

**TERMÉSZETES NYOMJELZŐK ALKALMAZÁSA A MOLNÁR
JÁNOS-BARLANGBAN**

**THE APPLICATION OF NATURAL TRACERS IN THE MOLNÁR
JÁNOS CAVE**

CSONDOR KATALIN¹ – ERŐSS ANITA¹ – HORVÁTH ÁKOS² –
SZIEBERTH DÉNES³

¹ELTE TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott
Földtani Tanszék, Tóth József és Erzsébet Hidrogeológia Professzúra
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c, csondorkata@caesar.elte.hu

²ELTE TTK Fizikai Intézet, Atomfizikai Tanszék

³BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék

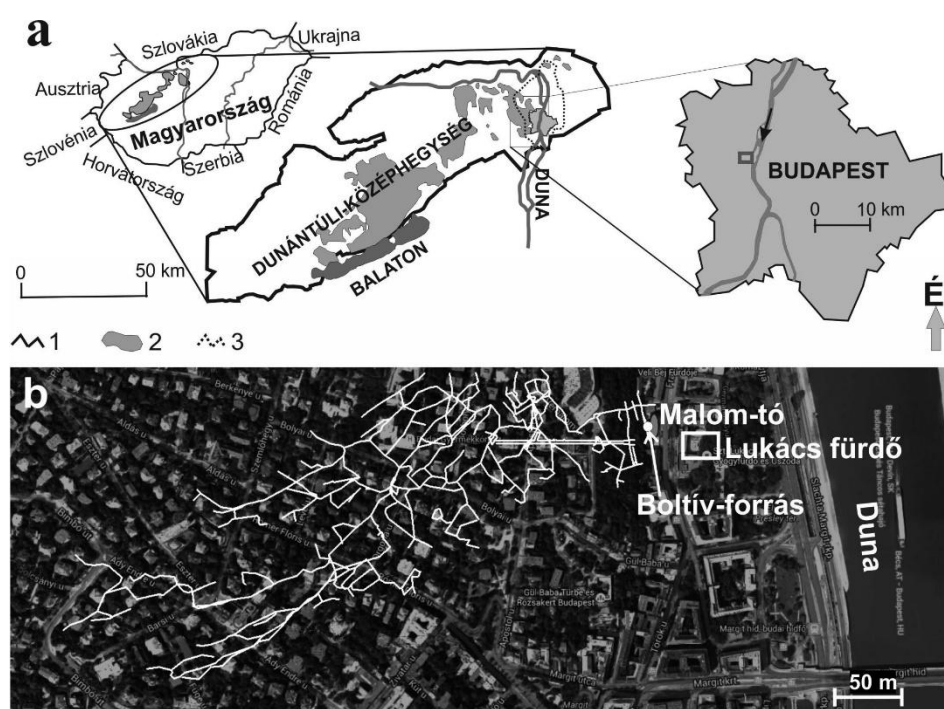
Abstract: The Molnár János cave is one of the largest hypogenic caves of the Buda Thermal Karst (Budapest, Hungary) and mainly characterized by water-filled passages. The major outflow point of the waters of the cave system is the Boltív spring, which feeds the artificial Malom Lake. The cave has been formed by mixing corrosion and previous research established the two mixing end-members based on radionuclide measurements. In addition iron-hydroxide containing biofilms were found, which could also be related to mixing, and these biofilms efficiently adsorb radium from the thermal water component. Since mixing of waters is responsible for the formation of the cave, these iron-hydroxide containing biofilms and the consequent high radon concentrations mark the active cave forming zones. Based on previous radon measurements, it is supposed that the active mixing and cave forming zone has to be close to the spring, since the highest radon concentration (71 BqL⁻¹) was measured there. Therefore radon mapping was carried out with the help of divers in order to get a spatial distribution of radon in the cave passages closest to the spring. Field parameters of the samples (pH, temperature, specific electric conductivity) and the radon activity concentration in addition to general water chemical parameters (main ions) were determined. Based on our measurements, the highest radon activity concentration (84 BqL⁻¹) was found in the springwater. Based on the distribution of radon activity concentrations, direct connection was established between the spring and the deepest point of the cave (István-room), which was verified by an artificial tracer. However, the distribution of radon in the cave passages shows lower concentrations (18-46 BqL⁻¹) compared to the spring, therefore an additional deep inflow from hitherto unknown cave passages is assumed, from which waters with high radon content arrive to the spring. These passages are assumed to be in the active cave formation zone. This study proved that radon activity concentration distribution is a useful tool in underwater cave exploration.

Keywords: Radon, Hypogene, Cave exploration, Mixing, Natural tracer

Bevezetés

A Budai Termálkarszt a Dunántúli-középhegység egyik regionális megcsapolódási területén alakult ki (1. ábra). Az itt megcsapolódó termálvizek felelősek a területen található hipogén barlangok kialakulásáért, illetve a termálvizekre épült a főváros híres fürdőkultúrája is. Az egyik jelentős, ma is aktív hipogén barlang a Molnár János-barlang a Budai Termálkarszt rózsá-

dombi megcsapolódási területén található, melynek járatai – néhány kivételével – vízzel telítettek. A barlang vizének megcsapolódási pontja a Boltív-forrás, mely a mesterséges Malom-tavat táplálja. A Molnár János-barlanggal közös hidrogeológiai rendszert alkotó Boltív-forrásnak és Malom-tónak évtizedekre visszanyúló kutatási előzményei vannak. A területen zajló hidrogeológiai szempontú kutatások (ERŐSS *et al.* 2011, ERŐSS *et al.* 2012A,B, ERHARDT *et al.* 2017) bebizonyították azt a korábban szpeleológiai alapokon levezetett tényt, hogy a térségben különböző hőmérsékletű és kémiai összetételű vizek keveredése felelős a barlangképződésért.



1. ábra: a) a Budai Termálkarst elhelyezkedése a Dunántúli-középhegység regionális megcsapolódási pontján. Jelmagyarzat: 1: mezozoikumi karbonátok felszín alatti elterjedése, 2: fedetlen mezozoikumi karbonátok, 3: Budai Termálkarst. b) A Molnár János-barlang (felülnézeti poligon), a Boltív-forrás és a Malom-tó elhelyezkedése Budapesten belül.

Fig. 1.: a) Location of the Buda Thermal Karst in the Transdanubian Range and the study area in Budapest. Legend: 1: Subsurface boundary of Mesozoic carbonates, 2: Uncovered Mesozoic carbonates, 3: Buda Thermal Karst. b) Location of the Molnár János cave, Boltív-spring, Malom-lake and Lukács Spa in Budapest.

A keveredő szélsőtagokat radionuklidok (^{222}Rn , ^{226}Ra , $^{234+238}\text{U}$) segítségével határozták meg, ahol a meteorikus szélsőtag $12\text{ }^\circ\text{C}$ -al és 775 mg/l összes oldott anyaggal (TDS-el) jellemezhető, míg a termális szélsőtag $76,5\text{ }^\circ\text{C}$ hőmérsékletűnek adódott 1440 mg/l TDS-el (ERŐSS *et al.* 2012a). Mindemellert ezeknek a vizeknek a keveredése által vas-oxihidroxid tartalmú

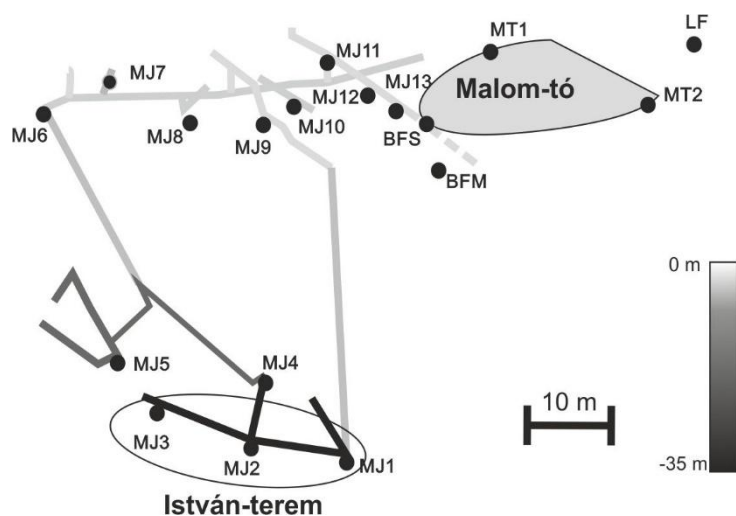
biofilmek keletkeznek a keveredési zónában (*BORSODI et al.* 2012, *ERŐSS* 2010, *ERŐSS et al.* 2012B, *MÁDL-SZŐNYI, ERŐSS* 2013), melyek kitűnően adszorbeálják a rádiumot a termálvízből, ezzel lokális radon anomáliát okozva a biofilmek közelében. A radon koncentrációk mérésére is fókuszáló korábbi tanulmányok (*BARADÁCS et al.* 2002, *BODOR et al.* 2014, *ERŐSS et al.* 2012b, *RESTÁS-GÖNDÖR* 2015) alapján a rendszerben mérhető legmagasabb radon koncentráció a Boltív-forrásban volt (71 Bq/l, átlagosan 44 Bq/l), ezáltal feltételezhető, hogy az aktív keveredési és barlangképződési zóna a forrás közelében található.

Mindezek alapján a kutatás fő célja a Molnár János-barlangban a radon elterjedésének feltérképezése volt. Emellett általános geokémiai paraméterek mérésével (főbb ionok) a szélső tagok és a különböző keveredési arányokkal létrejövő vizek előfordulásáról próbáltunk információt szerezni. A Molnár János-barlang egyedülálló lehetőséget biztosít az aktív hipogén karsztos rendszerek megismeréséhez és keletkezésük alaposabb megértéséhez.

Alkalmazott módszerek

A kutatás folyamán a 4 mintavételi alkalommal összesen 42 vízminta gyűjtése történt meg 19 helyről: a Molnár János-barlangban, a Boltív-forrásban illetve a Malom-tóban. A mintavételi pontok közül 12 a barlangon belül található (MJ), 2 Malom-tóban (MT), 4 a Boltív-forrásban (BF) és 1 a Lukács fürdőben (2. *ábra*). A Boltív-forrásban található 4 pontból, 2 a sekélyebb vizek mintázására (BFS), 2 pedig a mélyebb vizek (BFM) mintázására szolgált. A Lukács fürdő egy csövön keresztül hasznosítja a barlang vizét, így ezért került a mintavételi pontok közé a fürdő is. Mivel a korábbi kutatási eredmények alapján a Boltív-forrás radon tartalma volt a legmagasabb, ezért a barlang forráshoz közeli részén, az úgynevezett „régiben” történtek a mintavételek, amely az egész barlangrendszer (~ 6 km) csak egy részét (~500 m) képezi. A megfelelő térbeli eloszlás elnyerése érdekében próbáltunk arra törekedni, hogy a mintavételi pontok azonos közönként legyenek (2. *ábra*). A vízminták gyűjtése a barlang víz alatti részén búvárok segítségével történt. Az általános vízkémiai analízishez PP palackokba történt a mintavétel. A radon vizsgálatokhoz egy speciális üveg küvettába (23 ml) kerülnek a vízminták, amik előre egy speciális szcintillációs koktéllal (Opti-Fluor O) vannak töltve. A radon minták gyűjtéséhez a búvárok 10 ml-es fecskendőket használtak. Az egyes mintavételi pontokon gyűjtött vízminták fajlagos elektromos vezetőképesség és pH értékeinek rögzítése a felszínen történt meg az adott mintavételi kampány legvégén. Emiatt a vízminták hő-

mérsékleti adatai már nem az eredeti viszonyokat tükrözték, ezért értelmezésük nem történt meg. A barlangot kitöltő víz hőmérsékleti viszonyairól a búvárok korábbi méréseinek segítségével kaptunk információt. A mintázások során a terepi fiziko-kémiai paraméterek, mint a hőmérséklet, pH, fajlagos elektromos vezetőképesség rögzítése a helyszínen WTW multi 3430 SET G (hiba: 1%, referencia hőmérséklet 25°C), Dataqua DA-DTK (hiba: 1,5 %, referencia hőmérséklet 20 °C) és Testo 206 pH (pontosság: 0,02) műszerek segítségével zajlott.



István-terem

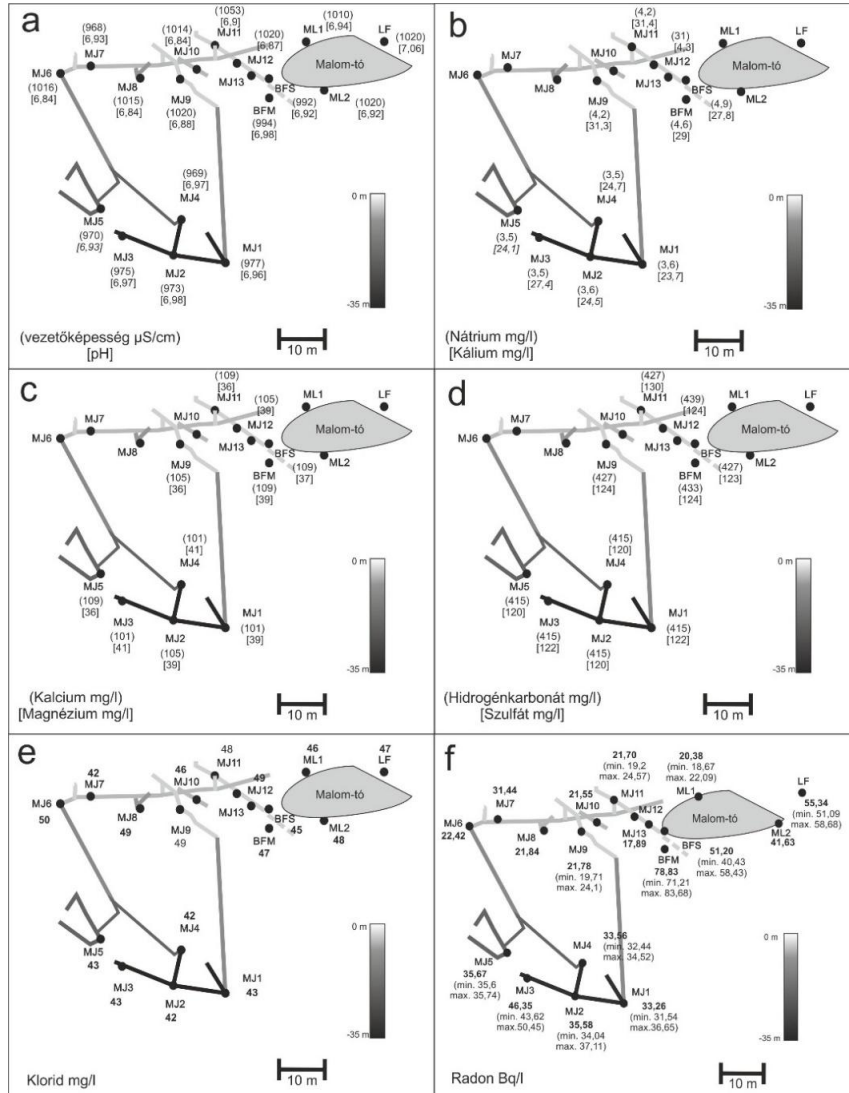
2. ábra: Mintavételi pontok a Molnár János-barlangban, a Boltív-forrásban és a Malom-tóban.
 Jelmagyarázat: MJ: Molnár János-barlang, BFS: Boltív-forrás sekély rész (1-2 méter), BFM: Boltív-forrás mély rész (5-6 méter), MT: Malom-tó, LF: Lukács fürdő. A színárnyalatok a mélység függvényében értendők, legvilágosabban a legsekélyebb (- 5 méter) járatok vannak jelölve, míg legsötéttebbel a legmélyebben fekvő járatok (-35 méter).

Fig.2.: Location of the sampling points.

Legend: MJ: Molnár János cave, BFS: Boltív-spring shallow part (1-2 meter depth), BFM: Boltív-spring deep part (5-6 meter depth) MT: Malom-lake, LF: Lukács spa. The shallower and the deeper cave passages are marked by different color tint on the map, the lighter one is the shallowest region (-5 meter below surface) and the darker is the deepest (- 35 meter below surface).

A vízminták általános vízkémiai elemzése az ELTE Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékének laboratóriumában történt titrimetriás mérésekkel az érvényben levő magyar szabványoknak megfelelően. Az egyes paraméterek hibái az alábbiak: HCO_3^- : 12 mg/l; Cl^- : 2 mg/l; Ca^{2+} : 5 mg/l; Mg^{2+} : 2 mg/l; Na^+ : 2 mg/l; K^+ : 5 mg/l; SO_4^{2-} : 5 mg/l. A radon koncentrációkat folyadék szcintillációs méréssel határoztuk meg az ELTE Atomfizika Tanszékén Tricarb 1000 típusú műszerrel.

Eredmények



3. ábra: a) az egyes mintavételi pontokhoz tartozó átlagos (vezetőképesség) értékek $\mu\text{S/cm}$ -ben kifejezve és az átlagos [pH] értékek; b) az egyes mintavételi pontokhoz tartozó átlagos (nátrium) és [kálium] értékek mg/l-ben kifejezve; c) az egyes mintavételi pontokhoz tartozó átlagos (kalcium) és [magnézium] értékek mg/l-ben kifejezve; d) az egyes mintavételi pontokhoz tartozó átlagos (hidrogénkarbonát) és [szulfát] értékek mg/l-ben kifejezve; e) az egyes mintavételi pontokhoz tartozó átlagos klorid értékek mg/l-ben kifejezve; f) az egyes mintavételi pontokhoz tartozó radon értékek Bq/l-ben kifejezve. A színárnyalatok a mélység függvényében értendők, legvilágosabban a legsekélyebb (- 5 méter) járatok vannak jelölve, míg legsötéttebbel a legmélyebben fekvő járatok (-35 méter).

Fig.3.: a) distribution of the electrical conductivity values [$\mu\text{S/cm}$] and pH values; b) distribution of the sodium and potassium values [mg/l]; c) distribution of the calcium and magnesium values [mg/l]; d) distribution of the bicarbonate and sulphate values; e) distribution of the chloride values [mg/l]; f) distribution of the radon activity concentrations [Bq/l]. The shallowest and the deeper cave passages are marked by different color tint on the map, the lighter one is the shallowest region (-5 meter below surface) and the darker is the deepest (- 35 meter below surface).

Az eredmények bemutatásához fontos megjegyezni, hogy az egyes mintavételek alkalmával technikai okok miatt nem történt minden egyes pontról mintagyűjtés, így vannak pontok ahol több mérési adattal is rendelkezünk, azonban vannak olyanok is, ahol csak egy adat van. Annak érdekében, hogy azokat a mintavételi pontokat is be lehessen vonni a kiértékelésbe, ahonnan csak egy alkalommal történt mintavétel, illetve a több adattal rendelkező pontoknál használhassunk átlagolt értéket, szükséges volt az egyes pontokon különböző időpillanatban vett minták paramétereinek változékonyságának vizsgálata. A leíró statisztikához azoknak a pontoknak a paramétereit használtuk fel, ahol több alkalommal sikerült mintát gyűjteni. Ezek alapján azt az eredményt kaptuk, hogy a különböző alkalmakkor vett minták paramétereinek relatív szórása igen kicsi (0,004 és 0,1 közötti). Ez azt bizonyítja, hogy az egyes pontoknál, különböző időpillanatban vett minták paramétereik között nem történik változás, így az egyes pontok összehasonlíthatók egymással illetve ahol több mérési eredmény is van, használhatunk átlagot.

A mintavételi pontok vízkémiai paramétereik közül elsőként a pH és a fajlagos elektromos vezetőképesség kerül bemutatásra (*3.a ábra*). A pH értékek 6,77 és 7,06 között változtak, a leíró statisztika alapján ennek a paraméternek volt a legkisebb a relatív szórása (0,07) és az egyes pontok közötti változékonysága mindössze 4 %. A fajlagos elektromos vezetőképesség értékek 965 $\mu\text{S}/\text{cm}$ és 1118 $\mu\text{S}/\text{cm}$ között alakultak (*3.a ábra*). Ennél a paraméternél az egyes pontok közötti eltérés maximális mértéke 14 % volt. A barlang magasabban fekvő járataiban (MJ6, MJ7, MJ8, MJ9, MJ10, MJ11), illetve a Malom-tóban (MT1, MT2, LF) 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ feletti értékek a jellemzőek, míg a barlang alacsonyabban fekvő járataiban (MJ1, MJ2, MJ3, MJ4, MJ5) és a Boltív-forrásban átlagosan ezen érték alatt maradtak a fajlagos elektromos vezetőképesség értékei (*3.a ábra*).

Kationok közül a kalcium, magnézium, nátrium és kálium koncentrációjának meghatározása történt meg. Ahogy az a fajlagos elektromos vezetőképesség értékekben is látszik, hogy a magasabb értékek a barlang magasabban fekvő járataiban jellemzőek, így ez jellemzi a különböző kationok és anionok eloszlását is. A nátrium koncentrációk 3,5-4,9 mg/l között, a kálium értékei 23,7-31,4 mg/l között alakultak (*3.b ábra*). Előbbire 28% utóbbira 25% változékonyság jellemző. A kalcium esetében 101,1 mg/l minimum és 108,6 mg/l maximum, a magnézium esetében 36,4 mg/l és 40,9 mg/l közötti koncentráció értékek jellemzőek (*3.c ábra*). A kalcium változékonysága az egyes pontok között 7%, a magnéziumé 11%. Az anionok esetében is hasonló koncentráció különbséget kaptunk a különböző pontok között. A hidrogénkarbonát minimum és maximum értékei 415 mg/l és 439 mg/l között alakultak (*3.d ábra*), változékonysága 6%. A szulfát-ion 120 mg/l mi-

nimummal és 130 mg/l maximum koncentrációval volt jellemezhető (3.d ábra), a klorid-ion minimum koncentrációja 41 mg/l, maximum koncentrációja 55 mg/l (3.e ábra), változékonyságuk 8% és 25%. Az egyes paramétereknél tapasztalható változékonyságok a különböző mintavételi pontoknál az adott paraméter mérési hibája körül alakult.

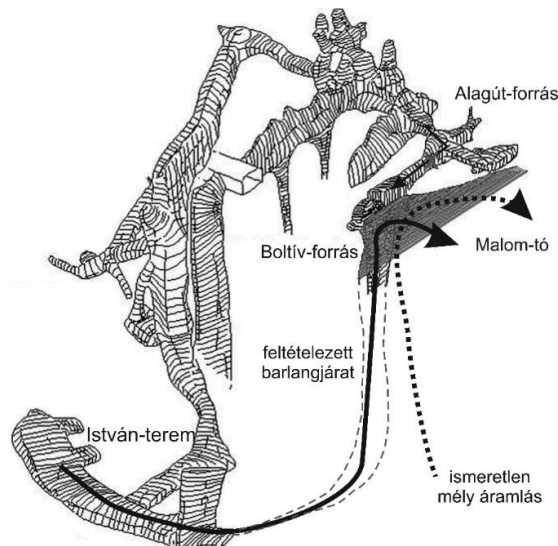
Az általános kémiai paraméterek mellett a radon koncentrációk kerültek meghatározásra. A radon esetében a legkisebb koncentráció 13 Bq/l, míg a legmagasabb koncentráció 84 Bq/l volt (3.f ábra), így összességében ez a paraméter volt a legváltozékonyabb, 85%-al. Az egyes paraméterek változékonysága az adott paraméterre vonatkozik, más paraméterekkel változékonyságával nem összehasonlítható.

Kiértékelés

Az általános vízkémiai paraméterek alapján a Molnár János-barlang vizének vízkémiai fáciése Ca+Mg-os, Cl+SO₄-os fáciesű. Az anionfácies a termálvizek hatására utal. Az egyes mintavételi pontok kémiai paramétereinek esetében az látszik, hogy a sekélyebb mélységben található járatokban magasabb koncentrációk találhatóak (3.a-e ábra), mint az alacsonyabban fekvő járatokban. Ez annak a következménye lehet, hogy a barlangban a tágas járatok miatt szabad konvekció zajlik, tehát a magasabb hőmérsékletű (~24 °C), kisebb sűrűségű vizek, melyek magasabb oldott anyaggal rendelkeznek a járatok felső szakaszán lesznek jellemzőek, rárétegződve az alacsonyabb hőmérsékletű (~21 °C), nagyobb sűrűségű vízre. Mivel az egyes paraméterek változékonysága a mérési módszerek hibái körül alakulnak, így ezeknek a paramétereknek a változékonyságából messzemenő következtetések nem vonhatók le. Ettől eltérően alakultak a radon koncentrációk. A magasabb koncentrációk a barlang ezen szakaszának legmélyebb pontján az István-teremnél, a Boltív-forrásban, illetve a Malom-tóban voltak (3. f ábra). Az MJ11-es pont, az úgynevezett Alagút-forrás egy hasadékból helyezkedik el a Boltív-forrással, azonban ennek koncentrációja jóval alacsonyabb (22 Bq/l) a Boltív-forrásénál (79 Bq/l), ezzel kizárható, hogy jelentősebb víz-áramlás lenne az Alagút-forrás felől a Boltív-forrás felé, azaz a Boltív-forrás az Alagút-forráson keresztül nyerve el magasabb radon koncentráció tartalmát. A barlangban zajlott korábbi kutatások alapján (ERŐSS et al., 2012a, 2012b) a magasabb radon anomáliával rendelkező helyek nem a vizek fiziko-kémiai paramétereivel voltak összefüggésben, hanem az adott helyen a keveredés következtében megjelenő biofilmekhez kapcsolhatók. Az István-terem környékén a bűvárok észlelték ezeknek biofilmeknek a jelenlétét,

azonban a Boltív-forrásban nem. Az István-teremben mért magasabb radon koncentrációk a terem és a forrás kapcsolatára utalnak

Diszkusszió



4. ábra: A Molnár János-barlang 3 dimenziós ábrázolása a Boltív-forrás közelében, jelölve a mesterséges nyomjelzéssel feltételezett barlang szakasszal (Kalinovits és Kollár 1984 alapján).
Fig.4.: The 3D model of the MJ cave closest to the Boltív-spring (Kalinovits and Kollár, 1984). It shows the supposed passageway based on the artificial tracer test, furthermore illustrates the water components of the springwater suggested by the results of this study.

A barlang mélyebb régiójában, az István-teremben illetve a Boltív-forrásban mért legmagasabb radon koncentráció alapján feltételezhető egy esetleges kapcsolat (aktív vízáramlással jellemezhető járat) a két pont között. Ennek a kapcsolatnak a vizsgálatára mesterséges nyomjelzőt használtunk. A nyomjelző anyag NaCl volt melyet tömény mennyiségben injektáltak a bűvárok az István-terembe. A cél a Boltív-forrás vizének vezetőképesség értékének a növelése volt. A kellő mennyiségű nyomjelző anyag kiszámításához a barlang poligon térképét vettük alapul, mely alapján azt feltételeztük, hogy az ismeretlen járat maximum 50 méter hosszú és körülbelül 20 cm széles, 10 m³ vízzel kitöltve. Ennek alapján összesen 2 kg NaCl-ot oldottunk fel 7,5 liter vízben. Annak a vizsgálatára, hogy a nyomjelző anyag megérkezik-e a forráshoz, egy Dataqua DA-DTK típusú vezetőképesség mérő műszerrel detektáltuk folyamatosan a forrás vizének vezetőképesség értékét. A forrás vizének vezetőképesség értéke az injektálás előtt 855 $\mu\text{S}/\text{cm}$ volt. Fél órával az injektálás után a vezetőképesség érték megugrott 1052 $\mu\text{S}/\text{cm}$ -re, ezzel

bizonyítottá vált a kapcsolat a Boltív-forrás és az István-terem között (4. ábra). Mivel az István-terem radon koncentrációja (33-46 Bq/l) alatta marad a Boltív-forrás mélyebb részének radon koncentráció értékének (79-84 Bq/l) a Boltív-forráshoz valószínűsíthetően egy mélyebb régióból is érkezik magasabb radon koncentrációval jellemezhető víz. A Budai Termálkarszton folyó korábbi kutatásokban észlelt vas-oxihidroxidos biofilmek a Boltív-forrás jelenleg ismert, és bűvárok által járható részén nem voltak jelen.

Összefoglalás

A Budai Termálkarszton található aktív hipogén barlang, a Molnár János-barlang világviszonylatban is ritkának számít, ahol kitűnően tanulmányozhatók az aktív hipogén karsztos folyamatok. A barlang vizét megcsapoló Boltív-forrás egyike a Budai Termálkarszt természetes forrásainak, mellyel a karsztrendszer dinamikája is vizsgálható. A kutatás fő célja természetes nyomjelzők alkalmazása volt a Boltív-forrásban és a forráshoz közelebbi barlangszakaszban annak érdekében, hogy a forrás és a mögötte elhelyezkedő barlang kapcsolatáról és áramlási viszonyairól képet kaphassunk. A főbb ionok mérésével a szélső tagok és a különböző keveredési arányokkal létrejövő vizek előfordulásáról próbáltunk információt szerezni. Az általános vízkémiai paraméterek mellett kitüntetett szerepe volt a radonnak, mely forrásként vas-oxihidroxidos biofilmeket azonosítottak korábbi kutatások. A barlang nagyméretű járatainak köszönhető szabad konvekció miatt a keveredő, különböző hőmérsékletű és oldott anyag tartalmú hideg és meleg vizek előfordulásában rétegződés figyelhető meg, emiatt a keveredési zóna ezekkel a paraméterekkel nem fogható meg. Ezzel ellentétben a radon a keveredési zónában található biofilmekhez köthető, ezért jelezheti jobban a keveredést, bármelyik másik fiziko-kémiai paraméterhez képest.

A bemutatott eredmények alapján az egyes mintavételi pontok általános kémiai paramétereinek változékonysága elmaradt a radon koncentrációkban tapasztalt eltérésekhez képest. A radon koncentrációk térbeli eloszlásából két pont – az István-terem és a Boltív-forrás – közötti feltételezett kapcsolatot sikerült igazolni mesterséges nyomjelző segítségével. Mindemellett a radon eredmények alapján feltételezhető, hogy a Boltív-forrás egy olyan hasadékkal áll kapcsolatban, ahol ma is zajlik a keveredés olyan járatokban, amiket ma még nem ismerünk.

Köszönetnyilvánítás

A Molnár János-barlangban folyt kutatások az ELTE TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén az OTKA NK 101356 pályázathoz kapcsolódtak. Szeretnénk köszönetet mondani a Molnár János-barlang bűvárainak, akik segítettek a vízminதாக felszínre hozatalában, illetve köszönettel tartozunk a Budapest Gyógyfürdői és Hévízei Zrt.-nek. Mindemellett köszönettel tartozunk Benkó Zsoltnak a gondolatébresztő és alapos lektorálásáért.

IRODALOM

- BARADÁCS, E., DEZSŐ, Z., HUNYADI, I., CSIGE, I., MÓCSY, I., MAKFALVI, Z., SOMAY, P. (2002): Felszínalatti vizek maratottonyom-detektoros eljárással mért ^{222}Rn - és ^{226}Ra -tartalma (^{222}Rn and ^{226}Ra content of groundwaters) – Magyar Kémiai Folyóirat, 108(11) pp. 492–500.
- BODOR, P., ERŐSS, A., MÁDLNÉ SZŐNYI, J., CZUPPON, GY. (2014): A Duna és a felszín alatti vizek kapcsolata a rózsadombi megcsapolódási területen (Interaction between the groundwater and the Danube at the Rózsadomb discharge area) – Karsztfejlődés XIX pp. 63–75.
- BORSODI, A.K., KNÁB, M., KRETT, G., MAKK, J., MÁRIALIGETI, K., ERŐSS, A., MÁDL-SZŐNYI, J. (2012): Biofilm bacterial communities inhabiting the cave walls of the Buda Thermal Karst System, Hungary – Geomicrobiology Journal 29(7) pp. 611–627.
- ERHARDT I., ÖTVÖS V., ERŐSS A; CZAUNER B., SIMON SZ., MÁDL-SZŐNYI J., (2017): Hydraulic evaluation of the hypogenic karst area in Budapest (Hungary) – Hydrogeology Journal, 25(6), pp 1871–1891
- ERŐSS, A. (2010): Characterization of fluids and evaluation of their effects on karst development at the Rózsadomb and Gellért Hill, Buda Thermal Karst, Hungary – PhD thesis, ELTE, 171 p.
- ERŐSS, A., MÁDL-SZŐNYI, J., CSOMA, A.É. (2012a): Hypogenic karst development in a hydrogeological context, Buda Thermal Karst, Budapest, Hungary – In: Maloszewski P, Witczak S, Malina G (szerk.) Groundwater Quality Sustainability: IAH Selected Papers on Hydrogeology 17, London, CRC Press, Taylor and Frances Group pp. 119–133.
- ERŐSS, A., MÁDL-SZŐNYI J., SURBECK H., HORVÁTH Á., GOLDSCHIEDER N., CSOMA A.É. (2012b): Radionuclides as natural tracers for the characterization of fluids in regional discharge areas, Buda Thermal Karst, Hungary – Journal of Hydrology pp. 426–427:124–137.
- KALINOVITS, S., KOLLÁR K. A. (1984): Molnár János barlang (Map of the Molnár János Cave) – Magyarország barlangtérképei 5.

MÁDL-SZŐNYI, J., ERŐSS, A. (2013): Effects of regional groundwater flow on deep carbonate systems focusing on discharge zones – Proceedings of the International Symposium on Regional Groundwater Flow: Theory, Applications and Future development. 21–23. June Xi'an, China. China Geological Survey, Commission of Regional Groundwater Flow, IAH, pp. 71–75.

RESTÁS-GÖNDÖR, A. (2015): Izotóphidrogeológiai vizsgálatok a Molnár János-barlangban (Isotope hydrogeological studies in the Molnár János Cave) – MSc thesis, ELTE, 93 p.