

**JELENTÉS**

**A BEKEY IMRE GÁBOR BARLANGKUTATÓ**

**CSOPORT**

**2009. ÉVI MUNKÁJÁRÓL**

## **JELENTÉS**

### **A BEKEY IMRE GÁBOR BARLANGKUTATÓ CSOPORT 2009. ÉVI MUNKÁJÁRÓL**

#### ***FELTÁRÓ TEVÉKENYSÉG***

Kutatócsoportunk 2009. év folyamán a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság 513/2/2003 és 509/2/2003. sz. engedélyei alapján végezte a Pál-völgyi-Mátyás-hegyi-barlangrendszer (kat. sz.: 4762/2) feltáró kutatását. Összesen 1 ponton végeztünk bontási munkákat az ismert szakaszok mögött feltételezhető további járatok feltárása érdekében.

#### ***TUDOMÁNYOS VIZSGÁLATOK***

Átfogó denevérszámlálás a Pál-völgyi-barlangban.

Együtműködésben az ELTE TTK Környezet és Tájföldrajzi tanszékével résztvettünk a „Beszivárgás vizsgálatok a rózsadombi termálkarszton” című munkában.

Az ELTE TTK Atomfizikai, Közettani és Geokémiai tanszékeinek a „Radonkoncentráció dinamikájának és forrásainak vizsgálata budai-hegységi barlangokban” című munkában területi segítséget nyújtottunk.

## **ÁTFOGÓ DENEVÉRSZÁMLÁLÁS A PÁL-VÖLGYI -BARLANGBA**

A Pál-völgyi-Mátyás-hegyi-barlangrendszer Pál-völgyi részén a denevérek átfogó téli állományfelmérését a kialakult gyakorlatnak megfelelően február első dekádjában, 2009. február 8-án végeztük el. A kb. 7 km hosszúságú „központi” zónára kiterjedő számlálásban, 8 brigádban, összesen 17 fő működött közre, ami a következő eredményeket hozta:

	kis patkós-denevér	nagy patkós-denevér	kistermetű simaorrú d.	nagytermetű simaorrú d.	<b>Összesen</b>
Régi Rész	36	2	4	1	<b>43</b>
Decemberi-szakasz	52	2	-	4	<b>58</b>
Térképész-ág	5	-	-	-	<b>5</b>
Negyedik Negyed	7	-	-	-	<b>7</b>
Déli-szakasz	10	-	1	1	<b>12</b>
Keleti-zóna	2	1	-	-	<b>3</b>
1993. évi feltárások	5	-	-	-	<b>5</b>
<b>Összesen</b>	<b>117</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>133</b>

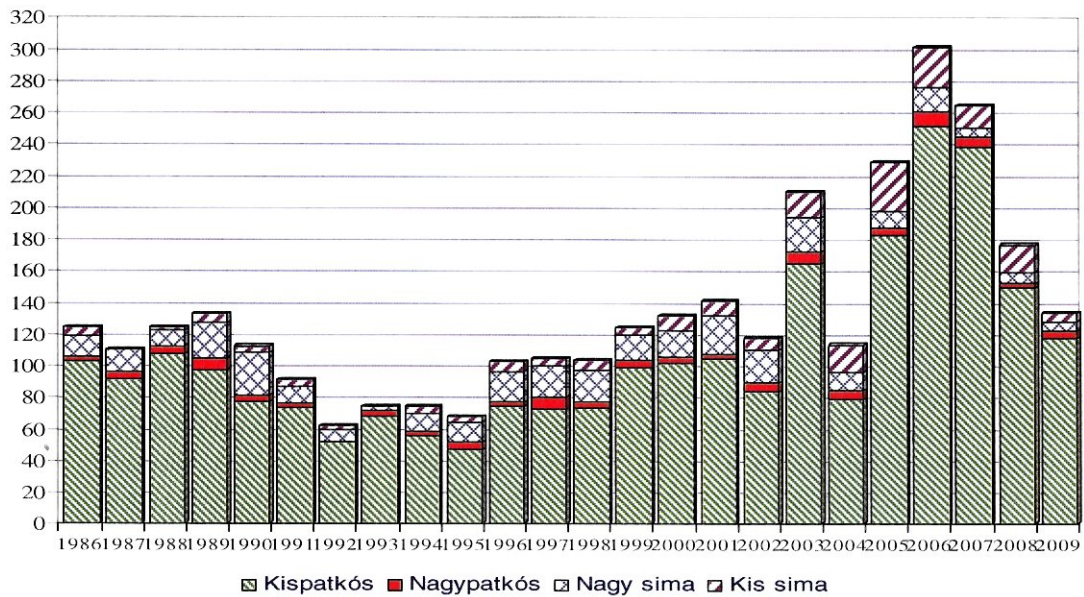
Az észlelt összesen 133 példány az utóbbi öt esztendő legalacsonyabb denevér-létszámaként értékelhető, azonban még mindig magasabb, mint a vizsgálataink első tizenöt évében, 1986-2000 között jelentkező értékek.

Az állomány faj(csoport)ok szerinti összetételét (1. ábra) tekintve, a domináns kis patkósdenevérek létszáma (117 db) a 2006. és 2007. évi két „csúcsidény” létszámának a felét sem érte el, de az utóbbi 6 év tapasztalataihoz képest most feltűnően kevés volt a kistermetű simaorrú denevér is (5 db). A két nagytermetű Myotis-faj pedig immár harmadik éve a régebbi, jellemzően 20 példány körüli állományainak a töredékével van jelen (6 db).

Az állatok területi megoszlásában (2. ábra) szokatlan elem, hogy a Decemberi-szakaszon tartózkodó denevérek száma csak kevéssel haladta meg a Régi Rész létszámát (58 illetve 43 db), hasonló arányt utoljára 1991-ben tapasztaltunk! A barlang harmadik legnépesebb körzetének – most először – a Déli-szakasz bizonyult; s „csúcsbeállítás” volt a Negyedik Negyedben is (7 db).

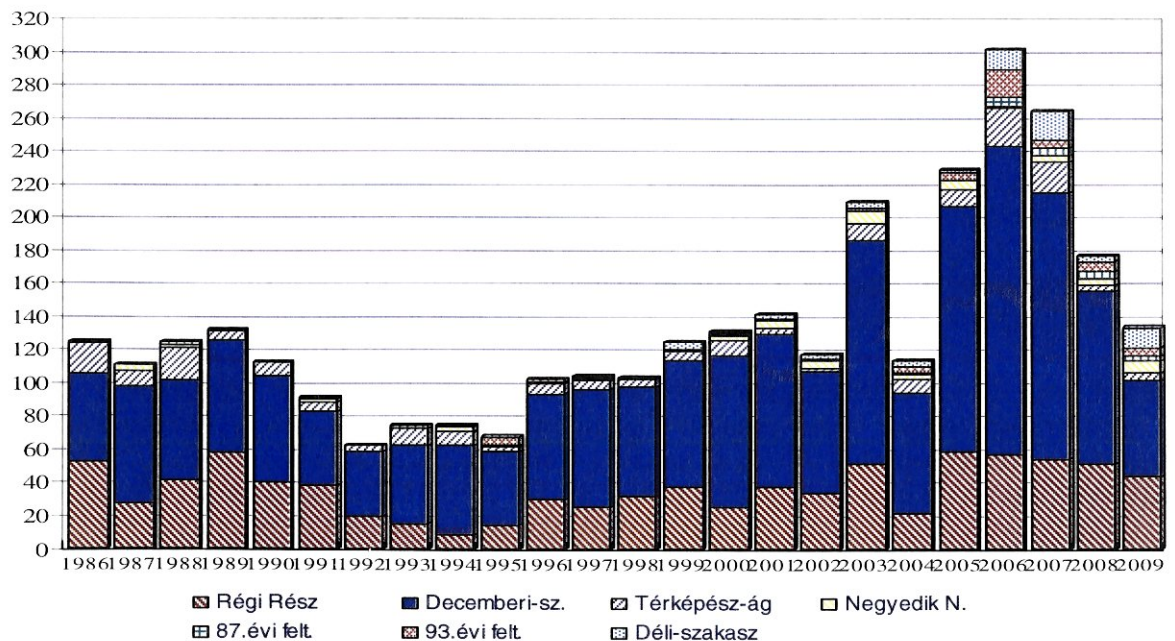
A szokatlan területi megoszlás egy lehetséges magyarázata, hogy a számlálás előtti héten bekövetkezett jelentős, a 10 °C-t is meghaladó nappali hőmérsékletet eredményező felmelegedés hatására az állomány egy része helyet változtatott a barlangban, sőt akár el is hagyhatta azt, vagyis a számlálás eredménye már nem a valós telelő állományt tükrözi. Ez utóbbi feltételezést erősíti a túravezetők azon közlése is, hogy az első és az utolsó túrákon a kiépített szakaszon már rendszeres denevérmozgás volt észlelhető.

### A Pál-völgyi-barlang denevérállományának faj szerinti megoszlása februárban



1. ábra

### A Pál-völgyi-barlang denevérállományának területi megoszlása februárban



2. ábra

## BESZIVÁRGÁS-VIZSGÁLATOK A RÓZSADOMBI TERMÁLKARSZTON

Készítette: Fehér Katalin<sup>1</sup>, Kiss Klaudia<sup>2</sup>, Kovács József<sup>3</sup>, Kiss Attila<sup>4</sup>

<sup>1</sup>ELTE TTK FFI Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c (feher.katoke@gmail.com)

<sup>2</sup>ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c (kissklau7@gmail.com)

<sup>3</sup>ELTE TTK FFI Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c (kevesolt@iris.geobio.elte.hu)

<sup>4</sup>MKBT Bekey Imre Gábor Barlangkutató Csoport 1025 Budapest, Pusztaszeri út 35. (palvolgyi@t-online.hu)

### Abstract

*In 2008 the chemical composition of infiltration water was studied using the water analysis standard method in three caves of thermal karst system of the Rózsadomb area (Budapest). By measuring the cation-anion concentration and using mathematical analyses (multivariate exploratory techniques) some group of sample with different behavior and contamination were identified. The localization of this groups were depicted in the studied area too.*

*The anthropogenic origin of the pollution and the source (in some case) were revealed. The highest rate of pollution was detected in Mátyás-hegy cave, however there were higher pollution in some part of Pál-völgy-, and Szemlő-hegy cave too.*

*We hope, our work help to save this strictly protected caves.*

### 1. Bevezetés

A budai Rózsadomb termálkarsztjának felszínét nagyfokú beépítettség jellemzi. A felszínborítás megváltozásával (MARI-FEHÉR 1999) csökken a beszivárgás. A házak, az utak, a közműhálózat, illetve a kialakításuk során történő „tereprendezések” koncentráltabbá teszik az antropogén szennyezés bejutását a sűrű repedéshálózattal rendelkező karsztba. A természetes növény- és talajtakaró – mint elsődleges védelem – megszűnése tovább fokozza a terület sérülékenységet.

A beszivárgó vizek minőségét a Szemlő-hegyi-, ill. a ma már nem csak elméletben közös rendszert alkotó Pál-völgyi- és Mátyás-hegyi-barlangban vizsgáltuk. A barlangjáratok nagy része felső-eocén mészkőben alakult ki, részben felharapózva a fedő márga-rétegekbe is. A Mátyás-hegyi-barlang legmélyebb szakasza a felső-triász mészkőben húzódik. A harmadidőszaki erős tektonikai mozgások a területen sűrű töréshálózatot hoztak létre, amely a járatok irányítottságát is meghatározta (KÁRPÁT 1983).

A lefolyási és beszivárgási viszonyokat a beépítettség mellett a felszín morfológiája is jelentősen befolyásolja. A Mátyás-hegyi-barlang járatainak nagy része a Mátyás-hegy alatt húzódik, melynek meredek oldalán minimális a beszivárgás. A D-DNy-i járatok a Szép-völgy vonala alá esnek, befoglaló kőzetük erősen összetöredezett. A repedéshálózat nem csak a csapadékvizet, hanem a burkolt utakról származó szennyezett vizet is a barlangba vezeti.

A Pál-völgyi-barlang a Szép-völgy és a Pál-völgy között, a Látó-hegy kertvárosi, lakóparki beépítettséggel jellemezhető lankás hegyláb felszíne alatt húzódik. A Szemlő-hegyi-barlang nyugati járatai a Ferenc-hegy keleti oldalán lévő pihenő alatt; a keleti járatok pedig enyhe dőlésű hegyláb felszín alatt találhatóak. A felszín beépítettsége itt is kertvárosi jellegű.

## 2. Módszerek

1987. óta végzünk méréseket azonos mintavételi pontokon (*1. ábra*), a Szemlő-hegyi-barlangban folyamatosan, 1-2 havi rendszerességgel, míg a Pál-völgyi–Mátyás-hegyi-barlangrendszerben szórvány jelleggel. 2008. márciusa és novembere között a Szemlő-hegyi-barlangban 6, a Pál-völgyi-barlang középső szakaszában (Decemberi- és Déli-szakasz) 2, keleti járataiban 1, a Mátyás-hegyi-barlangban pedig 3 alkalommal vettünk mintát a barlangi beszivárgó vizekből. A mintavételt fixen telepített edényekkel oldottuk meg, oly módon, hogy az edény nyílásába helyezett tölcser egy csőben folytatódik, amely az edény aljáig tart. A víz a tölcseren keresztül az edény aljába kerül, a főleg az edény tetejénél távozik. Ezzel a módszerrel állandó vízcserélődés érhető el (*FEHÉR* 1995), így mindig az aktuálisan legfrissebb mintát tudjuk begyűjteni. Az elemzéseket az ivóvíz-vizsgálati szabványok előírásai szerint végeztük, az így kapott nagy mennyiségű adat értékeléséhez statisztikai feldolgozásra volt szükség.

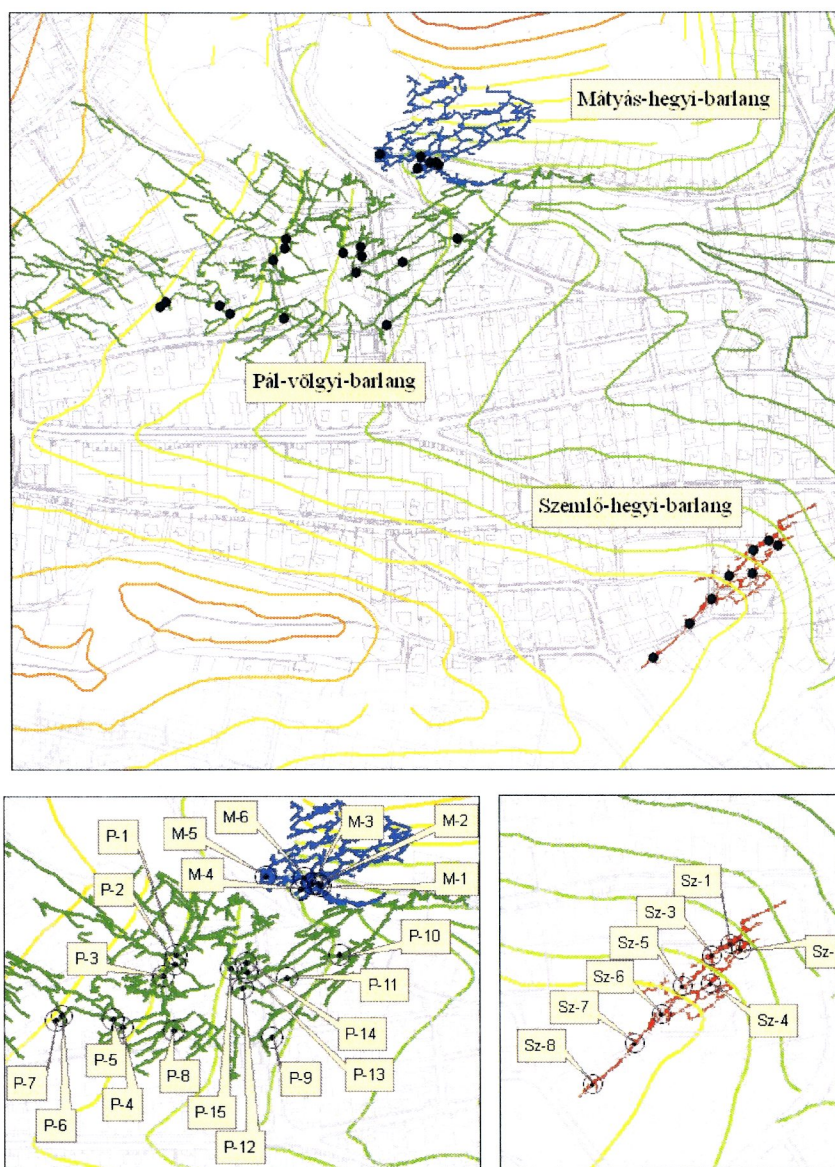
A matematikai statisztika és az adatelemzés fontos eszköze a bonyolult, nagyon sok változóval leírt rendszerek áttekintésének, így a mérési adatok tömegében rejlő összefüggések feltárásának, az adatok rendezésének, csoportosításának. Ilyen sokváltozós adatelemző eljárás a klaszter-analízis. A módszer segítségével csoportosíthatók a statisztikailag hasonlóan viselkedő mérőpontok, ill. az összevont statisztikai adatokból pontosabb valószínűségek becsülhetők (*BOGÁRDI* et al. 1978). Az egzakt matematikai megközelítés érdekében ezt a vízszint- és vízkémiai idősorokra már nagy hatékonysággal használt (*KOVÁCS* et al. 2008) többváltozós adatelemző módszert alkalmaztam.

A klaszterezés tulajdonképpen kódolási művelet, aminek során a sok jellemzővel leírt, bonyolult objektum egy számmal, csoportjának kódjával (klaszterének számával) jellemezhető. A csoport kódja a csoportba tartozó objektumok általános és közös tulajdonságait tükrözi – vagyis az egy csoportba tartozók hasonlóak. Ezeket a csoportokat klasztereknek nevezzük.

Munkánk során a klaszterezés módszerei közül az ún. hierarchikus osztályozást használtuk, ami kezdetben minden elemet külön osztálynak tekint, majd az osztályok összevonásával lépésről lépésre újabb osztályozási szinteket alakít ki mindaddig, amíg az összes elem egyetlen osztályba nem kerül. Az osztályozási algoritmus „outputja” fa-struktúrával történik.

Az adatsorokból ezzel a módszerrel 11 csoportot különítettünk el (*1. táblázat*). Az analízishez nyolc ion-koncentráció értékeit (kalcium, magnézium, nátrium, kálium, hidrogénkarbonát, klorid, nitrát, szulfát) használtuk fel. Minden csoport esetén valamennyi paraméterre meghatároztuk az egyes csoportok mediánját és a későbbiek során további adatelemzéshez valamint a csoportok összehasonlításához ezt használtuk fel.

A csoportok jellemzését az ionok koncentrációja, és egymáshoz viszonyított arányuk alapján végeztük. Felhasználtuk a karsztvizek jellemzésére alkalmazott keménységi hányadost, amely az összes keménység (kalcium és magnézium) és a karbonát-keménység (hidrogénkarbonát) egyenértékének arányát mutatja. Az oldott ionok mennyiségét a sókoncentrációban adtuk meg, melyet az egyes komponensek mg/l-ben kifejezett értékeit összegezve képeztünk.



1. ábra: A mintavételi pontok elhelyezkedése (jelmagyarázat az 1. táblázatban)  
 Fig. 1: Location of the measuring points (legend in Table 1)

<b>csoport/ mintaszám</b>	<b>mérőpont jele</b>	<b>mérőpont neve</b>	<b>csoporton belüli %</b>
1./13	P-15	Rockenbauer-terem	7
	Sz-4	Akna után 10 m	46
	Sz-5	Halál-szakasz	46
2./13	P-2	Bekey-terem	15
	P-4	Csipkerózsika-folyosó	46
	P-6	Kis-Dóm közepe	7,8
	P-10	Titanic	7,8
	P-11	102-es folyosó	7,8
	P-12	Haboskává	7,8
	P-13	Kiskanyon	7,8
3./11	P-1	Pentagon-terem	9
	P-5	8-ezres-folyosó	18
	P-9	2-es vágány	9
	M-5	Sárdagasztó	9
	Sz-3	Agyagos	55
4./13	P-7	KisDóm DNy	7,5
	P-14	Óriáskifli	7,5
	Sz-5	Örvény-folyosó	39
	Sz-6	Óriás-folyosó	46
5./6	Sz-8	Földszíve-terem felett	100
6./11	Sz-1	Ferencvárosi-terem	45
	Sz-2	Pettyes-folyosó	55
7./1	P-8	Hosé-terem	100
8./3	M-4	Tó-járat	100
9./6	P-4	Gyöngyös-folyosó	17
	M-2	Sírgödör	50
	M-3	Cselédlépcső	33
10./3	M-1	Természetbarát-folyosó bejárata	100
11./1	M-6	Opera	100

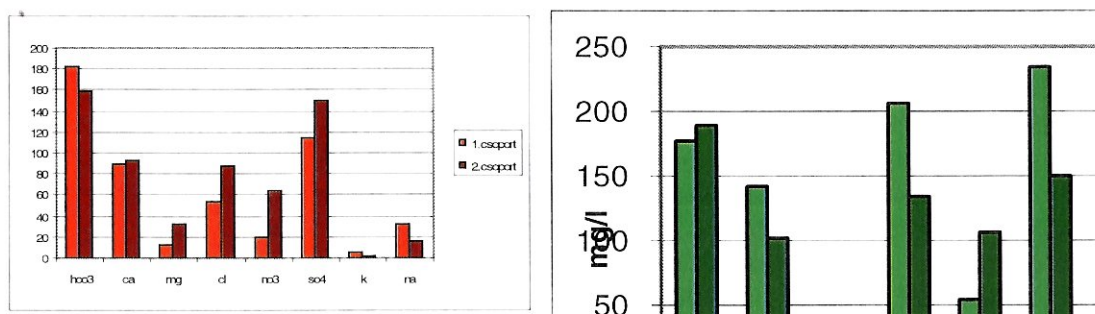
*1. táblázat: A klaszteranalízissel kapott csoportok*  
*Table 1: Groups made by cluster analyses*



### 3. Eredmények

A sókoncentráció az első két csoportban a legalacsonyabb (500-, illetve 600 mg/l). Különbség köztük az ionok arányában van, ami az 1. csoportnál a kálium és nátrium, míg a 2. csoportnál a magnézium, klorid, nitrát és szulfát felé tolódik el. A keménységi hányados az 1. csoportnál 1,8. A 2. csoport 2,8 értékét az alacsonyabb hidrogénkarbonát- és magasabb magnézium-tartalom okozza.

A 3. csoportnál a sókoncentráció magasabb, 950 mg/l. A klorid- és a szulfát-koncentráció 200 mg/l fölött van, a nátrium értéke 80 mg/l. A keménységi hányados 3,2 a magas kalcium-tartalom miatt. A 4. csoport szulfát-tartalma – a 2. csoportéhoz hasonlóan – 150 mg/l körüli, a klorid mennyisége 150 mg/l alá csökken, míg a nátrium értéke hasonló a 3. csoportéhoz. A csoportban a számított sótartalom 800 mg/l. A csoporton belül a nitrát-ion koncentrációk a Pál-völgyi mérőpontokon alacsonyabbak (60-70 mg/l), a Szemlő-hegyi-barlangban magasabbak (100-160 mg/l). (2. ábra). A keménységi hányados 2,2.

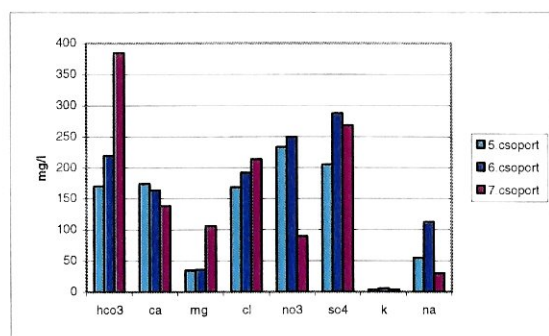


2. ábra A 1-4. csoportok ionkoncentrációja  
Fig. 2: Ionconcentrations of the 1-4. groups

Az 5-11. csoportok 1000 mg/l feletti sókoncentráció értéke erőteljesebb szennyezettséget jelez. Az antropogén hatást az 5-6 csoportoknál a nitrát, a 8-11. csoportoknál a klorid nagy koncentrációja mutatja.

Az 5-6. csoportot alkotó mintavételi pontok (3. ábra) a Szemlő-hegyi-barlang legnagyobb mértékben szennyezett pontjait reprezentálják. A sótartalom 1100-1200 mg/l között van, a klorid 190-170, a nitrát 230-250 mg/l között mozog. Ebben a két csoportban a legmagasabb a nitrát-tartalom. A keménységi hányados 4,1, illetve 3,1. A 6. csoportban a szulfát-tartalom 280 mg/l, szemben az 5. csoport 200-as értékével, a nátrium-tartalom kétszerese (110 mg/l) az 5. csoport értékének.

A 7. csoportban csak egy mintavételi pont adatai szerepelnek, a Pál-völgyi-barlang Hosé-terem mérőpontjáról. Itt a legmagasabb a hidrogénkarbonát-tartalom (380 mg/l) az összes vizsgált mintavételi hely között. A magnézium 100 mg/l feletti értéke a Mátyás-hegyi-barlang (9-10-11. csoport) mérőpontjaihoz hasonlít. A keménységi hányados a jelentős karbonátkeménység ellenére is viszonylag magas, 2,5, értéke szintén a magas magnézium-tartalomnak köszönhető. Ez a mintavételi hely a Pál-völgyi-barlang déli szakaszában található, ahol több mérőponton korábban is hasonló mennyiségeket mértünk, így a kiugró hidrogénkarbonát- és magnézium értéket nem tekinthetjük mérési hibának. A nitrát 90 mg/l, a nátrium-koncentráció az 1. csoport adataihoz hasonlóan alacsony (30 mg/l). A klorid (200 mg/l) és a szulfát-tartalom (270 mg/l) a Szemlő-hegyi-barlang szennyezett pontjaihoz hasonló.



3. ábra

Az 5-7. csoportok ionkoncentrációja

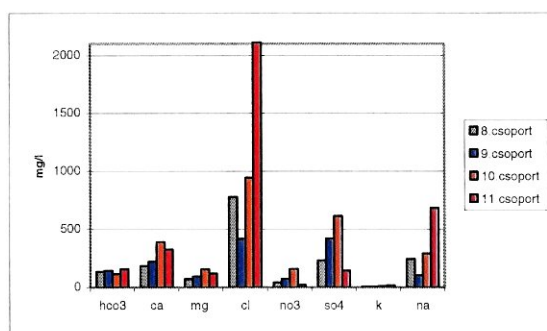
Fig. 3: Ionconcentrations of the 5-7. groups

Az utolsó négy csoport a legszennyezettebb (4. ábra), és a legmagasabb sókoncentrációjú (1500-3600 mg/l). Ide tartoznak a Mátyás-hegyi-barlang mérőpontjai a (3. csoportban szereplő) Sárdagasztó kivételével, illetve a Pál-völgyi-barlangban a Gyöngyös-folyosóban lévő mintavételi hely. A klorid koncentrációja egyik mérőhelyen sem csökken 400 mg/l, a nátriumé pedig 100 mg/l alá. A magnézium 70 mg/l fölött van, de – ellentétben a 7. csoporttal – a hidrogénkarbonát aránya alacsony, mennyisége kicsi.

A 8-9. csoportok sókoncentrációja 1500-1700 mg/l között mozog, a keménységi hányados 6,9 – 7,9. Ionösszetételük eltérő: a 8. csoportban a klorid- és a nátrium-tartalom kiugró, a 9. csoportban a szulfát-tartalom közel kétszerese a 8. csoportban mért értéknek.

A 10. csoport 2400 mg/l sótartalma több ionnak köszönhető. A csoportok között itt a legmagasabb a kalcium (390 mg/l), a magnézium (153 mg/l) és a szulfát (612 mg/l) koncentrációja, valamint a keménységi hányados (16,8). A klorid közelít a 950 mg/l-hez, a nitrát a Mátyás-hegyi-barlangon belül itt a legmagasabb: 160 mg/l.

A 11. csoport a Mátyás-hegyi-barlangban az Operában lévő mintavételi pont. 3570 mg/l a só-, 2112 mg/l a klorid- és 680 mg/l a nátrium-tartalma. Ilyen hatalmas mértékű szennyezést még nem mértünk barlangi beszivárgó vízben, de nem találtunk rá irodalmi adatot sem. A nitrát (19 mg/l) és a szulfát (143 mg/l) értéke viszonylag alacsony. A keménységi hányados 10.



4. ábra

A 8-11. csoportok ionkoncentrációja

Fig. 4: Ionconcentrations of the 8-11. groups

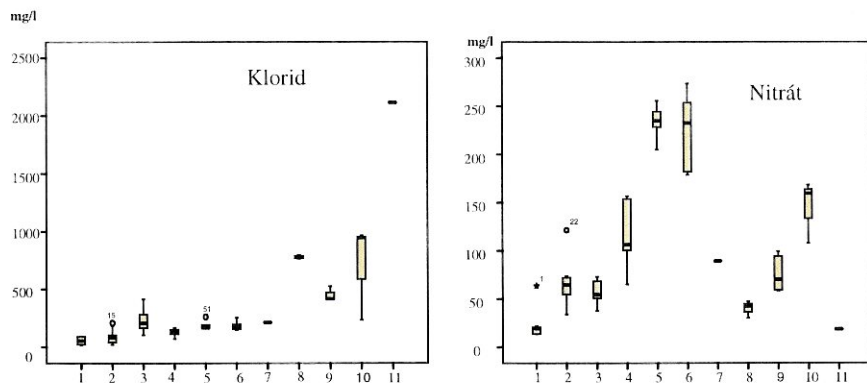
#### 4. Értékelés

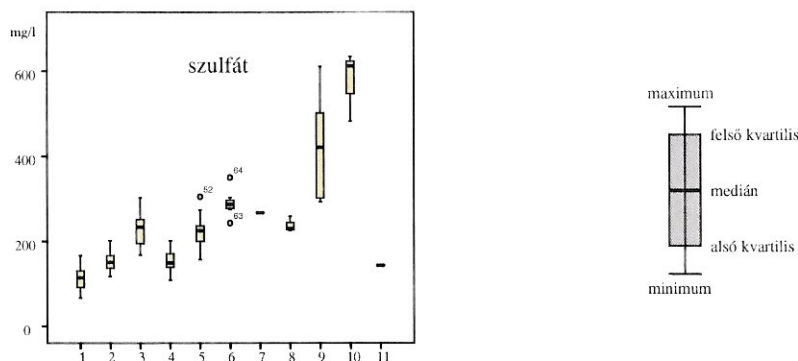
A magas klorid- és nátrium-mennyiség általában a csúszásmentesítéshez legtöbbször használt útszóró só beszivárgására utal. A 8-11. csoportoknál tapasztalható klorid és nátrium egyenértékben kifejezett mennyiségeit vizsgálva a 8., 10. és 11. csoportnál 2:1, a 9. csoportnál 3:1 arányt tapasztalunk. Ezek az arányszámok azt mutatják, hogy a csepegő vizekben észlelt klorid forrása más is lehet.

A csoportok elemzése alapján megállapítható, hogy a felszíni szennyezés a különböző mérőpontokon eltérő ion-koncentrációk és arányok formájában jelentkezik.

A 8-11. csoportoknál a klorid okoz nagymértékű szennyezést (5. ábra). A vízminőségi követelményrendszer (210/2001. Korm. rendelet) karszt-szennyezést jelző határértékét (100 mg/l) többszörösen meghaladják a mért koncentrációk. A legmagasabb érték (2112 mg/l) az Operánál tapasztalható. A nitrát-tartalom az 1, 8, és a 11. csoport kivételével mindenhol túllépi a 50 mg/l-es határértéket. A legnagyobb szennyezés a Szemlő-hegyi-barlang három mérőpontján jelentkezik (az 5-6 csoportban). A szulfát-tartalomra a felszín alatti vizekre vonatkozó 10/2000. Korm. rendelet 200 mg/l-ben határozta meg a háttér koncentrációt, 250 mg/l értékben a szennyezettségi határértéket. Az utóbbit a 6, 9, és 10. csoportok értékei lépik túl.

A 3-4. csoport közepesen szennyezett mérőpontok, átmenetet képviselnek mind az ionkoncentrációban, mind a szennyező ionok arányában. A 3. csoport klorid- és szulfát-tartalma és a 4. csoport nitrát-koncentrációja magas. Az 1-2 csoportok a legtisztább, a külső szennyezéstől legkevésbé befolyásolt mérőpontok, bár a 2. csoport nitrát-tartalma meghaladja a 60 mg/l-t.





5. ábra

Az egyes csoportok klorid-, nitrát- és szulfáttartalma (Az ábra SPSS programmal készült. A (o) kiugró érték – az interkvartilis 1,5-3-szorosának megfelelő távolságra, a (\*) szélsőséges érték – ami az interkvartilis háromszorosánál nagyobb távolságra van az alsó és a felső kvartilistól lefelé, illetve felfelé.)

Fig. 5: Chloride, nitrate and sulfate concentrations of the groups. (The figure made by SPSS. Case numbers are used to label outliers (o) and extremes (\*). The boxplot shown above detected outliers and extremes. The outliers are cases with the values between 1.5 and 3 box-lengths from the 75th percentile or 25th percentile. The extreme values are cases with the values more than 3 box-lengths from the 75th percentile or 25th percentile)

Az elemzéshez nem használtuk fel azokat a paramétereket, amelyeket nem tudtunk kimutatni minden mérőponton. Ilyen az o-foszfát-ion, amelynek jelenlétét a Szemlő-hegyi-barlangban nem hagyhatjuk figyelmen kívül: az FTC-teremben 0,7-1, az Óriás-folyosón 1-2, míg az Örvény-folyosón 2-3 mg/l o-foszfát-koncentrációt is mértünk. Állandó jelenléte folyamatos szennyezésre utal (a 10/2000. Korm. rendelet szerint szennyezettségi határértéke 0,5 mg/l). Az utóbbi két mérőpontonál a nitrit jelenléte is kimutatható volt a 2008-t megelőző években is.

## 5. Összefoglalás, javaslatok

Nehéz eldönteni, hogy ezen a tektonikailag erősen preformált és a felszínen erőteljes emberi beavatkozással megváltoztatott területen mi tekinthető természetesnek, és mely koncentrációértékek, változások tulajdoníthatók egyértelműen az antropogén szennyezés hatásának. A Mátyás-hegyi-barlang esetében sikerült kimutatnunk egy, bár időszakos, de koncentrált szennyező forrást. A Szép-völgy felső szakaszán (Fenyőgyöngye) a csapadékvízgyűjtő csatorna a völgybe vezet erősen szennyezett vizét (klorid-tartalom 10249 mg/l), mely a Mátyás-hegy Ny-i kőfejtője fölött szivárog el a völgytalpon és a kőfejtő meddőjében, a felszínről nem követhető módon.

A szennyezőanyagok tapasztalt magas koncentrációja jelzi, hogy a Pál-völgyi és a Szemlő-hegyi-barlangok szennyezett pontjai környezetében feltétlenül szükséges a felszíni vízvezetés és a szennyvízcsatorna-hálózat állapotának felülvizsgálata. Felmerül az a kérdés is, hogy a felszín átalakítása – építkezések, útépítések, a hajdani kőbánya feltöltése, kert-kialakítás – során milyen anyagok kerültek deponálásra.

2008-as méréseink is arra hívják fel a figyelmet, hogy a Rózsadombi Termálkarszt fokozottabb védelmet igényel a nagyfokú beépítés következményeinek csökkentése érdekében. Az itt beszivárgó szennyezett vizek a József-hegyi-forráscsoport vízbázisát veszélyeztetik (VITUKI 1992), a szennyezés előbb-utóbb közvetlenül ezekben a forrásokban is jelentkezhet.

## Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészültéhez nyújtott segítségükért szeretnénk köszönetet mondani Zihné Perényi Katalin adjunktusnak és barlangkutató társainknak.

## Irodalom

- 10/2000. (VI. 2.) KöM – EüM – FVM - KHVM rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről
- 201/2001. (X. 25.) Korm rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről
- BOGÁRDI I.–RÉTHÁTI L.–SZIDAROVSKY F. (1978): A statisztikai csoportosítás módszerének felhasználása a talajvízjárás jellemzésére. – Hidrológiai Közlöny, 58/6. pp. 245–250.
- FEHÉR K. (1995): Vízkémiai vizsgálatok a Szemlő-hegyi-barlangban. Környezeti Ártalmak és a Légzőrendszer V. Konferenciája, Hévíz. pp.47-52.
- KÁRPÁT J. (1983): Magyarország barlangtérképei. Mátyás-hegyi-barlang 1:250. MKBT 15p.
- KOVÁCS J. – CZAUNER B. – KOVÁCSNÉ SZÉKELY I. – BORSODI A.- RESKÓNÉ NAGY M. (2008): A Balaton eltérő vízminőségű térségeinek változási és a mért vízminőségi idősorok mintázatai 1985 és 2004 között. Hidrológiai Közlöny
- MARI, L. - FEHÉR, K. (1999): The impacts of land use change on the Buda thermal karst: a study of Szemlő-hegy cave. In: Bárány-Kevei, I. – Gunn, J.: Essays in the ecology and conservation of karst, Spec. Issue of Acta Geographica Szegediensis. Szeged, pp. 104-111.
- VITUKI (1992): Komplex geológiai vizsgálatok és fúrások a Rózsadomb környezetében. Budapest, PHARE 134/2.

## ***RADONKONCENTRÁCIÓ DINAMIKÁJÁNAK ÉS FORRÁSAINAK VIZSGÁLATA BUDAI-HEGYSÉGI BARLANGOKBAN***

Doktori kutatás

Nagy Hedvig Éva

ELTE TTK

Környezettudományi Doktori Iskola

Témavezetők:

Dr. Horváth Ákos

ELTE TTK, Atomfizikai Tanszék

Szabó Csaba Ph.D.

ELTE TTK, Közettani és Geokémiai Tanszék

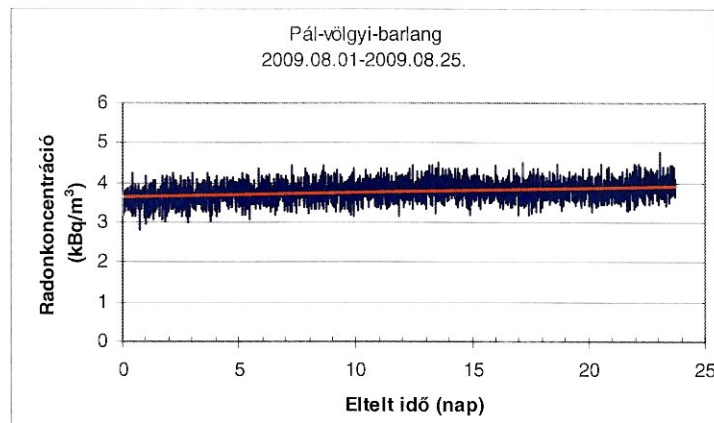
Az ELTE TTK Környezettudományi Doktori Iskolájában folyó hároméves kutatás első félévében (2009/2010, őszi szemeszter) a Pál-völgyi-barlangban kezdődtek meg a radonkoncentráció dinamikáját feltáró vizsgálatok.

A kutatás első lépésében kijelöltünk egy mérési pontot, ahol hosszú távú (2009.10.27-től minimum 1 évig) radonkoncentráció monitorozás fog történni. A mintavételi pont meghatározásához a radonmonitor kihelyezése előtt rövid távú méréseket végeztünk, illetve felhasználtuk a korábban a barlangban végzett radonkoncentráció meghatározására irányuló kutatások eredményeit is (MTA Atommagkutató Intézet Radon Csoportja a Bekey Imre Barlangkutató Csoport segítségével). Az előzetes vizsgálatok alapján a radonmonitor a Pál-völgyi-barlangban, az MTA Atomki Radon Csoport által 1994-1997 között PM4-gyel jelölt pontba került. A műszer a radonkoncentráció mellett a hőmérsékletet, légnyomást és páratartalmat méri egy órás integrációs időközzel. Ugyanezeket a meteorológiai paramétereket a szélességgel és széliránnyal kiegészítve további két ponton is mérjük, szintén egy órás integrációs időközzel egy-egy meteorológiai állomás segítségével. Az egyik állomást (met1) a barlang egy huzatos pontjához, a Tyúklétra alá helyeztük, a másik állomást (met2) a barlangon kívül a barlangot kiszolgáló épület előtetőjén van.

A korábban a barlangban végzett kutatásoktól eltérően a radonkoncentráció monitorozásához nem passzív nyomdetektorokat, hanem aktív radondetektort használunk, amelynek köszönhetően nyomon követhetők a radonkoncentráció gyors időbeli változásai.

### **Eredmények:**

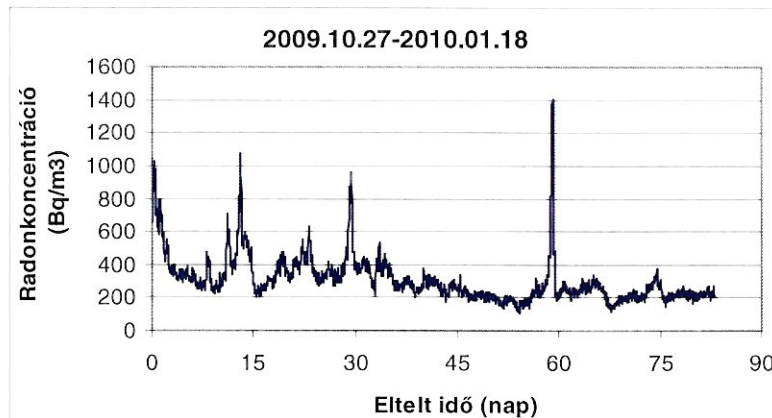
A legelső mérésre 2009.08.01.-2009.08.25. között került sor a Pál-völgyi-barlang kiépített szakaszán a Meseország egy a - látogatók számára - kieső részén. A mérés során 10 perces integrációs időközzel vizsgáltuk a radonkoncentráció változásait. A mérésből kiderült, hogy a radonkoncentráció értéke hibahatáron belül konstans (1. ábra), a műszer 10%-os hibával dolgozik. A mérés során a radonkoncentráció értékében egy, az évszakra jellemző lassú növekedés figyelhető meg, átlagos értéke  $3500 \text{ Bq/m}^3$  kezdeti értékről a mérés végére  $4000 \text{ Bq/m}^3$ -re nőtt.



*1. ábra*

*A radonkoncentráció időbeli változásai a Meseország egy pontján 2009.08.01-2009.08.25. között. A diagramon jól látható a radonkoncentráció lassú növekedése.*

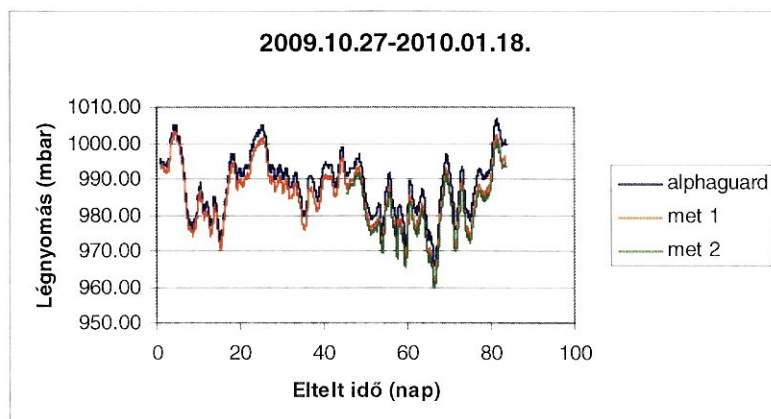
A hosszú távú mérés 2009.10.27-én kezdődött. A 2009.10.27-2010.01.18. közötti időszakban egyrészt a radonkoncentráció évszakra jellemző fokozatos csökkenése figyelhető meg, másrészt több, nagy csúcs látható a diagramon (2. ábra), amikor a radonkoncentráció értéke rövid idő alatt (10-14 óra) több száz vagy akár 1000 Bq/m<sup>3</sup>-rel nőtt meg. A gyors változások hátterében valamilyen külső tényező megváltozása állhat, amelyet eddig nem sikerült felderítenünk.



*2. ábra*

*A radonkoncentráció értékeinek időbeli változása a 2009.10.27-2010.01.18. közötti időszakban. A diagramon 3 nagy csúcs figyelhető meg, amikor a radonkoncentráció értékében rövid idő alatt következett be nagy változás.*

A három különböző helyszínen (barlangon kívül, barlangon belüli huzatos helyen, barlangon belüli radonkoncentráció mérési ponton) mért légnyomás értékekben nem figyelhető meg különbség (3. ábra). A görbék szinte teljesen egymásra illeszkednek, a lefutásuk is azonos.

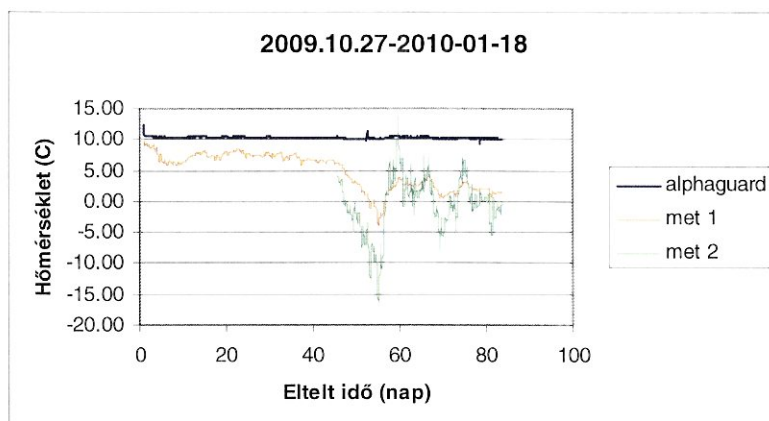


3. ábra

*A légnyomás időbeli változása. A kék vonal (alphaguard) a barlangon belüli radonkoncentráció mérési pontban, a narancssárga vonal (met 1) a barlangon belüli huzatos pontban mért értékeket jelöli a 2009.10.27-2010.12.18. közötti időszakban, a zöld vonal (met 2) a külső légnyomást jelöli a 2009.12.11-2010.01.18. közötti időszakra vonatkozóan. A 2009.10.27-2010.12.11. közötti külső légnyomás adatok nem álltak rendelkezésünkre.*

A hőmérséklet mérések eredményeiből jól látható (4. ábra), hogy a barlang azon pontján, ahol a radonkoncentráció monitorozása folyik és ami a bejáratától már olyan távolságban található, hogy külső hatások csak nagyon kis mértékben érik, a hőmérséklet állandónak tekinthető, értéke 9,2-10,5 °C között változik a vizsgált időszakban. Ezzel szemben a barlang huzatos helyszínén (Tyúklétra) a hőmérséklet negatív értékeket is felvett a mérés során, ami a külvilággal való szoros kapcsolatot igazolja. A hőmérsékleti görbe lefutása a külső hőmérséklethez hasonló, azonban csak kisebb amplitúdójú változások figyelhetők meg.





4. ábra

A hőmérséklet időbeli változása. A kék vonal (alphaguard) a barlangon belüli radonkoncentráció mérési pontban, a narancssárga vonal (met 1) a barlangon belüli huzatos pontban mért értékeket jelöli a 2009.10.27-2010.12.18. közötti időszakban, a zöld vonal (met 2) a külső hőmérsékletet jelzi a 2009.12.11-2010.01.18. közötti időszakra vonatkozóan. A 2009.10.27-2010.12.11. közötti külső hőmérséklet adatok nem álltak rendelkezésünkre.

A radonkoncentráció dinamikájának eddigi (2009.10.27-2010.01.18.) vizsgálatai alapján elmondható, hogy értéke egy-egy évszakon belül sem konstans, változását valamelyik külső tényező (pl. hőmérséklet) megváltozása okozza, ami reményeink szerint további vizsgálatainkkal meghatározható.

## *DOKUMENTÁCIÓS MUNKÁK*

2009.évben is jelentős időt fordítottunk a Pál-völgyi-barlang digitális **fordokumentálására**.  
**Térképezési munkáink** keretében a Jubileumi-szakaszban feltárt az addig csak vázlatosan felmért szakaszok nagy pontosságú felmérését folytattuk.

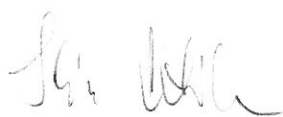
## *EGYÉB TEVÉKENYSÉGEK*

A rendszeres hétfégi kutatómunka mellett augusztusban ismét kettő hetes expedíciót szerveztünk **Montenegróba**, a Kotori-öböl térségébe.

A Társulat egyéb rendezvényei közül a **Szakmai Napokon** 7 fő képviselte csoportunkat; ahol előadást tartottunk az augusztusi montenegrói expedíció tapasztalatairól és eredményeiről.

Több alkalommal biztosítottunk **szakvezetést** a Pál-völgyi-barlangba engedélyezett látogatótúrákhoz is.

Budapest, 2009. február 13.



Kiss Attila  
csoportvezető, kutatásvezető

Zentay Péter  
kutatásvezető-helyettes