál	560 m-nél	Buzogány 1560 m
	11:35	11:45	12:40	11:50	13:00	12:25	12:45
$T_{sz}$ [°C]	11,2	11,5	10,8	10,7	11,1	10,8	10,8
$T_n$ [°C]	10,9	11,3	10,8	10,5	10,8	10,6	10,8
rH [%]	93,6	97,8	100	97,7	96,6	97,7	100
Víz [g/kg]	8,3	8,5	8,3	8,1	8,2	8,1	8,3
CO <sub>2</sub> [ppm]	25970	28210	31090	26990	27240	28880	30050
$T_{víz}$ [°C]	-	-	10,04	-	-	-	10,08
A [m <sup>2</sup> ]	-	-	-	-	0,01	-	-
v [m/s]	-	-	-	-	0,04	-	-
$\rho_{száraz}$ [kg/m <sup>3</sup> ] <sub>5</sub>	1,3103	1,3118	1,3137	1,3110	1,3112	1,3123	1,3130
$\rho_{nedves}$ [kg/m <sup>3</sup> ] <sub>6</sub>	1,3036	1,3050	1,3070	1,3045	1,3046	1,3058	1,3063
$Q_{nedves}$ [m <sup>3</sup> /h] <sup>7</sup>	-	-	-	-	1,44	-	-
$Q_{száraz}$ [m <sup>3</sup> /h] <sup>8</sup>	-	-	-	-	1,44	-	-
p [hPa]	983,7	984,0	984,3	980,8	980,2	980,9	981,5
	A meder száraz	A meder száraz	$T_{talaj(-10cm)} = 10,05^\circ\text{C}$	A meder száraz $T_{talaj(-10cm)} = 9,93^\circ\text{C}$	Felfedező ágban a főágtól 5 m-re. A meder száraz. $T_{talaj(-10cm)} = 10,00^\circ\text{C}$	A meder száraz $T_{talaj(-10cm)} = 10,12^\circ\text{C}$	

<sup>5</sup> A gáz normálállapotra (1013,25 mbar; 273,15 K) számolt száraz sűrűsége

<sup>6</sup> A gáz normálállapotra (1013,25 mbar; 273,15 K) számolt nedves sűrűsége

<sup>7</sup> A gáz normál (1013,25 mbar; 273,15 K), nedves állapotra számolt térfogatárama

<sup>8</sup> A gáz normál (1013,25 mbar; 273,15 K), száraz állapotra számolt térfogatárama



**Egyéb vízhőmérsékleti adatok:**

- Nagytufa-gát bal oldali időszakos vízfolyása (07.18)	Tvíz: a meder száraz
- Nagytufa-gát bal oldali időszakos vízfolyása (07.19)	Tvíz: a meder száraz
- Nagytufa-gát vízmedencéjében (07.18)	Tvíz: a meder száraz
- Nagytufa-gát vízmedencéjében (07.19)	Tvíz: a meder száraz
- Felfedező-ágból kifolyó mellékpatak vize (07.18)	Tvíz: a meder száraz
- Felfedező-ág előtt a patak vize (07.18)	Tvíz: a meder száraz
- Felfedező-ág után a patak vize (07.18)	Tvíz: a meder száraz
- Felfedező-ágból kifolyó mellékpatak vize (07.19)	Tvíz: a meder száraz
- Felfedező-ág előtt a patak vize (07.19)	Tvíz: a meder száraz
- Felfedező-ág után a patak vize (07.19)	Tvíz: a meder száraz
- Öttufa-gát folyóvize (07.18)	Tvíz: a meder száraz
- Öttufa-gát folyóvize (07.19)	Tvíz: a meder száraz
- Öttufa-gát után a lassú folyóvíz (07.18)	Tvíz: 10,53 °C
- Öttufa-gát után a lassú folyóvíz (07.19)	Tvíz: 10,56 °C

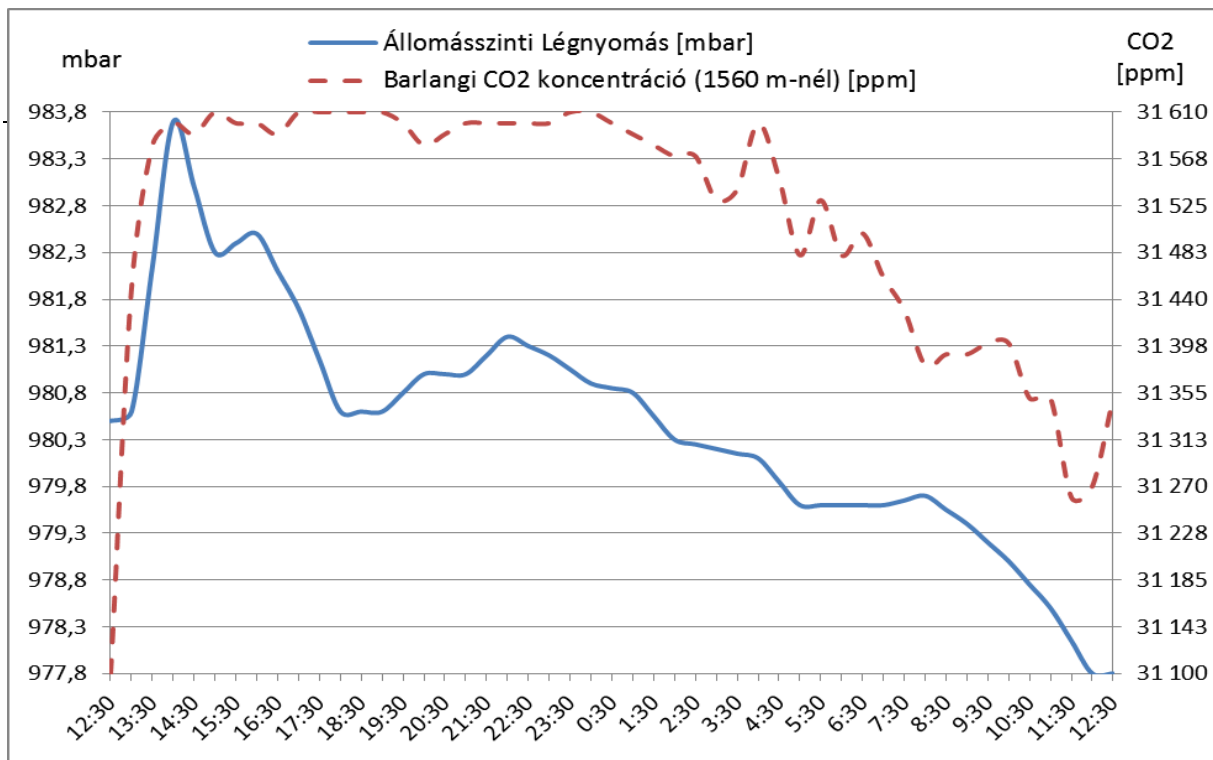
A táblázatban szereplő rövidítések magyarázata:

Tsz:	a barlangi levegő száraz hőmérséklete
Tn:	a barlangi levegő nedves hőmérséklete
rH:	a barlangi levegő Tsz és Tn-ből számított relatív nedvessége
Víz:	a barlangi levegő vízgőztartalma
p:	légtörési nyomás, mint abszolút-nyomás
v:	az áramló levegő sebességének átlagértéke
CO <sub>2</sub> :	a barlangi levegő CO <sub>2</sub> tartalma
$\rho_{\text{száraz}}$ [kg/m <sup>3</sup> ]:	a barlangi levegő normál állapotra átszámolt száraz sűrűsége
$\rho_{\text{nedves}}$ [kg/m <sup>3</sup> ]:	a barlangi levegő normál állapotra átszámolt nedves sűrűsége
v:	az áramló levegő korrigálatlan sebessége
A:	a mérőperemen kialakított nyílás felülete
Q <sub>nedves</sub> [m <sup>3</sup> /h]:	az áramló levegő normál, nedves állapotra számolt térfogatárama
Q <sub>száraz</sub> [m <sup>3</sup> /h]:	az áramló levegő normál, száraz állapotra számolt térfogatárama
Tvíz:	a barlangi patak vízhőmérséklete

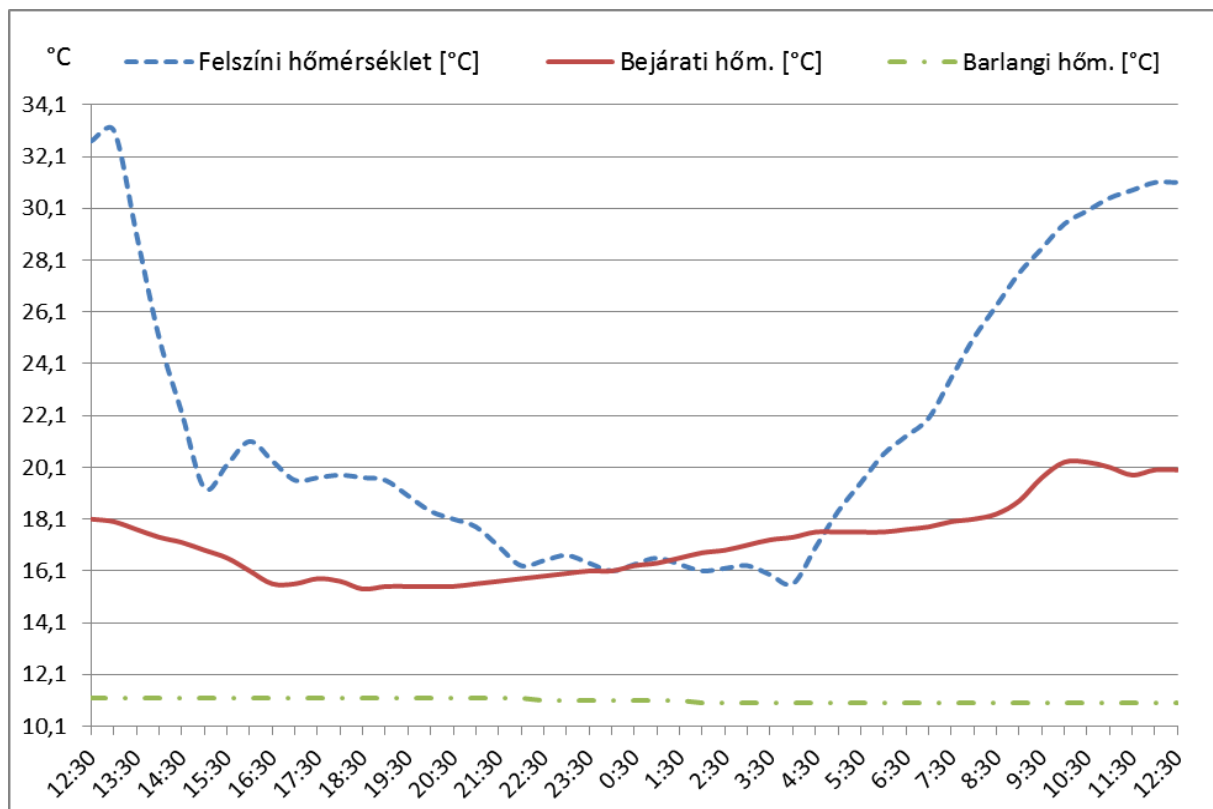
**6. Hőmérséklet és CO<sub>2</sub> loggerelés 1560 m-nél a Buzogánynál elhelyezett mérőállomáson**

Dátum	Idő	T <sub>k</sub> [°C]	CO <sub>2</sub> [ppm]
júl.18	12:30	11,2	31100
júl.18	13:00	11,2	31450
júl.18	13:30	11,2	31580
júl.18	14:00	11,2	31600
júl.18	14:30	11,2	31590
júl.18	15:00	11,2	31610
júl.18	15:30	11,2	31600
júl.18	16:00	11,2	31600
júl.18	16:30	11,2	31590
júl.18	17:00	11,2	31610
júl.18	17:30	11,2	31610
júl.18	18:00	11,2	31610
júl.18	18:30	11,2	31610
júl.18	19:00	11,2	31610
júl.18	19:30	11,2	31600
júl.18	20:00	11,2	31580
júl.18	20:30	11,2	31590
júl.18	21:00	11,2	31600
júl.18	21:30	11,2	31600
júl.18	22:00	11,2	31600
júl.18	22:30	11,1	31600
júl.18	23:00	11,1	31600
júl.18	23:30	11,1	31610

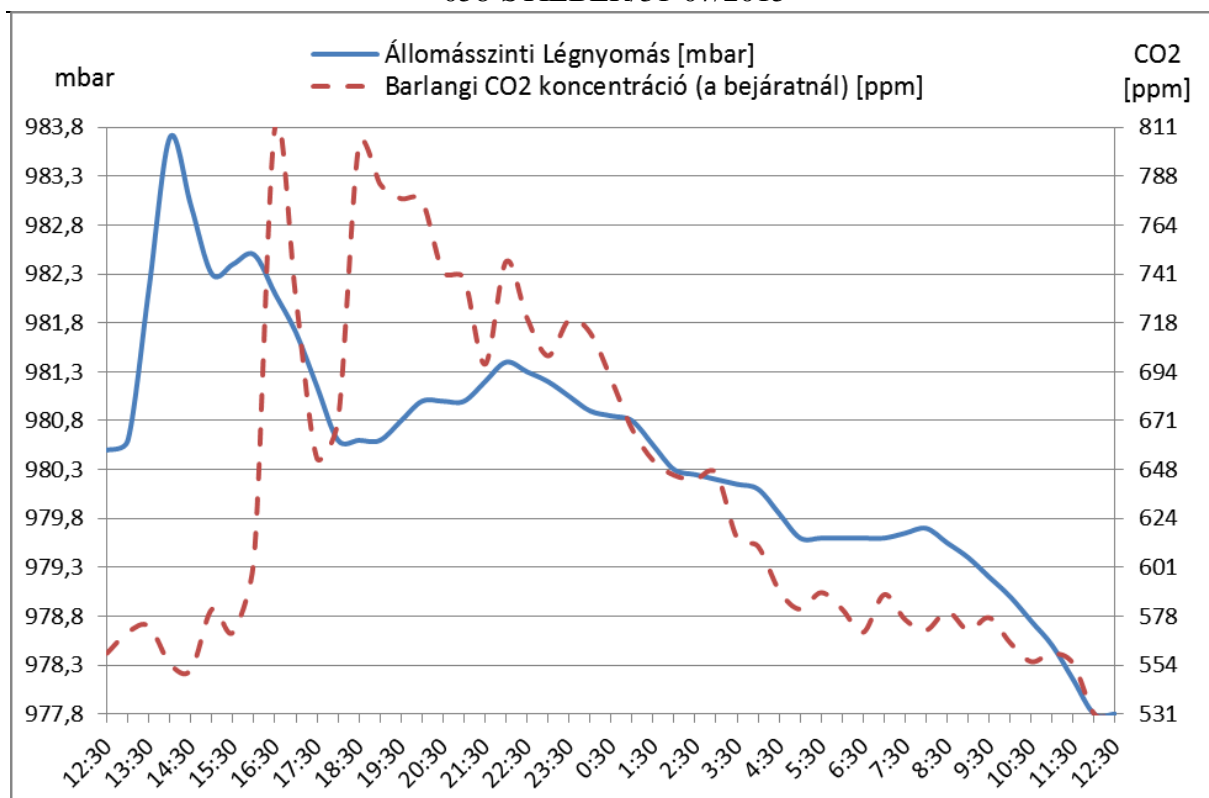
Dátum	Idő	T <sub>k</sub> [°C]	CO <sub>2</sub> [ppm]
júl.19	0:00	11,1	31610
júl.19	0:30	11,1	31600
júl.19	1:00	11,1	31590
júl.19	1:30	11,1	31580
júl.19	2:00	11,0	31570
júl.19	2:30	11,0	31570
júl.19	3:00	11,0	31530
júl.19	3:30	11,0	31540
júl.19	4:00	11,0	31600
júl.19	4:30	11,0	31550
júl.19	5:00	11,0	31480
júl.19	5:30	11,0	31530
júl.19	6:00	11,0	31480
júl.19	6:30	11,0	31500
júl.19	7:00	11,0	31460
júl.19	7:30	11,0	31430
júl.19	8:00	11,0	31380
júl.19	8:30	11,0	31390
júl.19	9:00	11,0	31390
júl.19	9:30	11,0	31400
júl.19	10:00	11,0	31400
júl.19	10:30	11,0	31350
júl.19	11:00	11,0	31350
júl.19	11:30	11,0	31260
júl.19	12:00	11,0	31270
júl.19	12:30	11,0	31350



1. ábra A felszíni és felszín alatti hőmérséklet alakulása (a barlang bejáratánál és a barlang belsejében 1560 m-nél)



2. ábra A felszíni légnnyomás és a barlangi CO<sub>2</sub> összefüggése (1560 m-nél a mérőállomáson)



**3. ábra** A felszíni légnyomás és a barlangi CO<sub>2</sub> összefüggése (a bejáratnál)

## 7. Vízkémiai vizsgálatok

Helyszín	Dátum	Idő	T <sub>m</sub> [°C]	pH	Vez. kép. [μS/cm]	NK°	oa [mg/l]
Nagy-tufagát után csepegővíz gyűjtő	júl. 19.	12:00	10,06	7,39	458	16	160
Nagy-tufagát bal oldali vízbefolyás	a meder száraz						
Nagy-tufagát után csepegővíz friss	júl. 19.	11:55	10,04	7,35	728	26	260
Nagy-tufagát után folyóvízből	a meder száraz						
560 méternél folyóvízből	a meder száraz						
560 méternél csepegővíz friss	júl. 19.	12:15	10,54	7,48	529	20	200
1560 m, Buzogány csepegővíz gyűjtő	júl. 18.	12:55	10,15	7,41	636	23	230
1560 m, Buzogány csepegővíz friss	júl. 18.	12:50	10,76	7,52	601	22	220
1560 m, Buzogány folyóvízből	júl. 18.	12:45	10,04	7,72	501	26	260

A táblázatban szereplő rövidítések magyarázata:

T <sub>m</sub> :	az elemzendő vízminta hőmérséklete
pH:	a vízminta pH értéke
Vez.kép:	a vízminta elektromos vezetőképessége (oldott ion tartalma)
NK:	a vízminta összes-keménysége Német-keménységi fokban
oa:	a vízmintában oldott Ca és Mg anyag tartalma mg/l-ben

**Jelen vizsgálati jegyzőkönyv a STIEBER Környezetvédelmi Kft. írásbeli engedélye nélkül csak teljes terjedelmében másolható le, illetve használható fel.**

A vizsgálati jegyzőkönyvet készítette:

Bukri Gergely  
Vizsgálómérnök

A vizsgálati jegyzőkönyvet ellenőrizte:

Stieber József  
Ügyvezető Igazgató  
Vizsgálómérnök, barlangi kutatásvezető  
barlangklimatológus-szakértő

Budapest, 2015. július 31.

**I. sz. melléklet – Meteorológiai adatok a vizsgálati időre (2015.07.18-19)**

Állomás helye: Jósvafő

Tengerszint feletti magassága: 305 m

Távolság a barlangtól (légvonalban): ~6km

<b>Dátum</b>	<b>Hőmérséklet °C</b>	<b>Harmatpont °C</b>	<b>Állomásszinti Légnyomás hPa</b>
2015. 07. 18. 0:00	17,8	16,8	982,1
2015. 07. 18. 1:00	18,5	17,0	982,0
2015. 07. 18. 2:00	17,9	17,3	982,0
2015. 07. 18. 3:00	17,2	16,4	981,6
2015. 07. 18. 4:00	16,5	16,2	982,2
2015. 07. 18. 5:00	17,4	17,1	982,2
2015. 07. 18. 6:00	20,5	17,9	982,5
2015. 07. 18. 7:00	23,7	17,4	982,4
2015. 07. 18. 8:00	25,6	18,0	982,3
2015. 07. 18. 9:00	28,4	18,2	982,2
2015. 07. 18. 10:00	30,1	16,9	981,9
2015. 07. 18. 11:00	31,2	17,5	981,3
2015. 07. 18. 12:00	32,7	15,2	980,5
2015. 07. 18. 13:00	33,1	14,7	980,6
2015. 07. 18. 14:00	25,1	15,4	983,7
2015. 07. 18. 15:00	19,3	16,9	982,3
2015. 07. 18. 16:00	21,1	15,2	982,5
2015. 07. 18. 17:00	19,6	16,1	981,7
2015. 07. 18. 18:00	19,8	17,2	980,6
2015. 07. 18. 19:00	19,6	16,8	980,6
2015. 07. 18. 20:00	18,4	16,0	981,0
2015. 07. 18. 21:00	17,8	15,4	981,0

## 058-STIEBER/31-07/2015

2015. 07. 18. 22:00	16,3	15,0	981,4
2015. 07. 18. 23:00	16,7	14,7	981,2
2015. 07. 19. 0:00	16,1	14,8	980,9
2015. 07. 19. 1:00	16,6	14,1	980,8
2015. 07. 19. 2:00	16,1	14,1	980,3
2015. 07. 19. 3:00	16,3	13,8	980,2
2015. 07. 19. 4:00	15,6	14,1	980,1
2015. 07. 19. 5:00	18,4	15,8	979,6
2015. 07. 19. 6:00	20,6	16,4	979,6
2015. 07. 19. 7:00	22,0	15,1	979,6
2015. 07. 19. 8:00	25,1	14,6	979,7
2015. 07. 19. 9:00	27,6	15,6	979,4
2015. 07. 19. 10:00	29,5	13,7	979,0
2015. 07. 19. 11:00	30,5	15,0	978,5
2015. 07. 19. 12:00	31,1	14,3	977,8
2015. 07. 19. 13:00	31,7	16,4	977,2
2015. 07. 19. 14:00	32,3	14,0	976,5
2015. 07. 19. 15:00	32,2	14,4	975,8
2015. 07. 19. 16:00	31,6	14,7	975,4
2015. 07. 19. 17:00	30,9	15,3	974,7
2015. 07. 19. 18:00	26,8	16,7	974,5
2015. 07. 19. 19:00	24,2	17,0	974,7
2015. 07. 19. 20:00	23,2	16,7	974,8
2015. 07. 19. 21:00	23,2	17,4	974,7
2015. 07. 19. 22:00	22,9	17,6	974,7
2015. 07. 19. 23:00	21,7	18,3	974,1



# Megváltozott vagy csak visszaváltozott a Béke-barlang klímája?

Stieber József (1) - Dr. Leél-Őssy Szabolcs (2)

<sup>1</sup>STIEBER Környezetvédelmi Kft., 1181 Budapest, Nyerges u. 6., [stieber@stieber.hu](mailto:stieber@stieber.hu)

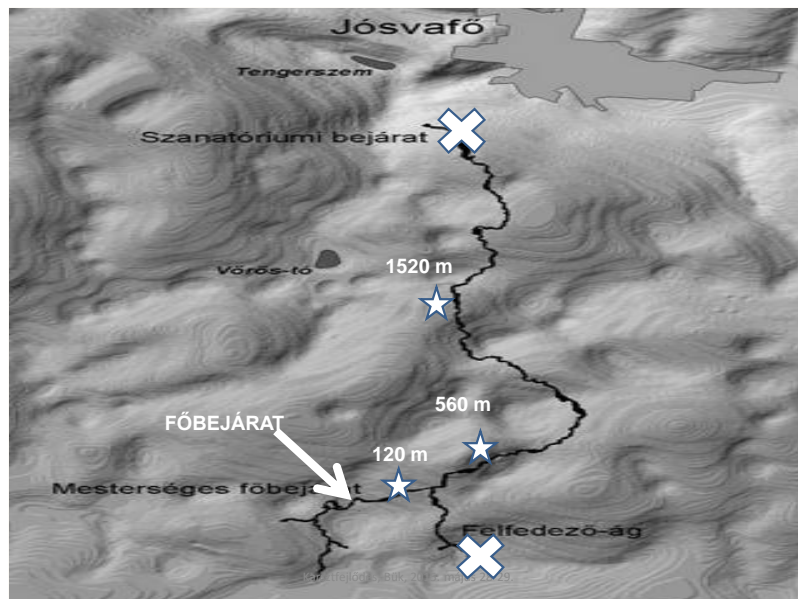
<sup>2</sup>ELTE-TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C; [losz@geology.elte.hu](mailto:losz@geology.elte.hu)

A kutatók OTKA -101 664 sz. pályázat keretében 2013 januárja óta havi rendszerességgel végeznek klimatológiai és vízkémiai vizsgálatokat a Béke-barlangban. 2010 nyarán beomlott a barlang "Felfedező-ágának" bejárata, majd 2013 februártól eltömődött a barlang végponti szifonja, így a 3 ismert bejáratból 2015 májusáig csak a "Főbejáraton" keresztül történt légforgalom. A Felfedező-ág 2015 tavaszán történt kitakarítását követően érzékelhető huzat jelent meg, majd néhány órán belül megtörtént a légnyomás-különbség kiegyenlítődése és a huzat leállt. Tekintettel a Felfedező-bejárat és a Lépcsős-bejárat közel azonos tengerszintfeletti magasságára, nem tud kialakulni akkora légforgalom, mely a barlangot átszellőztetné. A hőmérsékleti- és páratartalom-értékek az elmúlt 50 évben nem változtak, azonban a beszivárgással bejutó szén-dioxid már nem tud kiszellőzni a barlangból, koncentrációja évszakos változást mutat (szorosan korrelálva a felszínre hulló csapadék mennyiségével), mivel a beszivárgó víz szén-dioxid tartalma határozza meg a feldúsulás mértékét. A koncentráció a "Fő-ágban" befelé haladva folyamatosan emelkedik, és meghaladja a korábbi értékek tízszeresét, mely denevér-pusztulásokat, denevér populáció drasztikus csökkenését, a cseppkőképződés folyamatának lelassulását, a cseppkődegradáció felgyorsulását és a barlang látogatásának valamint gyógyászati célú hasznosításának korlátozását eredményezi. A hőmérséklet különbség hatására a kőzetrepedéseken is megindul némi légcseré, de jellemzően a szén-dioxid koncentrációja havi szinten a csapadékkal, napi szinten a légnyomással mutat szoros korrelációt. Korábbi adatokkal összevetve megállapítjuk, hogy a Béke-barlang állapota visszaváltozott a felfedezés évének állapotára, de a szén-dioxid koncentrációja sokkal magasabb lett. Mivel a szifon eltömődése és a kialakult vízszint tartósnak bizonyul, így az elmúlt 50 évben megszokott klíma állapot már csak mesterséges beavatkozás (drain-csővezés, meder-mélyítés, vízelvezetés) következtében állhat vissza.

## 1. Bevezetés

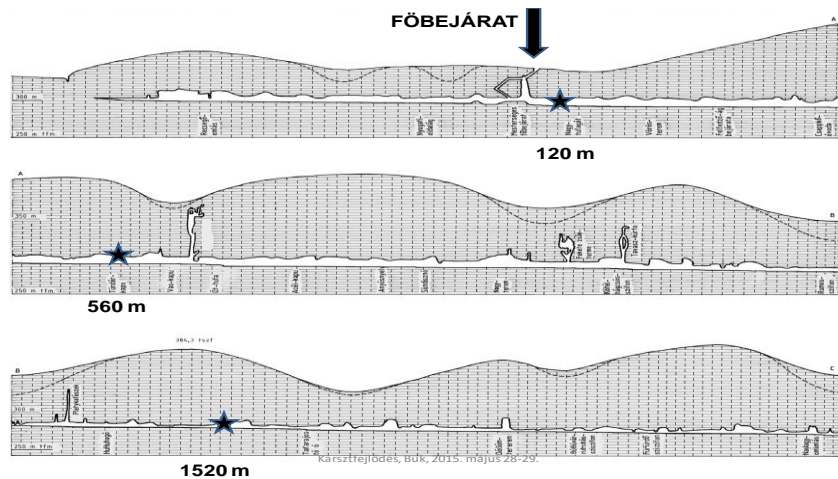
2013 januárja óta havi rendszerességgel végzünk vízkémiai és klimatológiai vizsgálatokat 2 napon keresztül a Béke-barlangban, melynek keretében 1520 m-nél („Buzogány”) szén-dioxid loggert helyezünk el 24 órára. Munkánkat az elnyert OTKA- 101 664 sz. „Hazai szárazföldi karbonátképződmények komplex geokémiai, paleoklimatológiai és tektonikai vizsgálata” pályázat (témafelelős: Demény Attila) keretében, az ÉMIKTF 5232-10/2012 sz. kutatási engedélye alapján az ANPI, mint vagyonkezelő hozzájárulásával és útmutatása alapján végezzük. A 2013. év első felében lezajlott olvadás, majd eső következményében a barlangban árvizek uralkodtak, a Jósvafői „Margitics-szifon” vízzel elzáródott, és (már

korábban) a „Felfedező-ág” felszínre nyíló aknája is beomlott. Az „MKBT-terem” teljes egészében víz alá került, a túlfolyó víz pedig a „Zoltán-terem” vízgyűjtő-csővén keresztül talált utat a szabadba (3.-4.-5. sz. ábra). Az árvizekkel együtt kritikus szén-dioxid emelkedés mutatkozott, mely több órás barlangtúrák alatt akár mérgezést is okozhat. A kockázat miatt az Aggteleki Nemzeti Park Igazgatósága a barlang látogatását 2013 májusától felfüggesztette. A probléma jelenleg is fenn áll.



1. ábra: A Béke-barlang ma ismert bejáratainak és barlangjáratainak ábrázolása a vizsgálati helyszínek megjelölésével.

*The Peace Cave now known cave entrance and flights representation of the test sites is acknowledged.*



2. ábra: A Béke-bg. hossz-szelvénye, a felszíni domborzat ábrázolásával és a mintavételi helyszínek megjelölésével (SZUNYOGH-KISBÁN, 2004)

*The Peace Cave longitudinal section, surface topography and the depiction of the sampling sites identified.*



3. ábra: A sötétített terület a „Margitics-szifon” környékén a Komlós-patak visszaduzzadt szintjét mutatja, melyben az „MKBT-terem” és a „Margitics-szifon” víz alá került. A jobb oldali nyilak az elfolyás irányát mutatják a „Zoltán-terem” gyűjtő csövén keresztül a szabadba.

*The shaded area around the "Margitics-trap" shows the level of Komlós stream, in which the "MKBT room" and under "Margitics-siphon" has been water. The right arrow shows the direction of the run-off through a "Zoltán room" manifold to the outside.*



A Zoltán-teremből túlfolyó víz ebbe a gyűjtő-csőbe távozik



4. és 5. ábra: Víz alatt az „MKBT-terem” és a túlfolyó víz 30 cm-el lepi el a ”Zoltán-terem” padlószintjét, mely a terem sarkában kialakított túlfolyó-csővön keresztül távozik.

*Under the Water "MKBT room" and the overflow water 30 cm swarming the "Zoltán room" floor level, which is expelled through a corner of the room with overflow pipe.*

### **A barlang ma ismert bejáratai és a vizsgálati helyszínek bemutatása**

A barlangot 1952. augusztus 4.-én az Aggteleki „Bibic-töbörben”, 321 m tszf. magasságban, a „Felfedező-ágon” keresztül nyitotta meg Jakucs László, mely korábban el volt zárva a külvilágtól (JAKUCS, 1959). Jakucs Lászlónétól (szóbeli közlés, 2015) tudjuk, hogy a napjainkban használt, az aggteleki „Szomor-hegy” oldalában, 338 m tszf.- nyíló „Lépcsős-bejárat” elődje a „Pokol-szakadékára” vezető létra volt, mely 1953-ban lett kibontva. Az 1954-ben kiépített „Lépcsős-bejárat” mai napig megőrizte formáját és zárt állapotban rajta 10 x 10 cm-es denevér-röptetőnyíláson keresztül történik a légcsere. 2015 májusában a denevér-röptető nyílást a kétszeresére tágították. A Jósavfői „Kő-horog” oldali, 271 m tszf. magasságban nyíló „Terápiás-bejáratot” 1964-ben építették ki (KERÉNYI *et al.*, 1966). Az ajtó tömör, de környezetében több nyíláson keresztül is biztosítva van a légforgalom. Boldogh Sándortól (ANPI) tudjuk (szóbeli közlés, 2015), hogy a „Felfedező-ág” felső szakasza 2010-ben omlott be, így azon levegő attól kezdve már nem áramlott át. A bejárat kitisztítása csak 2015 tavaszán történt meg. A „Margitics-szifon” eltömődésével a „Terápiás-bejárat” légforgalma is megszűnt, mindkettőt kereszttel jelöltük az *1. sz. ábrán*. Vizsgálatunk időszakában a barlangot a „Lépcsős-bejáraton” keresztül értük el, vizsgálati helyszíneinket pedig a „Lépcsős-bejárat” alatti lépcsőház „Fő-ágba” csatlakozásától számított távolságok szerint azonosítottuk: 120 m-nél, 560 m-nél és 1520 m-nél (*1. és 2. sz. ábra*).

## 2. Alkalmazott vizsgálati módszer bemutatása:

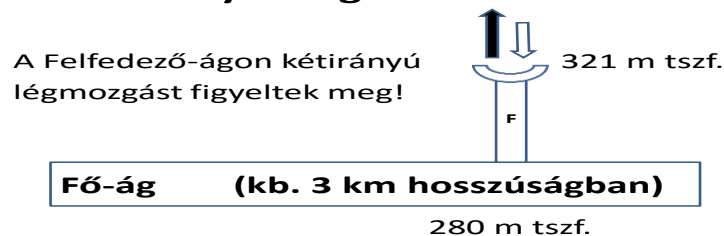
A vizsgálatokat 32 hónapon keresztül, havi rendszerességgel, 2 egymás utáni napon végeztük, 4 mintavételi helyszínen és a felszínen. A meteorológiai adatokat az OMSZ által rögzített Jósvafői mérőállomásról óránként, a bejárati légforgalom fizikai jellemzőit naponta egyszer, a klíma-paramétereket 120 m-nél és 560 m-nél naponta egyszer, míg a bejáraton átáramló levegő és az 1520 m-nél megtalálható barlangi levegő szén-dioxid tartalmát 24 órán keresztül percenként regisztráltuk. A szén-dioxid koncentráció mérésére NDIR módszert alkalmaztunk, a bejáratnál diffúz kamrával, míg 1520 m-nél extraktív mintavétellel. Mindkét műszer belső memóriával rendelkezett az adatok tárolására.

## 3. Eredmények

### Tények a barlang légkörezésével kapcsolatban

A Béke-barlang 1952. augusztus 4.-éig el volt zárva a külvilágtól. 1952-1953 között csak a „Felfedező-ágat” ismerték, ezen keresztül a levegő kétirányú mozgását tapasztalták (*JAKUCS, 1953 és 1959*). 1953-ban megnyílt a jelenleg használt „Lépcsős-bejárat” (a mai főbejárat), így a levegő már a két bejárat között is áramolhatott. 1964-től nyílt meg a „Terápiás-bejárat”, így a barlangi levegő a „Fő-ágon” keresztül is mozoghatott (*KERÉNYI et al., 1966*). A 6. sz. ábrán a barlang áramlási modelljét mutatjuk be, 1952-1953 között, téli-nyári légkörezés alatt.

### Áramlási modell 1952-1953 között, téli-nyári légkörezés alatt



6. ábra: 1952-1953 között télen a hideg-levegő beáramlott a „Felfedező-ágon”, majd a barlangban felmelegedve a bejárati szelvény felső harmadában kifelé távozott. Nyáron a meleg-levegő a bejárati szelvény felső harmadában lépett be, majd lehűlve az alsó harmadban, kifelé távozott.

*Between 1952-1953 the winter and cold air flowed into the "Explorer-side" and then warmed up in a cave in the upper third of the front section left out. In summer the hot air in the upper third of the front section came in and then getting cold in the lower third, it went out.*

### **Klíma-adatok az 1952-1953 közötti időszakból**

Jakucs László több művében említi, hogy a barlangi patak hőmérséklete 9 °C volt (*JAKUCS, 1953 és 1959*). A léghőmérsékletet 10 – 12 °C között, a relatív nedvességet 95 - 100% között észlelte (*KERÉNYI et al., 1966*). A barlangi levegő szén-dioxid tartalmára ebből az időszakból sajnos semmilyen adat nem áll rendelkezésre. A Felfedező-ág kibontásakor 4 m/s huzatot mért egy pihe és egy stopperóra segítségével (*JAKUCS, 1953*).

A barlangi szén-dioxid koncentrációra 1953-ig csak közvetett adatokból tudunk következtetni. A Béke-barlang felfedezéséről szóló könyvből (*JAKUCS, 1953*), és az egykori kutatóktól tudjuk, hogy hosszabb idejű lent tartózkodás alatt sem jelentkeztek a szén-dioxid ismert tünetei (fejfájás, gyengeség, szapora légzés...stb.). Karbidlámpáik fényét nem találták narancssárgásnak vagy kormozónak, még a végponton sem, vagyis a szén-dioxid tartalom bizonyosan 2 tf. % (20000 ppm) alatt volt.

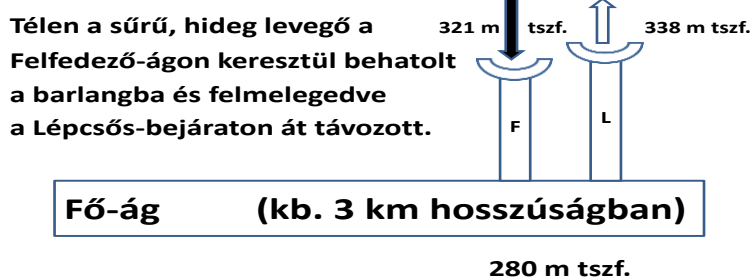
### **Klíma-adatok az 1953-1964 közötti időszakból**

A Béke-barlang gyógyhatásának hasznosítása című kéziratban olvashatjuk, hogy a kutatók a léghőmérséklet éves átlagát 10,44 °C-ra, a relatív nedvesség éves átlagát 99,9 %-ra mérték. A barlangi levegő szén-dioxid tartalmának éves átlagértékét 1959-ben 0,3 tf. % (3000 ppm), 1961-ben 0,08 tf. % (800 ppm), 1962-ben 0,06 tf. % (600 ppm)-ben határozták meg (*KERÉNYI et al., 1966*).

Fontos itt megemlíteni Jakucs László észrevételeit a barlangi szén-dioxiddal kapcsolatban: „Megjegyezzük, hogy 1961 és 1962 száraz időjárású években találtunk alacsonyabb széndioxid-tartalmat, amikor a barlangban nem folyt a patak, mintegy igazolva Cauer vizsgálatát, mely szerint a barlangban döntően a patak vize a széndioxid-szállító.”

Az 1953-1964 közötti téli rekonstruált áramlási modellt a 7. sz. ábrán mutatjuk be. Ezen időszakban, nyári légkörczés esetén a légáramlás iránya fordított volt. Meg kell említenünk, hogy a „Fő-ág” és a felszín között kb. 40 m a szintkülönbség, mely a „Felfedező-ág” és a „Lépcsős-bejárat” esetében is jelentős un. kéményhatást eredményez. Az áramlás alapja a két bejárat közötti 17 m szintkülönbség, mely jelentős nyomás és sűrűségkülönbséggel jár együtt.

## Áramlási modell 1953-1964-között, téli légkörvzés esetén



7. ábra: 1953-1964 közötti téli rekonstruált áramlási modell bemutatása.

*Presentation of winter flow model reconstructed from 1953 to 1964.*

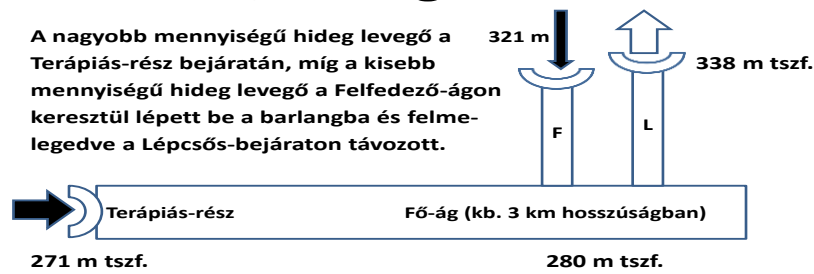
### Klíma adatok az 1964-2013 közötti időszakból

Jakucs László mérései alapján (1965) tudjuk, hogy a léghőmérséklet a „Lépcsős-bejárat” alatt a „Fő-ágban” 10,4 °C, míg a „terápiás-részben” 10,9 °C volt. A relatív nedvességet a barlang teljes területén 95 - 100 % között észlelte. A szén-dioxid tartalmat a „Lépcsős-bejárat” alatt a „Fő-ágban” 0,12 tf. % (1200 ppm), míg a „terápiás-részben” 0,14 - 0,38 tf. % (1400-3800 ppm) mérte (KERÉNYI *et al.*, 1966).

Stieber József a fokozottan védett barlangok állapot-felvételezése kapcsán a Béke-barlang klímaadatait 2000-ben és 2010-ben újra megmérte és átszámolta. A barlangi levegő hőmérsékletét 9,4 - 10,2 °C között mérte, a relatív nedvesség-tartalmat 98 %-os átlagértékben határozta meg. A barlangi szén-dioxid tartalmat több ponton történő mérés alapján 0,2 tf. % (2000 ppm) átlagértékben rögzítette (a „terápiás-részben” 0,3 tf. % (3000 ppm)-et mutatott ki).

Az 1964-2013 közötti téli rekonstruált áramlási modellt a 8. sz. ábrán mutatjuk be. Ezen időszakban, nyári légkörvzés esetén a légáramlás iránya fordított volt.

## Áramlási modell 1964-2013- között, téli légkörzés esetén



8. ábra: 1964-2013 közötti téli rekonstruált áramlási modell bemutatása.

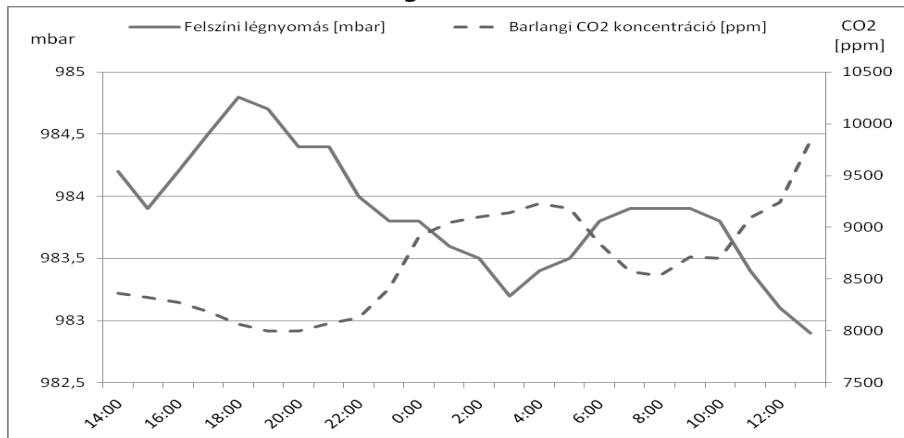
*Presentation of winter flow model reconstructed between 1964-2013.*

### A barlang légkörzésének megváltozása

2013 januárjában még száraz időszakban kezdtük meg vizsgálatainkat, a 2012 őszén 2 alkalommal elvégzett elővizsgálatok eredményeire támaszkodva. Az elővizsgálatokon kiválasztott helyszíneken a barlang klímájában (különösen szén-dioxid viszonyaiban) a korábbi évtizedek eredményeit tapasztaltuk. Változás az eredményekben a nagymennyiségű csapadék lehullásával párhuzamosan volt tapasztalható, amikor 2013 februárjában elvégzett vizsgálatunk alkalmával a „Buzogánynál” (1520 m-nél) 8000 – 10000 ppm (0,8 - 1,0 tf. %) körüli értékeket regisztráltunk, melyek ötszörösen meghaladták a korábban itt mért adatokat. Ekkor még bizonyosan nyitva lehetett a „Margitics-szifon”, mert a felszíni légnyomás változásait 3 órás késéssel követte a szén-dioxid koncentráció változása (9. sz. ábra).



2013.02.25-26.-án 24 óra alatt rögzített CO<sub>2</sub> értékek, melyek 3 órás késleltetéssel követik a felszíni légnyomás ingadozásait. A CO<sub>2</sub> maximuma ötszöröse a barlangban általában mérhető átlagértékeknek.

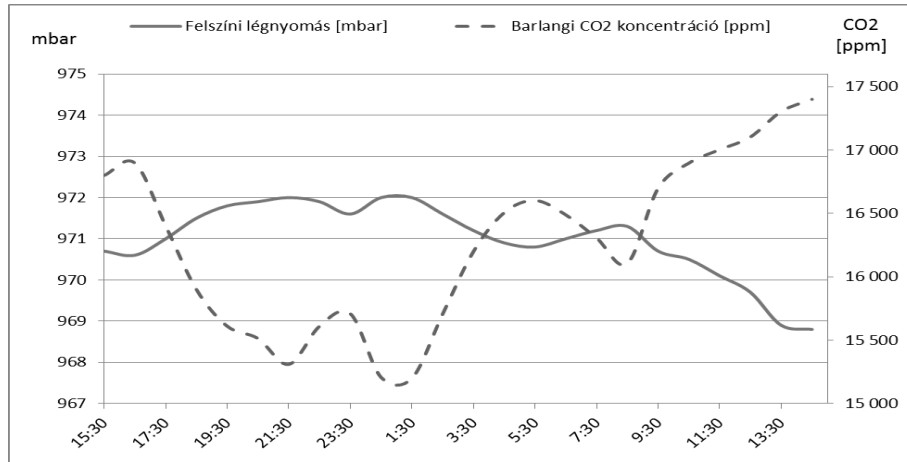


9. ábra: A barlangi levegő szén-dioxid értékeinek változására a felszíni légnyomás-változása még közvetlen hatással bírt 2013 februárjában a „Buzogánynál” (1520 m-nél).

*The cave air of carbon dioxide changes in the values of surface air pressure changes have had a direct effect in February 2013, "Buzogány" (1520 m).*

2013 márciusában elvégzett vizsgálatunk alkalmával tapasztaltuk először, hogy a „Buzogánynál” (1520 m-nél) a felszíni légnyomás változása már csak 12 órás késéssel fejtette ki hatását a regisztrált szén-dioxid koncentrációra. Mindkét oldalon nyitott barlang esetében ez nem, – vagy max. 1-2 órás késleltetéssel - tapasztalható. A barlangban mért téli szén-dioxid-koncentráció értékei sokszorosára emelkedtek a korábban mért értékeknek (10. sz. ábra). Ebben az időszakban a 120 m-nél és az 560 m-nél mért szén-dioxid koncentrációkban nem mutattunk ki jelentős emelkedést, vagyis a lejtésviszonyoknak megfelelően a szén-dioxid a végpont felé vándorolt, légmozgás hiányában ott gyűlt össze és ott koncentrált. A szén-dioxid értékek a „Buzogánynál” (1520 m-nél) meghaladták a 20000 ppm-et (2,0 tf. %-ot), a végpont felé haladva valószínűleg ennél jóval magasabb értékeket mérhettünk volna. Az eredmények bebizonyították számunkra, hogy a „Margitics-szifon” eltömődött, az emelkedő vízszint pedig feltöltötte az „MKBT-terem” felé vezető átjárót, elzárva a levegő útját. A barlang zsákszerűvé változott, ahol a szén-dioxid fokozatos emelkedésére lehet számítanunk.

2013.03.20-21.-én 24 óra alatt rögzített  $\text{CO}_2$  értékek, melyek már nem követik a felszíni légnyomás ingadozásait. A  $\text{CO}_2$  maximuma megközelíti a 2 tf%-ot, melyben lehült testtel kritikus a mozgás.



10. ábra: 2013 márciusában a barlangi levegő szén-dioxid értékeinek változása 12 óra késleltetéssel követte a felszíni légnyomás-változását a „Buzogánynál” (1520 m-nél)

*In March 2013 the change in the cave air of carbon dioxide values 12 hours delay following the change in surface air pressure "Buzogány" (1520 m)*

Új áramlási modellt kellett felállítanunk, mivel a 3 bejáratból ismét csak 1, a „Lépcsős-bejárat” maradt nyitva. A vízszint és a beszivárgás mennyisége is fokozatosan emelkedett, akárcsak az általuk bejuttatott szén-dioxid mennyisége a barlangban. Az új áramlási modellt a téli légközítésre éppen úgy, mint a várható nyári légközítésre is megszerkesztettük (11.- 12. sz. ábra).

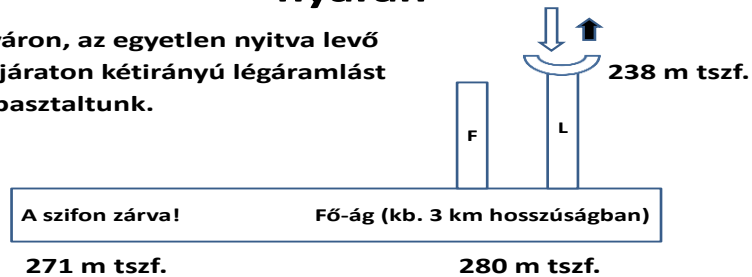
## Új áramlási modell jelent meg 2013 telén

A kőzetrepedéseken beáramló kismennyiségű hideg levegő felmelegedve, a kéményhatás törvényszerűségeinek megfelelően a Lépcsős-bejáraton keresztül távozik.



## Új áramlási modell jelent meg 2013 nyarán

Nyáron, az egyetlen nyitva levő bejáraton kétirányú légáramlást tapasztaltunk.

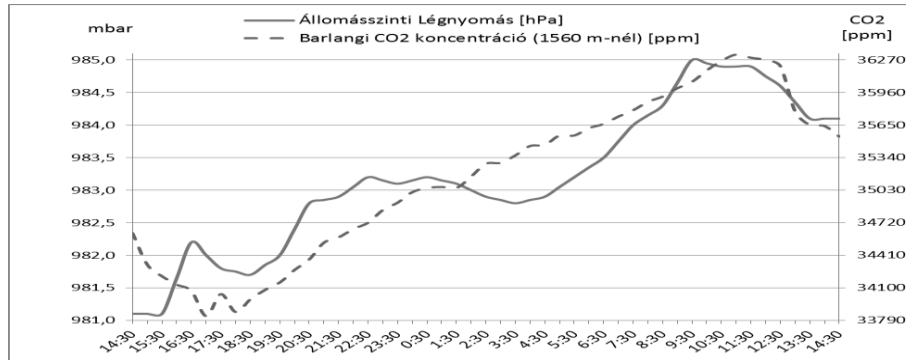


11. - 12. ábra: A 2013 márciusában felállított új téli légkörzési modell és az abból levezetett nyári légkörzési modell bemutatása

*The new winter atmosphere-life model set up in March 2013 and the summer atmosphere derived from life models Presentation*

2013 nyarán a tartósan barlangi levegő hőmérséklete fölött maradó felszíni hőmérséklet hatására a „Lépcsős-bejáraton” kifelé áramlott a barlangi levegő, melynek mennyiségét a felszíni légnyomás is erőteljesen szabályozta. A beszivárgó és a bent rekedt víz mennyisége egyaránt elérte a maximumot, akárcsak a szén-dioxid értéke (13. sz. ábra). Már 120 m-nél és 560 m-nél is jelentős emelkedés mutatkozott a szén-dioxid koncentrációkban, vagyis a lejtésviszonyoknak megfelelően a szén-dioxid a végponton gyülemlt fel. Mivel a „Felfedező-ág” bejárata már 2010-ben beomlott, ezért a barlang légkörzése kizárólag a „Lépcsős-bejáratra” korlátozódott. A hatalmas szén-dioxid tömegre ismételt a felszíni légnyomás gyakorolt hatást, annak parciális nyomását emelve a koncentrációja is emelkedett, mely szoros korrelációt mutatott.

2013.07.04-05. között regisztrált adatok ismételen jól korrelálnak a légnyomással, de a  $\text{CO}_2$  értéke eléri a 3,6 tf%-os (36 000 ppm) eddig mért maximumot



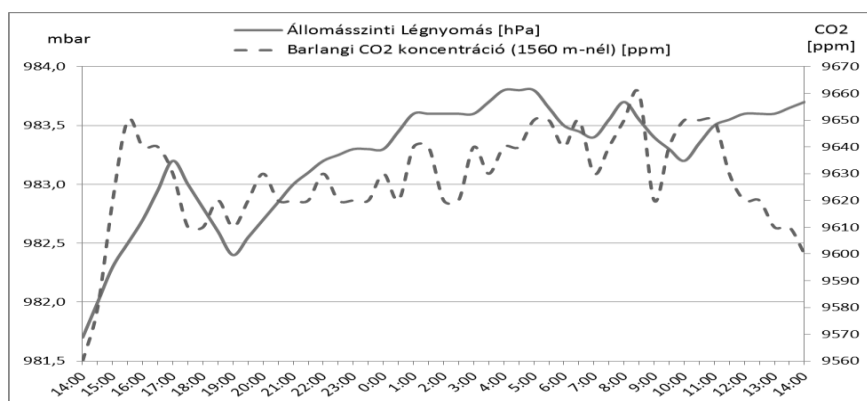
13. ábra: Az eddig mért legmagasabb szén-dioxid koncentráció napi menete a „Buzogánynál” (1520 m-nél).

*The highest measured carbon dioxide concentration in the daily course rated*

*"Buzogány" (1520 m).*

2014 januárjában ismét „alacsony” értékeket észleltünk, melyek így is ötszörösen haladták meg a korábbi évtizedekben rögzített adatokat, és megegyeztek a 2013 januárjában rögzített értékekkel. A 14. sz. ábrán látható, hogy a „Buzogánynál” (1520 m-nél) rögzített szén-dioxid koncentráció értékei jól korrelálnak a felszíni légnyomás-változással, vagyis még mindig zárva van a „Margitics-szifon”, csak a téli intenzív felszíni levegő beáramlás és a további szén-dioxid bejutásának hiánya hígítja a felgyülemlett szén-dioxid tömeget.

2014.01.03-04.-én 1 tf%-ra (10 000 ppm) esett vissza a  $\text{CO}_2$  értéke, de ez sem tartott sokáig...

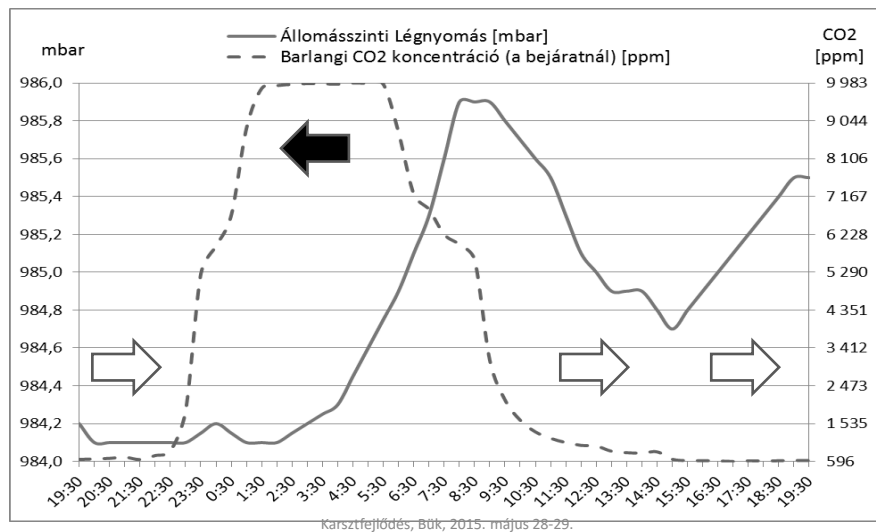


14. ábra: 2014 januárjában a téli szén-dioxid értékek és a felszíni légnyomás szoros korrelációt mutattak a „Buzogánynál” (1520 m-nél).

*In January 2014 in the winter of carbon dioxide and surface air pressure values showed a strong correlation with "Buzogány" (1520 m).*

A nagyon meleg nyári napokat kivéve tavasztól-őszig kétirányú légáramlás tapasztalható a „Lépcsős-bejáraton”, mely 24 órán belül többször vált irányt (15. sz. ábra). Az irányváltást a hőmérséklet-különbség és a légnyomás-változás befolyásolja. Amikor éjszaka a felszíni hőmérséklet 10 °C alá csökken, megindul a barlangi levegő kiáramlása a szabadba, mely a bejáraton a szén-dioxid növekedését okozza. Az ábrán látható, hogy most a hőmérséklet-különbség okozza az irányváltást, a légnyomás még nyugalmi helyzetben van. A hirtelen és meredeken emelkedő felszíni légnyomás még napkelte előtt megfordítja a légáramlás irányát, és megindul a felszíni levegő beáramlása, mely a bejárat térség szén-dioxid koncentrációját csökkenti. A nap további részében a 10 °C feletti felszíni levegő hőmérséklete okozza a légáramlást, mely napnyugtáig befelé áramló marad. Ez az állapot azonban nem teszi lehetővé a belső járatrészek leszellőzését, ezért ott a szén-dioxid koncentrációja továbbra is magas marad.

A bejáraton átáramló levegő irányváltása korrelál a felszíni levegő hőmérsékletével és légnyomásával, azonban ez a légkörzés nem érinti a belső járatrészeket.

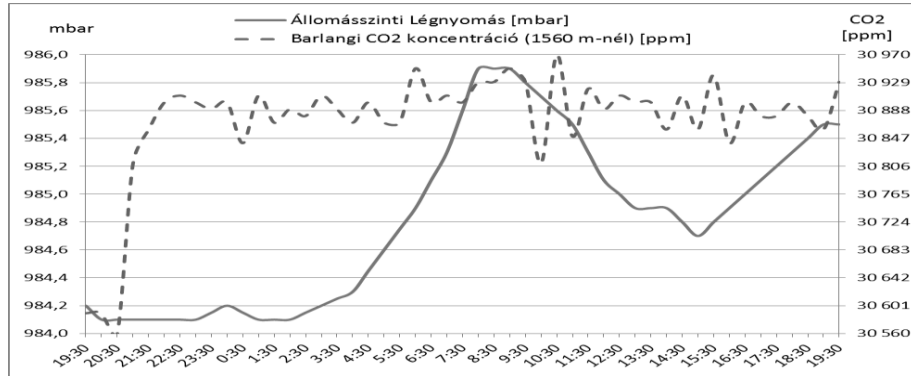


15. ábra: A bejáratnál mérhető szén-dioxid koncentráció jól mutatja a bejáraton létrejött légáramlás irányváltását, mely a hőmérséklet-különbség és a légnyomás-különbség hatására jön létre. A fehér színű nyilak a felszíni levegő beáramlását, a fekete színű nyilak a barlangi levegő kiáramlását szemléltetik.

*The entrance can be measured carbon dioxide concentration shows the entrance to the establishment airflow direction change, which is created by the temperature difference and the difference in air pressure causes. The white arrows on the air intake surface, the black arrows illustrate airflow out of the cave.*

2014 szeptemberében nyári légkörzés mellett ismét a 2013-as nyár magas szén-dioxid értékeit észleltük, melyben életveszélyes lett volna tovább mennünk a barlangban (16. sz. ábra).

2014.09.17-18. között ismét az előző nyár magas  
CO<sub>2</sub> értéke volt mérhető



16. ábra: A „Buzogánynál” (1520 m-nél) mérhető szén-dioxid koncentráció nyáron meghaladja a 3 tf. %-ot.

*The "Buzogány" (1520 m) to measure carbon dioxide concentration in the summer exceeds 3 vol. % respectively.*

Tudnunk kellett, hogy milyen szén-dioxid koncentráció értékek várhatóak a „Margiticszifon” környékén, ezért megvártuk 2015 februárjának azon időszakát, amikor a barlangban a legalacsonyabb szén-dioxid értékek uralkodtak, és ekkor bejártuk a belső részeket is. Az alábbiakban közöljük a mérési eredményeket a távolság függvényében:

- |    |  |                                    |                     |
|----|--|------------------------------------|---------------------|
| a. | CO <sub>2</sub> koncentráció 540 m-nél (Tündér-kapu előtt)                     | 0,5 tf. %                          | 292 m tszf. m.      |
| b. | CO <sub>2</sub> koncentráció 1520 m-nél (Buzogány)                             | 1,6 tf. %                          | 285 m tszf. m.      |
| c. | CO <sub>2</sub> koncentráció 2700 m-nél (Nagy-omlás lába)                      | 3,3 tf. %                          | 268 m tszf. m.      |
| d. | CO <sub>2</sub> koncentráció hányados:   | $c/b = 2,062$                      | $b/a = 3,2$         |
| e. | Távolság hányados:   | $c/b = 1,73$                       | $b/a = 2,88$        |
| f. | Magasság hányados:   | $c/b = 1,063$                      | $b/a = 1,024$       |
| g. | Távolság-magasság szorzat:   | $e \times f = 1,839$               | $e \times f = 2,95$ |
| h. | Kapott eredmény:   | $a/g = 1,121$                      | $a/g = 1,084$       |
|    | Konstans átlagértéke:  | $(h_1 + h_2) / 2 = \mathbf{1,103}$ |                     |
| i. | Ismeretlen koncentráció meghatározása ismert mérési eredmény felhasználásával: |                                    |                     |

$$i \text{ CO}_2 \text{ (tf. \%)} = \text{CO}_2 \times \left( \frac{\text{Távolság2}}{\text{Távolság1}} \times \frac{\text{Magasság2}}{\text{Magasság1}} \right) \times 1,103$$

A fenti számítással a bejáratától mért távolság és a tengerszint feletti magasság ismeretében a kapott eredményre vonatkoztatott  $\pm 10$  %-os hibával megállapítható egy barlangrész várható szén-dioxid koncentrációja, ha 560 m után ismert távolságban és tengerszint feletti magasságon rendelkezünk pontos mérési eredménnyel. Mindez csak a zsákszerű állapot fenn állása alatt és kizárólag a Béke-barlangra érvényes, de nagy segítséget nyújthat a vagyonkezelő ANPI túraszervezői számára.

A Nagy-omlás után már nem folytattuk tovább utunkat, hiszen a barlangban eltöltött hosszú expozíciós idő a magas koncentráció értékekkel veszélyes feldúsulást okozhat vérünkben, ezért megelégedtünk az itt kapott mérési eredménnyel. Abban viszont biztosak vagyunk, hogy nyári légkörzés esetén ugyanezen aránypár mellett a belső részek szén-dioxid koncentrációi meghaladják a 5 - 7 tf. %-ot, mely súlyos oxigén-hiányos állapotot okoz, tehát az ott történő barlanglátogatás egészségre ártalmas (HERCZEG L., 2008), akár halálos is lehet!

2015 májusában az ANPI megbízására a NOVA-ALPIN Kft. leszivattyúzta az „MKBT-terem” vizét és a „Margitics-szifont”, valamint eltávolította az omlási dugót a „Felfedező-ág” bejáratából. Berczik Páltól (NOVA-ALPIN Kft.) tudjuk (szóbeli közlés, 2015), hogy a „Margitics-szifonban” dolgozók erős fejfájásra, rosszullétre panaszkodtak, ami megerősíti korábbi észleléseinket. A víz azonban néhány órán belül visszatöltődött, így a szifon ismételen elzáródott.

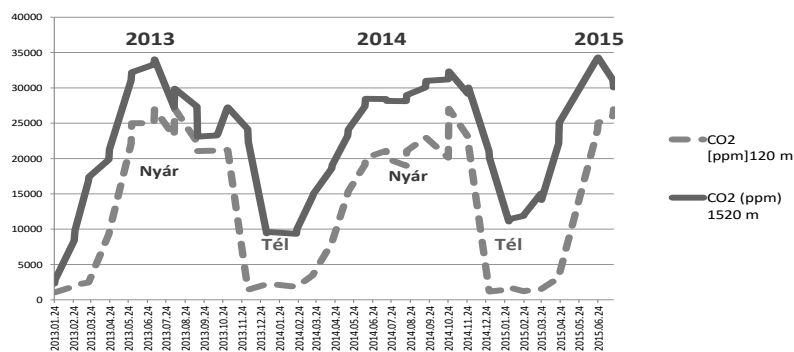
Számításaink szerint a 3 km hosszúságú, átlagosan 4 m széles „Fő-ágban” nyári időszakban, 2 méter magasságig (tehát 24 000 m<sup>3</sup>-ben), 3 tf% koncentráció esetén kb. 1400 kg szén-dioxid halmozódik fel, melyet nyitott bejáratokon keresztül 2013 előtt mért kb. 500 Nm<sup>3</sup>/h térfogatáramot feltételezve is legalább 48 óra kell az eltávolításához. Figyelembe véve azonban a felhalmozódott szén-dioxid tömegének kezdeti tehetetlenségét, valamint azt, hogy az átáramló levegő nem csak a járatszelvény alsó szakaszában fog közlekedni és a „Terápiás-bejárat” valamint a „Lépcsős-bejárat” közötti kb. 3 km-es távolságot, a „Fő-ágban” kialakuló 10 cm/s-os maximális légáramlat is legalább 80 óra elteltével érkezik meg az egyik pontból a másikba. Látható, hogy ideális állapotot feltételező számításaink is több napon át tartó, intenzív szellőztetés esetére lettek átszámolva, mely néhány órás szivattyúzás alatt nem teljesülhetett.

Berczik Pál (NOVA-ALPIN Kft.) megerősítette (szóbeli közlés, 2015), hogy a „Felfedező-ágon” mért kezdeti légáramlás 12 órán belül kiegyenlített, leállt. A „Felfedező-ág” és a „Lépcsős-bejárat” közötti 17 méteres szintkülönbség kéményhatása jelentősebb helyi légkörzés kialakulását nem teszi lehetővé. Jelen állapotban a „Lépcsős-bejáraton” keresztül 10°C-os hőmérsékletkülönbség esetén 130 Nm<sup>3</sup>/h légforgalom mérhető, aminek csak elenyésző része áramlik át a „Felfedező-ágon”, 90%-a a „Fő-ágban” közlekedik, kevesebb mint 1 cm/s áramlási sebességgel. 1450 m-nél érezhető a felszint megközelítő felső járatok felé áramló intenzív légáramlat, ha azonban a két pont közötti útra számolunk, akkor kiderül,



hogy a levegő ezt az utat több mint 40 óra alatt teszi meg és a közte lévő 2 méter vastag, átlagosan 2 tf% koncentrációjú, 12 000 m<sup>3</sup> térfogatú, 470 kg tömegű szén-dioxid réteget 100 óra alatt szellőztetné át. Mindez akkor teljesülne, ha feltételezzük, hogy az átáramló levegő csak a járatszelvény alsó 2 méterét használja és a barlang légterébe további szén-dioxid nem jut be. Az eredmények azonban ezt megcáfolják, vagyis a felszabaduló szén-dioxid és az áramlási viszonyok meghaladják a jelenlegi térfogatáram által kifejtett szellőzés hatékonyságát, így a szén-dioxid koncentráció csökkenésében érezhető változás nem történik. Utolsó mérésünkre 2015 júniusában került sor, mely alkalommal a felszínen tartósan rossz idő, hűvös, szeles, csapadékos időjárás volt tapasztalható. Ekkor, a felszín és a barlang közötti kis hőmérséklet-különbségnek köszönhetően a „Felfedező-ágban” fóliával elszűkített szelvényen, mérőperem beiktatása mellett sem sikerült légforgalmat kimutatnunk. A barlang jelenlegi állapota tehát 2013 tavasza óta változatlan, melyet a 17. sz. ábrán látható szén-dioxid diagramok is szemléltetnek.

**A barlangi CO2 koncentrációk évszakos változása 2 ponton regisztrálva, 3 éves időszakra kivetítve**

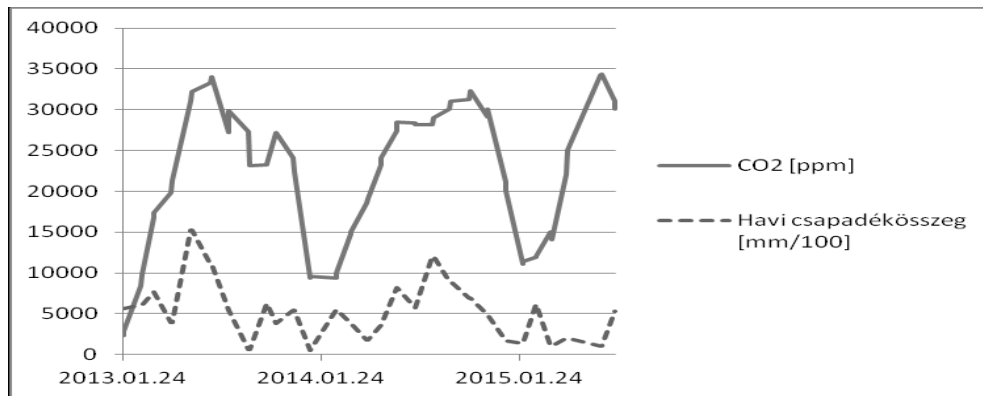


17. ábra: A „Lépcsős-bejárat” közelében és a” Buzogánynál” rögzített szén-dioxid értékek egymással jól korrelálnak és évi menetük prognosztizálható.

*The "Step-entrance" near and recorded "Buzogány" carbon values correlate well with each other and projected annual procession.*

Ismeretes, hogy a barlangokba beszivárgó vizek oldott szén-dioxid tartalma elsősorban a talajréteg mikrobiológiai aktivitásától függ, mely szoros összefüggést mutat a környezeti hőmérséklettel. Télen minimális a talaj mikrobiológiai aktivitása és a hóréteg alatt csekély a beszivárgás mennyisége (JAKUCS, 1971). A felszíni csapadék havi összesített adatait a barlangi szén-dioxid koncentrációjának változásával összehasonlítva azt tapasztaljuk, hogy szoros korreláció mutatható ki a kettő között, vagyis az elmúlt 3 évben a szén-dioxid koncentráció elsősorban a lehullott csapadék és csak másodsorban a hőmérséklet-különbség mértékében változik, ami egy mindkét oldalon nyitott barlang esetében fordítottan lenne érvényes (18. sz. ábra). 2013-óta télen 70 Nm<sup>3</sup>/h, nyáron 130 Nm<sup>3</sup>/h a „Lépcsős-bejárat” denevér-röptető nyílásán átáramló levegő mennyisége, mely a fentiekben levezetett

összefüggések miatt nem szállítja ki megfelelő mértékben a szén-dioxidot a barlangból. 1964 és 2013 között a levegő akadálytalanul áramolhatott a „Fő-ágban,” télen és nyáron 500 Nm<sup>3</sup>/h maximummal. Ezen értékek mellett is megfigyelhető volt évszakos változás, csak a hígulás mértéke volt lényegesen nagyobb, így a szén-dioxid koncentrációk kisebb határok között, lényegesen alacsonyabb amplitúdóval változtak.



18. ábra: A felszíni csapadék havi összesített értéke szoros összefüggést mutat a barlangi szén-dioxid (1520 méternél) koncentráció-változásával.

*The total amount of monthly rainfall is closely related to the surface of the cave of carbon dioxide (1,520 meters) concentration changes.*

#### 4. Összefoglalás

Nincs adatunk róla, hogy a felfedezés előtt milyen volt a Béke-barlang klímája, de azt követően nyitva volt a Felfedező-ág, kiszellőzött a barlangi szén-dioxid, mivel rendelkezésre álló információink annak jelenlétét nem erősítették meg. 1954-2013 között a barlangi szén-dioxid átlagértéke télen 1000 ppm (0,1 tf. %), nyáron 3000 ppm (0,3 tf. %) között mozgott, értéke a felszíni hőmérséklettel és a légnyomással korrelált. A hőmérséklet és a relatív nedvesség adatokban az elmúlt 60 évben nem mértek változást.

2013-tól a barlangi szén-dioxid értéke 1520 m-nél télen 10000 ppm (1 tf. %), nyáron 30000 ppm (3 tf. %) körül mozog, értéke a felszíni hőmérséklettel és a légnyomással csak kis mértékben korrelál. Téli időszakban a beszivárgás mennyisége jelentősen csökken, a beszivárgó vizek oldott szén-dioxid tartalma pedig elsősorban a talajréteg mikrobiológiai aktivitásától függ, amely szoros összefüggést mutat a környezeti hőmérséklettel. Télen az amúgy is lecsökkent beszivárgással még kevesebb szén-dioxid jut be. A lehullott csapadék mennyisége szoros korrelációt mutat a barlangi szén-dioxid koncentrációjával. A „Lépcsős-bejárat” denevér- röptető-nyílása és a kőzet-repedések közötti légcserre sem elegendő ahhoz, hogy a lecsökkent szén-dioxid mennyiségét a belső járatrészekből kiszellőztesse.

1520 méterhez képest 2900 méternél a barlangi szén-dioxid tartalom megduplázódik, vagyis a barlang egy lejtős zsákként működik. A vízszint az elmúlt 2 évben a szifon környékén nem

csökkent, a leszivattyúzást követően néhány órán belül visszatöltődött, vagyis a Komlós-forrás vízelvezetési útvonala tartósan leszűkült.

Boldogh Sándor (ANPI) tájékoztatott bennünket (szóbeli közlés, 2015), hogy a jelentősen megnövekedett szén-dioxid koncentráció és a „Felfedező-ág” elzáródásának következtében a barlang több pontján a denevér populáció egyedszáma a tizedére csökkent és a „Felfedező-ágból” 30 elpusztult egyed tetemét gyűjtötték be. Biztonsági okokból korlátozni kellett a barlang látogatását, ami évente több száz barlangászt és turistát érint. A barlang gyógytermei jelen állapotban teljesen alkalmatlanok mindenfajta hasznosításra, hiszen a korábban kimutatott gyógyhatású levegő nem tud áthatolni a víz alatt lévő szifonon a gyógytermekbe. A „Zoltán-teremben” 30 cm-es vízben kell járnunk, míg az „MKBT-terem” elzáródott a külvilágtól. A villamos berendezések teljes cserére szorulnak! Lelassult a cseppkőképződés folyamata, mivel a kőzetnyomás alól kikerülő telített oldat szén-dioxid leadó képessége is lecsökken, így az telítetlen oldatként tovább oldja a már kirakódott cseppkőképződményeket. Csepegővíz-kémiai vizsgálataink az oldatban maradó kalcium-ionok kb. 25%-os növekedését mutatják, mely nem válik ki a cseppkőképződés során. A lecsöppenéskor képződő aeroszol is jelentős szénsavat tartalmaz, így részt vesz a felgyorsult cseppkődegradációban, mely néhány évtized alatt a barlang képződményeinek visszaoldódásához vezet (hasonló jelenséget figyelhetünk meg az Esztermosi Földvári Aladár barlangban).

Feltesszük a kérdést, hogy ha a jelenlegi állapotot vizsgáljuk, az vajon megegyezik az 1954 előtti állapottal? Válaszunkban határozottan állíthatjuk, hogy nem, mert a most mérhető barlangi szén-dioxid koncentráció megakadályozta volna a végponti kutatást.

Joggal kérdezhethetjük, hogy helyre áll vajon a barlang szellőzése műszaki beavatkozás (drain-cső behúzás, meder-mélyítés, vízelvezetés) nélkül? Mivel az állapot lassan 3 éve fenn áll, azt a határozott választ adhatjuk, hogy csak a műszaki beavatkozás segíthet a Béke-barlang klímájának helyreállításában.

## **Köszönetnyilvánítás**

A barlangtérképek és hossz-szelvények rendelkezésre bocsátásáért szeretnénk köszönetet mondani Szunyogh Gábornak és Kisbán Juditnak, a vizsgálati eredmények feldolgozásában nyújtott segítségéért pedig Bukri Gergelynek és Gallasz Alexandrának. A vizsgálatok nem jöhettek volna létre Kiss Klaudia, Sztratiev Balázs, Leél-Őssy Zsolt és Stieber Bence aktív részvétele nélkül.

## **IRODALOM**

*FODOR I.* (1984): A barlangok éghajlati és bioklimatológiai sajátosságai. – Akadémiai kiadó, Budapest, 190 p.

*HERCZEG L.* (2008): A szén-dioxid koncentráció hatása az ember közérzetére és az irodai munka teljesítményére. – Doktori értekezés, BME Gépészmérnöki kar

*JAKUCS L.* (1953): A Béke-barlang felfedezése. – Művelt Nép Könyvkiadó, Budapest, 94 p.

*JAKUCS L.* (1959): Felfedező utakon a föld alatt. – Gondolat kiadó, Budapest, 254 p.

*JAKUCS L.* (1971): A karsztok morfogenetikája. - A karsztfejlődés variációi. – Akadémiai kiadó, Budapest, 310 p.

*KERÉNYI B. – BÍRÓ ZS. – KIRCHKNOPF M.* (1966): A Béke-barlang gyógyhatásának hasznosítása, kézirat, 100 p.

*LEÉL-ŐSSY SZ. – STIEBER J.* (2014): Különös szén-dioxid szintek a Béke-barlangban. – Karsztfejlődés XIX. pp. 225 – 230.

*SZUNYOGH G. – KISBÁN J.* (2004): A Béke-barlang. – A Komlós-patak felszín alatti útja – Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság Jósvalfő, 140 p.

## **Előzetes vízelemzési és levegő mérési adatok a Békebarlangban**

abstract

A Béke-barlangban 2013. január óta havi rendszerességgel 3 helyszínen: a Nagytufánál, az 560-as és a 1520-as pontnál (Buzogány-terem) végzünk monitoringot (Karsztfelődés, XIX, 225-230), Ennek keretében „különböző típusú” vizeket (friss csepegővíz, havi csepegővíz, patakvíz, mésztufa gáton lefolyóvíz, csapadékvíz) vizsgálunk: mérjük a víz hőmérsékletét, pH értékét, elektromos vezetőképességét (oldott ion tartalmát), összes keménységét, az oldott Ca és Mg mennyiségét, valamint a stabil izotópos összetételét.

A patakvíz hőmérséklete jelentősebb vízhozam esetén a barlang elején kb. fél °C-al magasabb, mint a belső részeken, kis víz idején nincs nagy különbség. A téli és a nyári patakvíz hőmérséklet között azonban már 1-1,5 °C a különbség (10 °C, ill 11,5 °C!). A csepegő vizeknél a havi gyűjtés hőmérsékletét nyilván a léghőmérséklet határozza meg, a friss csepegés hőmérséklet mérését csak az utóbbi hónapokban tudtuk megoldani (így még nem rendelkezünk kellően hosszú adatsorral), és csak csöves szerkezetű csepegő hely esetében van lehetőség az érzékelő bejuttatására. A friss csepegést egyébként kénytelenek vagyunk az egyes sztalaktitok hegyéről cseppenként összeszedni. Ez az összetételt, pH-t, vezetőképességet nem befolyásolja, de a hosszan kézben tartott mintavevőben a víz kissé fölmelegszik, ezért az így kapott adatok nem relevánsak. A különböző eredetű vizek pH értéke a barlangon belül alig változik 0,3-0,4-et, de télen mindenhol szignifikánsan 0,6-0,8 értékkel magasabb! A vizek vezetőképessége a vegetációs időszakban magasabb, de az egyes csepegési pontokban gyűjtött vizek vezetőképessége meglehetősen változó. A német keménységi fok télen és nyáron közel azonos, nyáron egy picit magasabb. Ugyanez igaz az oldott Ca és Mg tartalomra is.

A kétéves stabilizotóp-összetétel adatsor alapján megállapítható, hogy a barlangban gyűjtött vízminták stabilizotóp-összetétele nem mutat nagy változékonyságot, és az egyes „víztípusok” között sincsen jelentős különbség (friss csepegővíz:  $\delta D = -68,4 - -63,1\%$ ;  $\delta^{18}O = -9,89 - -9,03\%$ ; havi csepegővíz:  $\delta D = -68,2 - -62,5\%$ ;  $\delta^{18}O = -9,78 - -9,00\%$ ; patakvíz:  $\delta D = -68,2 - -62,8\%$ ;  $\delta^{18}O = -9,65 - -9,00\%$ ; mésztufagáton lefolyóvíz:  $\delta D = -66,4 - -63,9\%$ ;  $\delta^{18}O = -9,63 - -9,17\%$ ). A különböző helyszíneken gyűjtött vízminták esetében sem tudunk megfigyelni szignifikáns eltérést, azaz a barlang bejáratától különböző távolságra lévő pontok hasonló stabilizotóp-összetétellel jellemezhetők. Ugyanakkor a felszínen gyűjtött csapadékvíz stabilizotóp-összetétele széles tartomány között változik ( $\delta D = -97,3 - -32,2\%$ ;  $\delta^{18}O = -13,11 - -4,59\%$ ), és évszakos változékonyságot mutat. A barlangi vizek esetében évszakos változékonyság nincsen.



ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet

Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Tanszékvezető: Pálfy József egyetemi tanár

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

Tel.: (1) 381-2129, 381-2125, Fax: (1) 381-2130

foldtan@ttk.elte.hu www.geology.elte.hu

## Kutatási jelentés az ELTE-nek a Budai Vár-barlangban 2015. évben folytatott tevékenységéről

Az ELTE a KTVF 8631-1/213 sz. határozata alapján 2017. december 31-ig rendelkezik tudományos kutatási engedéllyel a Budai Vár-barlang (4762-1) Nagy Labirintus szakaszára.

Az év folyamán mintát vettünk a 199-es folyosó és a 41-es terem mennyezetéről a folyóvízi ártéri üledékből, valamint a felszínen a hajdani Lovarda területéről. Jelenleg a minták közettani és mikropaleontológiai vizsgálata folyik. Az eredményekről 2016. folyamán tervezünk cikket leadni a Földtani Közlönybe, melyet a következő évi kutatási jelentésünkhöz fogunk csatolni.

Tisztelettel:

Budapest, 2016. február 15.

Dr. Leél-Össy Szabolcs  
egy. docens, kutatásvezető

Dr. Pálfy József  
akadémikus, tanszékvezető egyetemi tanár



ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet  
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék  
Tanszékvezető: Pálffy József egyetemi tanár  
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C  
Tel.: (1) 381-2129, 381-2125, Fax: (1) 381-2130  
foldtan@ttk.elte.hu www.geology.elte.hu

**Kutatási jelentés az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékének a  
Citadella-kristálybarlangban 2015. évben folytatott  
tevékenységéről**

Az ELTE-nek a KTVF 8526-1/2013. sz. alatti tudományos kutatási engedélye 2017. december 31-ig érvényes a Citadella-kristálybarlangra (4762-6.).

A magánterületen (Budapest, I. Bérc u.4/a) nyíló barlangba az év folyamán (hasonlóan az előző évhez) nem tudtunk bejutni, csengetésünkre nem nyitottak ajtót.

Az év végén a barlang előtt az utcán véletlenül sikerült megismerkedni egy külföldi állampolgárságú (?) hölgygel, aki elmondása szerint a kérdéses ingatlan tulajdonosa. Az orosz nyelven folytatott beszélgetésben készségét fejezte ki, hogy hozzájárul a kutatásunkhoz. Ennek alapján reményünk van rá, hogy 2016. folyamán végre sikerül bejutnunk a barlangba.

Tisztelettel:

Budapest, 2016.február 15.

Dr. Leél-Össy Szabolcs  
egy. docens, kutatásvezető

Dr. Pálffy József  
akadémikus, tanszékvezető egyetemi tanár



ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet

Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Tanszékvezető: Pálfy József egyetemi tanár

1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

Tel.: (1) 381-2129, 381-2125, Fax: (1) 381-2130

foldtan@ttk.elte.hu www.geology.elte.hu

## Kutatási jelentés a Ferenc-hegyi-barlangban 2015. folyamán végzett tevékenységünkről.

Az ELTE a KTVF 8689-1/2013. sz. alatti tudományos kutatási engedélye 2017. december 31-ig érvényes a Ferenc-hegyi-barlangra (4762-6.).

2015-ös kutatási tevékenységünkről az alábbiakban számolunk be:

A többi budai barlangban nagy erővel végzünk folyamatosan többirányú kutatást. 2015-ben a Ferenc-hegyi-barlangban nem sikerült folytatni a megkezdett programot, mivel tektonikus kollégánk hosszabb ideig külföldön tartózkodott.

Reméljük, 2016-ban tudjuk folytatni a megkezdett kutatási programunkat.

Tisztelettel:

Budapest, 2016. február 15.

Dr. Leél-Óssy Szabolcs  
egy. docens, kutatásvezető

Dr. Pálfy József  
akadémikus, tanszékvezető egyetemi tanár





## Kutatási jelentés az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékének a József-hegyi-barlangban 2015. folyamán végzett tevékenységéről

Az ELTE-nek a KTVF 8632-1/2013. sz. alatt kapott kutatási engedélye 2017. december 31-ig érvényes a József-hegyi-barlangra (4762-6.).

A barlangban a Kinizsi-pályaudvaron két állandó csepegésből vettünk havi rendszerességgel vízmintát stabil izotóp-geokémiai kutatások céljából.

### KUTATÁSI CÉLKITŰZÉS

A barlangi karbonát kiválások (pl.: cseppkövek) stabilizotóp-összetétele fontos információt hordoz a múltbeli klímára és az abban bekövetkezett változásokra vonatkozóan. Mindazonáltal, a cseppkövekben megőrződött stabilizotóp-összetétel helyes értelmezéséhez elengedhetetlen a barlangok és a területre jellemző meteorológiai, valamint geokémiai paraméterek minél teljesebb körű ismerete. Ezt tűzve ki célul kezdődött el a József-hegyi-barlangban a csepegővíz vizsgálata 2013. novemberében.

A módszer alapját képezi az a megfigyelés, hogy a csapadék stabilizotópos összetétele (pl. oxigén esetében a  $\delta^{18}\text{O}$  érték) és a légkör hőmérséklete között fennáll egy lineáris összefüggés. Ez a korreláció évszakosan is jól nyomon követhető, de hosszú időléptékben is igaz, azaz a klíma változását jól mutatja. Ha a felszín alá beszivárgott vizek nem keverednek, akkor megőrzik eredeti izotópos összetételüket, vagyis információt szolgáltatnak a beszivárgás kori klimatikus viszonyokra.

A klímamodellek alapján a várható klímaváltozási folyamatok a teljes évi csapadékmennyiség kismértékű változását, de ezen belül a téli és nyári csapadékmennyiség átrendeződését eredményezhetik. A karsztvíz-utánpótlás a beszivárgó vizekből történik, ezért a beszivárgás mértékének, összetételének vizsgálata fontos információkat nyújthat a jelenkori folyamatok pontosabb megértéséhez. A József-hegyi-barlangban még nem ismert a beszivárgó víz stabilizotópos jellemzője, továbbá kevésbé feltárt a barlangi beszivárgás mechanizmusa.

### A MÉRÉSI MÓDSZEREK ISMERTETÉSE

**A mérés LGR LWIA-24d típusú üreglecsengéses lézer analizátorral történt.** Mintánként 1 ml vizet pipettáztunk 2 ml-es menetes nyakú üveg edénybe, majd szeptumos kupakkal lezártuk. Az így előkészített mintákat és az azonos módon előkészített BWS1, BWS2 és BWS3 laborszenderdeket a következő sorrendben helyeztük a CTC Analytics GC PAL automata mintaadagoló tálcájára: 3 db sztenderd – 5 db minta – 3 db sztenderd – stb., biztosítva ezzel az esetleges hőmérsékletváltozás eredményeként föllépő érzékenységváltozás

megfelelő korrekcióját. Az automata mintaadagoló egy Hamilton fecskendő segítségével a 2 ml-es edényből 1  $\mu$ l vizet szívott ki, majd fecskendezett be egy preformált szeptumon keresztül az LGR LWIA lézer analízátor párologtatójába. A párologtató gyenge vákuumban 80 °C-on elpárologtatja a vizet, ahonnan a pára eljut az analízátor mérőüregébe. A mérés lézer fényel történik és alapja, hogy a  $^1\text{H}^1\text{H}^{16}\text{O}$ ,  $^1\text{H}^1\text{H}^{18}\text{O}$  és  $^1\text{H}^2\text{H}^{16}\text{O}$  izotopológok eltérő frekvenciákon abszorbeálják a fényt.

Minden minta esetében 6 befecskendezés történt, ahol a memóriahatás kiküszöbölése érdekében csak az utolsó 4 befecskendezés mérési eredményét használtuk a korrekciószámításhoz. Az eredményeket a nemzetközi VSMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water) sztenderdhez viszonyítva ezrelékben adjuk meg a szokásos delta ( $\delta$ ) jelöléssel:

$$\delta\text{D vagy } \delta^{18}\text{O} = \frac{R_{\text{minta}} - R_{\text{sztenderd}}}{R_{\text{sztenderd}}} * 1000 \text{ [‰]}$$

ahol  $R_{\text{minta}}$  és  $R_{\text{sztenderd}}$  a minta és a sztenderd  $^2\text{H}/^1\text{H}$  (D/H), ill.  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$  aránya. A mérések bizonytalansága (mintaelőkészítés+mérés) oxigénre  $\pm 0,2 \text{ [‰]}_{\text{VSMOW}}$ , hidrogénre  $\pm 1 \text{ [‰]}_{\text{VSMOW}}$ .

## EREDMÉNYEK

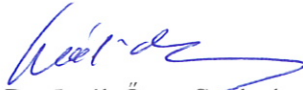
A vízmintákon végzett stabilizotóp-mérési eredmények nem mutatnak szignifikáns évszakos változásokat. Az adatokat összevetve a budapesti éves csapadék stabilizotóp-értékeivel, megállapítottuk, hogy az izotóptételek a barlangba lejutva kiátlagolódnak, illetve, hogy értékük inkább a téli csapadékokat reprezentálják (negatívabb  $\delta\text{D}$  és  $\delta^{18}\text{O}$  érték).


## KLÍMAMÉRÉSEK

Stieber József vizsgálómérnök bevonásával több helyszínen végeztünk különböző évszakokban hőmérséklet- és CO<sub>2</sub> tartalom méréseket.

Megállapítottuk, hogy a barlangi átlagos hőmérséklet 1-3-14 °C., kismértékben változik évszakosan és az egyes helyszíneken. A kulcs-termi kutatási pont 1 %-ot is megközelítő szén.-dioxid tartalma, és telenként 15 °C-os (!) hőmérséklete arra utal, hogy ez valóban jó kutatási helyszín, ahol a mélyebbe lévő, a forrásokat megközelítő, még ismeretlen barlangjáratokból áramlik fel a melegebb, szén-dioxidban dús levegő!

Budapest, 2016. február 15.

  
Dr. Leél-Össy Szabolcs  
egy. docens, kutatásvezető

  
Dr. Pálffy József  
akadémikus, tanszékvezető egyetemi tanár



## **Kutatási jelentés az ELTE Pál-völgyi-barlangrendszerben 2015. folyamán végzett tevékenységről.**

Az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani tanszéke a Rektor Úr kérésére a KTVF-től 1771-1/2013. sz. alatt kapott tudományos kutatási engedélyt, ami 2017. december 31-ig érvényes a Pál-völgyi-barlangrendszerre (4762-2.).

Az év folyamán három alkalommal voltunk, a barlangrendszerben terepbejárás, vízminta gyűjtés és fotodokumentáció készítés céljából.

### Pál-völgyi-barlang:

*2015. március 26.*

Résztevők: Leél-Őssy Szabolcs, Virág Magdolna, Kiss Klaudia, Tóth Attila

Kalcitlemez és cseppkötödék mintavétel,

Vízmintavétel komplex vízvizsgálatokhoz, helyszíni paraméterek mérése

(az eredmények kiértékelése folyamatban)

### Mátyás-hegyi-barlang:

*2015. január 14.*

Résztevők: Leél-Őssy Szabolcs, Virág Magdolna, Vörös Péter

Barlangi kiválások helyzetének megfigyelése és térképezése, dokumentálása; gipszvirágok mintagyűjtése stabil kénizotópos vizsgálatokhoz, cseppkötödékek gyűjtése üledékes rétegsorból, barlangi üledékekből mintavétel

A gyűjtött minták feldolgozása folyamatban van.

2015. április 8.

Résztevők: Leél-Össy Szabolcs, Virág Magdolna, Vörös Péter, Kitlinska Anna Borbála

Barlangi kiválások helyzetének megfigyelése és térképezése, dokumentálása; barlangi üledékekből és kovás elváltozott zónákból mintavétel.

A gyűjtött minták feldolgozása folyamatban van.

Tisztelettel:

Budapest, 2016. február 15.



Dr. Leél-Össy Szabolcs  
egy. docens, kutatásvezető



Dr. Pálffy József  
akadémikus, tanszékvezető egyetemi tanár