

## **BESZIVÁRGÓ VIZEK VIZSGÁLATA A HARCASZÁJÚ-BARLANGBAN**

SZALAI ZSÓFIA<sup>1</sup> – KISS KLAUDIA<sup>1</sup> – SZABÓ EMŐKE<sup>2</sup> –  
SZILI-KOVÁCS TIBOR<sup>3</sup> – VILLÁNYI ILONA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1./c

<sup>2</sup> Papp Ferenc Barlangkutató Csoport

<sup>3</sup> Magyar Tudományos Akadémia ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet,  
1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

kissklau7@gmail.com

*Abstract: In the caves of Buda Hills there have been many dripping water chemistry analyses for three decades, however we had no data from Harcsaszájú Cave. In our work we show the results of the first measurements in this cave.*

### **1. Bevezetés**

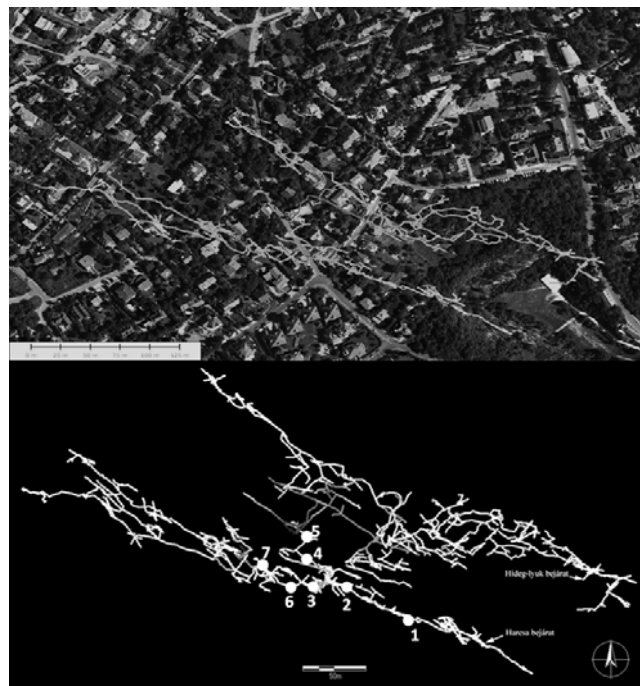
A Rózsadomb számos barlangjában végeznek vízminőség vizsgálatokat a '80-as évek óta. A Harcsaszájú-barlangban az állandó, havonkénti mintavételt 2011. decemberétől végezzük. Célunk a barlangot érő természetes és antropogén folyamatok vízminőségre gyakorolt hatásainak elemzése. A terület felszínborítása mára megváltozott (*MARI-FEHÉR* 1999): szinte teljesen beépült, ami a beszivárgási viszonyok és a csepegővizek kémiai összetételének változásához is hozzájárulhat. Minthogy a beszivárgó vizek a főkarsztvizet táplálják, védelmük különösen fontos.

### **2. A vizsgált barlang és környezete**

A Harcsaszájú-barlang a Rózsadomb alatt húzódik, a Látó-hegy lábánál. A barlang bejárata a Pálvölgyi-kőfejtő északnyugati sarkában 215 m tszf. magasságban nyílik, a felső művelési szinten a Bagyura-barlang fölött (*O.B.NY.*). Járatrendszere a Szépvölgyi Mészke Formációban alakult ki, illetve egyes magasabban fekvő járatai a mészkő fölé települt Budai Marga Formáció rétegeibe is felharapódnak. Az alsóbb részeken, – például a Mátyáshegyi-barlanggal ellentétben –, járatai sehol sem érik el a triász kori

szinteket. A főhasadékok csapásiránya követi a Pálvölgyi-barlang nyugati részének szerkezeti vonalait, Ny-Ény-i  $110^{\circ}$ - $290^{\circ}$ . Körülbelül 150 méteres távolságig mélyülnek, utána pedig emelkedni kezdenek. Fejlett keresztvasadékok csak ritkán alakultak ki (SZABÓ 2008, NAGY 2010).

A városi környezetben a geokémiai tényezőket az antropogén hatások is jelentősen befolyásolják. A barlang vízgyűjtő területét meghatározza, hogy járatai benyúlnak a Cseppkő utca alá, keresztezik a Pálvölgyi út vonalát, a legtávolabbi járatok pedig a Vihorlát és Napsugár utca közé esnek (NAGY et al. 2010). Járatai nagyrészt kertes házas lakóövezet alatt húzódnak (1. ábra). A Harcsaszájú-barlang vízgyűjtő területén számos veszélyeztető tényezőt találhatunk, úgy mint automata öntözőrendszerek, esővíz kivezetők, illegális személtlerakók, parkolók, utak csúszásmentesítése és medencék. Viszont a Pálvölgyi- és Mátyáshegyi-barlanggal ellentétben ez a barlang tömegközlekedéstől mentes mellékutcák alatt húzódik, és csatornabákat sem találtunk itt.



1. ábra: A Harcsaszájú-barlang felszínborítása és a mérőpontok sorrendben (1 – Cseppköves kürtő, 2 – Malacfürdő, 3 – Uffizi, 4 – Nagy kő alatt, 5 – Nedv-terem, 6 – Csodavár, 7 – Felbújó-terem)

Fig. 1: Land cover of Harcsaszájú Cave and measurement points

Az I. táblázatban összegezve látható, hogy az egyes komponensek milyen természetes, és antropogén hatások által kerülhetnek a felszín alatti vizekbe (különös tekintettel a Rózsadomb területére).

I. táblázat  
Table I.

*Az egyes komponensek természetes és antropogén forrásai  
Natural and anthropogenic sources of the chemical components*

Komponens	Természetes forrás	Antropogén forrás
Ca <sup>2+</sup> ; Mg <sup>2+</sup>	kőzetek (mészkö, dolomit), talajok	utak sózása
Cl <sup>-</sup>	ásványok	kommunális szennyvíz, utak sózása, háztartási vegyszerek (hipoklorit), medencék fertőtlenítése, vízvezeték hálózat meghibásodása, öntözőrendszerek
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ; NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ; NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	nem jellemző	emésztőgödörök, szikkasztók, műtrágyák, növényvédő szerek, csatornahálózat meghibásodása, szennyvizek rossz elvezetése
o- PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	elenyésző mennyiségű: kőzetek ásványai, talaj	csatornahálózat meghibásodása, szennyvizek, mosószerek, detergensok, foszfát tartalmú műtrágyák
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	szulfidércsek mállása, oldódása	tüzelőanyagok, szerves anyagok bomlása

### 3. Módszerek

A beszivárgó vizek vizsgálata 2011. december óta zajlik havi rendszerességgel. Jelen munkánkban a három téli hónap mérési eredményeit mutatjuk be. A barlangban hét mintavételi pontot helyeztünk el. A mintavételhez FEHÉR (1995) módszerét alkalmaztuk, amellyel állandó vízcserélődés érhető el, így mindig az aktuálisan legfrissebb vízmintát gyűjtjük be. A méréseket az MTA CSFK Földrajztudományi Intézet laboratóriumában végeztük el, a MAGYAR IVÓVÍZVIZSGÁLATI SZABVÁNYNAK megfelelően. A mért paraméterek illetve komponensek a következők: pH, vezetőképesség, keménységformák, lúgosság, kalcium-, magnézium-, hidrogénkarbonát-, klorid-, nitrát-, nitrit-, ammónium-, ortofoszfátion.

A Cseppköves kürtő és az Uffizi pontok mintáiból egy alkalommal mikrobiológiai vizsgálatot is végeztünk. A vizsgálathoz a mintát 0,45 mikrométeres Whatman membránszűrőn szűrtük át, majd a szűrőket összes heterotróf csíraszám meghatározáshoz Nutrient táptalajon 20°C-on, E. coli kimutatáshoz MLGA táptalajon 33°C-on 4 óráig, majd 44°C-on 16 órán keresztül tenyésztettük. A vizsgálat az MTA ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet laboratóriumában készült.

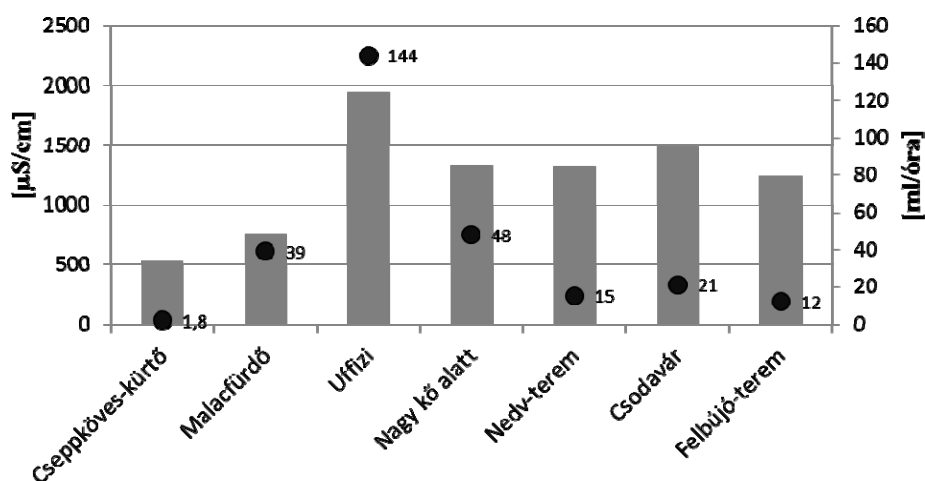
### 4. Eredmények

Jelen munkánkban a három téli hónap (2011. dec., 2012. jan., febr.) mérési eredményeit mutatjuk be. A mérőpontok jellemzéséhez az egyes mintavételi

helyekről vett minták átlagértékeit használtuk fel. Az eredményeket összehasonlítottuk más rózsadombi barlangokban vizsgált csepegővizek értékeivel, az összehasonlítást *BERGMANN* et al. 2011; *KISS* 2009, 2010, *FEHÉR* 2009, 2011 és *VIRÁG* et al. 2009 munkái alapján készítettük.

A pH értékek eltérése igen kicsi, 1 egységnyi eltérés sincs a legkisebb (Malacfürdő 7,8) és legnagyobb (Nagy kő alatt 8,4) pH értékű területek között. A beszivárgó vizek pH értéke más rózsadombi barlangok esetében sem mutat ehhez képest nagyon eltérő értékeket.

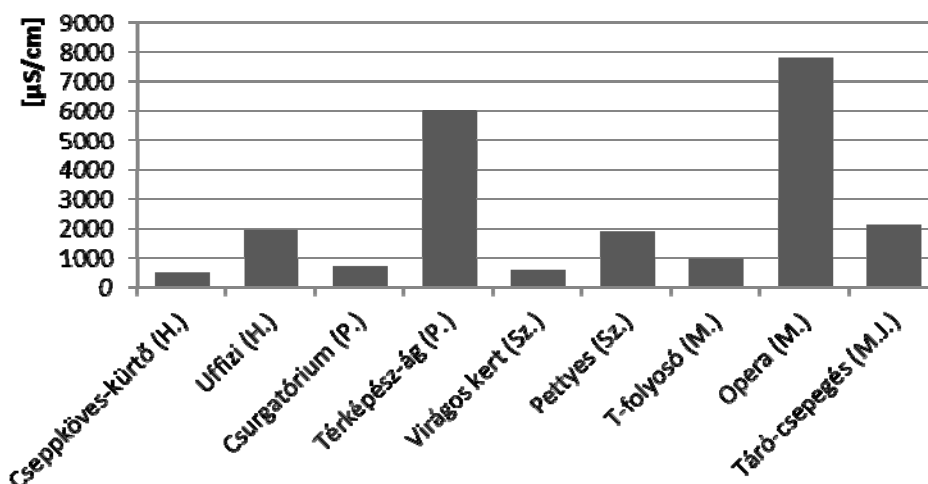
A fajlagos vezetőképesség értékek között több mint 1 nagyságrendi eltérés van a mintavételi pontok között (2. ábra). Értéke a legszennyezettebb ponton (Uffizi) a legmagasabb. A csepegési intenzitás és a szennyezettség között egyértelmű összefüggés nem mutatható ki. A vezetőképesség maximuma, a barlang legszennyezettebb pontján, harmada illetve negyede csak a Pálvölgyi- és Mátyáshegyi-barlang maximumainak. A barlang vezetőképesség értékei a Szemlő-hegyi-barlang és a Molnár János-barlang értékeihez hasonlítanak (3. ábra).



2. ábra: A fajlagos vezetőképesség átlagértékei és a csepegési intenzitás az egyes mérési pontokon  
 Fig. 2: Average values of the electrical conductivity and dripping intensity on each measurement point

A keménységformák szempontjából a barlang beszivárgó vizei nem tekinthetők tipikus karsztvizeknek. A karsztvizek jellemzésére használható a keménységi hányados (Kh.) jelzőszám, ami az összes keménység és a karbonát keménység egyenértékben kifejezett hányadosa. A karsztvizekre alacsony állandó keménység és alacsony keménységi hányados jellemző: 1,1 érték körüli (*MAUCHA-IZÁPY*, [www.fava.hu](http://www.fava.hu)). Ehhez képest a Harcsaszájú-barlangban jóval magasabb értékek mérhetők. Relatív alacsonyabb ke-

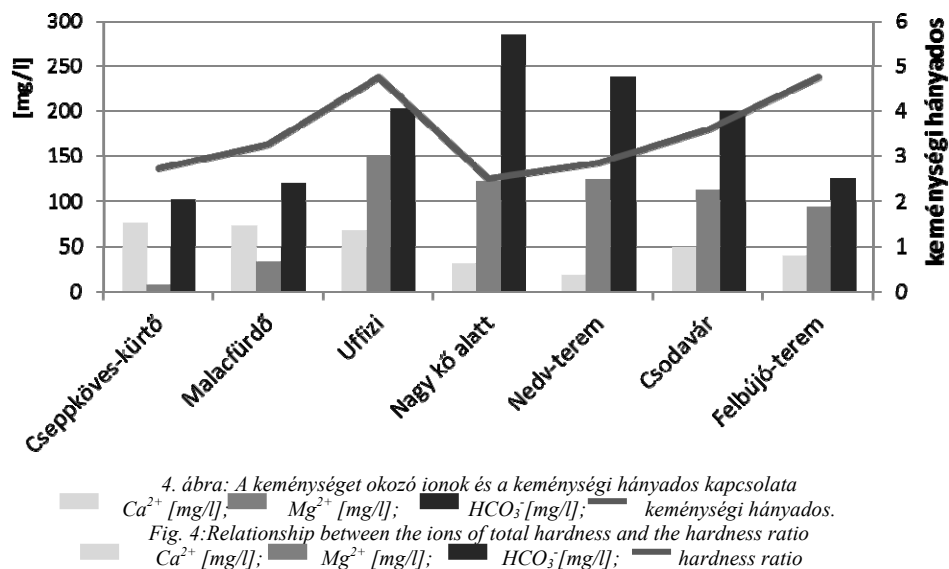
ménységi hányadossal rendelkező pont a Nagy kő alatti (2,48), a Cseppköves-kürtő (2,71) és a Nedv-terem (2,84) mintavételi helyek. Míg az Uffizi (4,75) és a Felbújó-terem (4,76) értékei a legmagasabbak (4. ábra), ezt az alacsonyabb hidrogén-karbonát és a magasabb magnézium-ion koncentráció okozza.



3. ábra Vezetőképesség értékek a rózsadombi barlangokban: H: Harcsaszájú-barlang, P: Pálvölgyi-barlang, Sz: Szemlő-hegyi-barlang, M: Mátyás-hegyi-barlang, M.J: Molnár János-barlang

Fig. 3: Electrical conductivity values in caves on Rózsadomb: H: Harcsaszájú Cave, P: Pálvölgyi Cave, Sz: Szemlő-hegy Cave M: Mátyás-hegy Cave, M.J: Molnár János Cave

A magnézium aránya a karsztvizekben általában kisebb, mint a kalciumé. A Harcsaszájú-barlangnál azonban ez az arány megfordul (4. ábra). A magnézium nagy aránya és abszolút mennyisége is arra enged következtetni, hogy legalább részben antropogén forrásból származik (utak sózására használt  $MgCl_2$ ). Ez az 1:2-nél a legtöbb ponton nagyobb  $Mg^{2+}:Cl^-$  arányból nem derül ki egyértelműen, a két ion közötti erős korreláció ( $r=0,880$ ) azonban ezt mutatja. FEHÉR (2009) a Pálvölgyi-, Szemlő-hegyi-, és Mátyás-hegyi-barlang 29 mintavételi pontját klaszter analízissel 11 csoportba osztotta. A csoportok magnéziumtartalma 10 és 110 mg/l között mozog, míg a Harcsaszájú-barlang esetében ennél nagyobb értékeket tapasztaltunk a Csodavárnál, a Nedv-teremnél, a Nagy kő alatt csepegővizeiben is illetve maximális értéke az Uffizi mintavételi ponton 151 mg/l.



A mérési pontok hidrogén-karbonát átlagértékei 100,7 mg/l és 285,4 mg/l között mozognak, ami alacsonyabb más magyarországi karsztos területek értékeinél (200-400 mg/l). Ennek oka a beszivárgási zóna kisebb mélysége és geológiai jellemzői (a magas agyagtartalom), illetve a talajtakaró teljes vagy részleges hiánya, degradáltsága (KISS 2010).

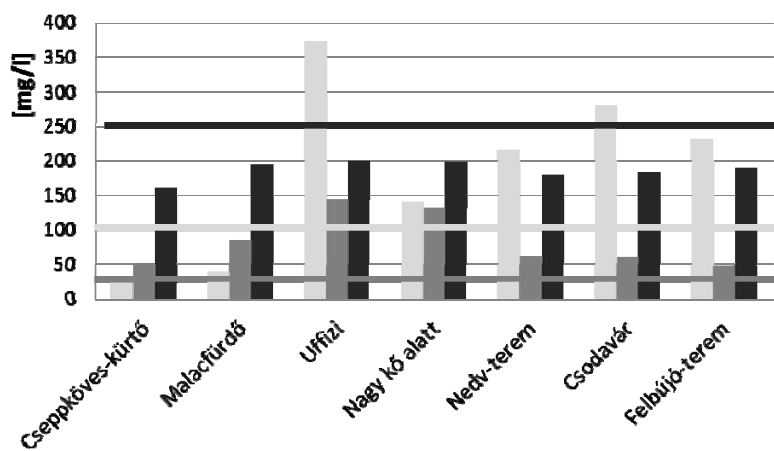
Az általában természetes eredetű szulfát koncentrációra nem jellemző nagy ingadozás. Minimuma a Cseppkőves-kürtőnél 161,8 mg/l, maximuma az Uffizinál 200,3 mg/l, és szennyezettségi határértéket (250 mg/l) egyik mintavételi ponton sem éri el mennyisége. Mivel azokon a mintavételi helyeken sem jelentősen alacsonyabb a szulfát koncentráció (5. ábra), ahol az egyéb antropogén ionok mennyisége alacsonyabb, ezért feltehető, hogy a szulfát ionok fő forrása ebben az esetben természetes „szennyezés”, mivel a barlangjáratok feletti Budai Márga rétegekből *jelentős mennyiségű szulfát oldódhat ki*. Az antropogén hatások sem zárhatók ki (ennek bizonyításához azonban évtizedekkel régebbi adatsorra lenne szükség, ami nem áll rendelkezésre a barlangból). Más rózsadombi barlangok csepegővizeinek szulfát tartalmához képest a Harcsaszájú-barlangban kisebb értéket tapasztaltunk.

Az *antropogén szennyezések* jellemzése szempontjából a legfontosabb anion a nitrát- illetve a klorid-ion (5. ábra). A mintavételi pontok között a legnagyobb eltérés a klorid koncentrációkban mutatkozik. Legkisebb koncentrációt a Cseppkőves-kürtőnél 23,1 mg/l, maximális koncentrációt pedig az Uffizinál mértünk: 374,2 mg/l. Kis klorid koncentrációjú pont még a Malacfürdő (39,4 mg/l), a többi mintavételi pont csepegővizeinek klorid

koncentrációja 141,3 és 280,3 mg/l közöttiek, azaz mind meghaladja a 201/2001 Korm. rendelet karsztszennyezést jelző határértékét (100 mg/l).

Az utak sózására a Rózsadombi barlangok területén tilos NaCl-ot használni, helyette MgCl<sub>2</sub>-ot használnak. A nátrium mennyiségének mérésére sajnos nem volt lehetőség, így nem lehet megállapítani, hogy mennyire tartják be ezt. A klorid jó összefüggést mutat a Mg<sup>2+</sup>-mal, és a fajlagos vezetőképességgel is (r=0,880 ill. r=0,953). A barlang beszivárgó vizeinek klorid-tartalma még a legszennyezettebb ponton is (Uffizi 374 mg/l) kevesebb, mint a Pálvölgyi-, vagy a Mátyás-hegyi-barlang maximum értékei.

A nitrát legnagyobb mennyiségét szintén az Uffizi vizeiben mértük (146,1 mg/l), de ennél az értéknél csak alig kevesebb a Nagy kő alatti mintavételi pont vizeiben a nitrát koncentrációja (133,3 mg/l). Ezek már jelentős mértékű szennyezést jeleznek. A nitrát a Felbújó-terem (48,4 mg/l) és a Cseppköves-kürtő (50,6 mg/l) vízmintáiban fordult elő a legkisebb mennyiségben, de a szennyezettségi határértéket (25 mg/l) itt is meghaladja koncentrációja. A legszennyezettebb pont (Uffizi) nitrát tartalma kevesebb, mint a Szemlő-hegyi- barlang legszennyezettebb pontja, viszont a Pálvölgyi- és Mátyás-hegyi- barlang maximális értékeit meghaladja.



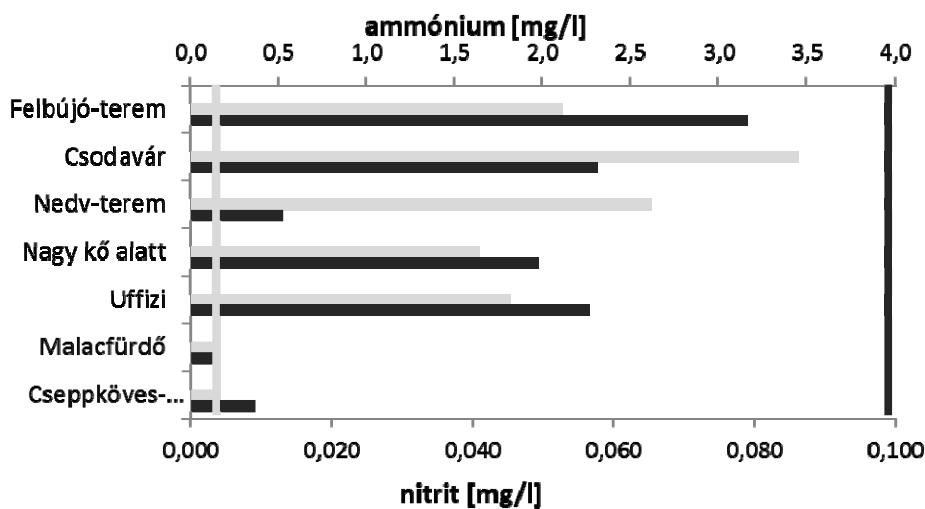
5. ábra: Az antropogén szennyezések fő komponenseinek (nitrát és klorid) mennyisége és a szulfát-tartalom a mintavételi pontokon (oszlopok ebben a sorrendben)  
 ■ klorid szennyezettségi határérték (100mg/l) ■ nitrát karsztszennyezést jelző határérték (25/100 mg/l)  
 ■ szulfát karsztszennyezést jelző határérték (250 mg/l)  
 Fig. 5: Nitrate, chloride and sulphate content of the measurement points. Contamination limits:  
 ■ chloride (100 mg/l), ■ nitrate (25 mg/l), ■ sulphate (250 mg/l)

Az ammónium-ion 1,64 mg/l és 2,61 mg/l közötti koncentrációja is antropogén szennyezésre utal, meghaladja mind 10/2000 (VI.2) Korm ren-

deletben meghatározott szennyezettségi határértéket (0,50 mg/l), mind a 201/2001 Korm. rendelet karsztzennyezést jelző határértékét (0,20 mg/l). Ehhez képest is kiugró értéket a Csodavárnál tapasztaltunk (3,45 mg/l). A Cseppköves-kürtő és a Malacfürdő mintavételi pontnál kimutatási határ alatt (0,2 mg/l) vagy csak alig kimutatható mennyiségben van jelen az ammónium (6. ábra). Más környező barlangokkal ellentétben (melyekben általában csak kimutatási határ alatt van jelen az ammónium) a Harcsaszájú-barlang vizeinek ammónium koncentrációja magasabb értékekkel jellemezhető.

A nitrit jelenléte is antropogén szennyezést mutat, de mennyisége a mintákban az előbb tárgyalt két fő antropogén szennyezőhöz, de még az ammónium-ionhoz képest elenyésző. Több ponton a nitrit kimutatási határ alatt vagy csak alig kimutatható mennyiségben van csak jelen. A 201/2001 Korm. rendelet karsztzennyezést jelző nitrit határértékét (0,10 mg/l) egyik ponton sem haladja meg mennyisége (6. ábra).

Az ivóvíz követelményrendszernek megfelelően Escherichia coli baktérium egyik ponton sem volt kimutatható. Az összes csíraszám a Cseppköves-kürtőnél  $2,5 \times 10^1$  CFU/ml, az Uffizinél értéke  $1 \times 10^2$  CFU/ml.



6. ábra: Az ammónium és nitrit koncentrációja az egyes mintavételi pontokon  
 ■ karsztzennyezést jelző ammónium határérték (0,20 mg/l)  
 ■ nitrit szennyezettségi határérték (0,10 mg/l)

Fig. 6: Ammonium and nitrite content of the measurement point. Contamination limits:  
 ■ ammonium (0,20 mg/l)  
 ■ nitrite (0,10 mg/l)



## 5. Következtetések, összefoglalás

Természetközeli állapotot jelző pontok a kevésbé beépített felszín alatt elhelyezkedő Cseppköves-kürtő és Malacfürdő, de a nitrát ion mennyisége itt is meghaladja a határértéket. Ez származhat a kertek műtrágyázásából, és a vízgyűjtő terület felsőbb részéről a felszínen lefolyó vizekkel kerül a karsztrendszerbe. A többi mintavételi ponton mindenhol erőteljesen megjelennek az antropogén szennyezések. A legszennyezettebb pont az Uffizi. A felszín az Uffizi járata felett már erőteljesen beépített kertes házakkal, ráadásul a mintavételi pont a Pálvölgyi-út és a Cseppkő utca kereszteződése alatt található (természetesen ez csak feltételezés, hiszen a beszivárgó vizek útját a rétegdőlés is módosítja). Az Uffizinál ugyan kisebb mennyiségben, de a további négy mintavételi ponton is jelentős antropogén szennyezés mutatható ki. A legjelentősebb szennyeződések a határértékeket a legtöbb esetben meghaladó nitrogénformák (nitrát, ammónium, nitrit), továbbá az utak sózásából származó magnézium és klorid, amit az egymással és a fajlagos vezetőképességgel mutatott erős korrelációjuk is alátámaszt.

Mivel a beszivárgó vizek a főkarsztvíz-rendszert táplálják, védelmük különösen fontos. A védelem céljából szükség lenne többek között az illegális szikkasztók felszámolására, a csapadék- és szennyvíz-elvezetők felülvizsgálatára, a vegyszerek mellőzésére, illetve az átmenő forgalom korlátozására, valamint a csepegővizek állandó, monitoring jellegű vizsgálatára.

## IRODALOM

10/2000. (VI. 2.) KöM–EüM–FVM–KHVM együttes 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.

*BERGMANN CS. – LEÉL-ŐSSY SZ. – FEHÉR K. – FÓRIZS I.* (2011): Vízvizsgálatok a Molnár János-barlangban – *Karsztfejlődés XVI.*, NyME, TTK, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, pp. 223-245.

*FEHÉR K.* (1995): Vízkémiai vizsgálatok a Szemplő-hegyi-barlangban. – *Környezeti Ártalmak és a Légzőrendszer V. Konferenciája*, Hévíz. pp. 47–52.

*FEHÉR K.* (2009): A Rózsadombi-termálkarszt szennyeződésveszélyeztetettségi vizsgálata. – *Diplomamunka*, Budapest magánkiadás, 79 p.

- FEHÉR K. (2011): Újabb adatok a Budai Termálkarszt beszivárgó vizeinek minőségéről – *Karsztfelődés XVI.*, NyME, TTK, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely. pp. 203-221.
- KISS K. (2009): A felszíni szennyezés hatása a barlangi beszivárgó vizekre a Mátyás-hegyi-barlang példáján. – *Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciája*, Szeged. [www.geography.hu](http://www.geography.hu)
- KISS K. (2010): Beszivárgó vizek vizsgálata a Budai-hegység néhány barlangjában – Kézirat, *Szakdolgozat*, Szegedi Tudományegyetem. 62. p.
- 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. (szerk.): *Essays in the ecology and conservation of karst. Spec. Issue of Acta Geographica Szegediensis*, Szeged. pp. 104–111.
- MAUCHA L. – IZÁPY G: Az Aggteleki-hegység karszthidrológiai vizsgálata a Jósvalói kutató állomáson – In: [http://fava.hu/publikaciok/-jubileumi\\_kiadvanyok/index1a.html](http://fava.hu/publikaciok/-jubileumi_kiadvanyok/index1a.html)
- NAGY G. (2010): A Harcsaszájú- barlang geológiai leírása – ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÓ (O.B.NY.) 5 p.
- NAGY G. – NYERGES A. – SZABÓ L. (2010): Jelentés a Harcsaszájú-barlangban 2010. évben folyt kutatásról, Budapest. 6 p
- SZABÓ L. (2008): Új feltárások a Harcsaszájú-barlangban. – *Kutatási jelentés a Duna-Ipoly Nemzeti Park számára*. 12 p.
- VIRÁG M. – MÁDLNÉ SZÓNYI J. – MINDSZENTY A. – ZIHNÉ PERÉNYI K. – LEÉL-ŐSSY SZ. – ERŐSS A. – SIKLÓSY Z. (2009): Az urbanizáció hatása a Budai barlangok csepegő vizeire a Szemlő-hegyi-barlang példáján – *Karsztfelődés XIV.*, NyME, TTK, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely. pp.57-81.