

A felszíni szennyezés hatása a barlangi beszivárgó vizekre a Mátyás-hegyi-barlang példáján

Kiss Klaudia

*ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1./c.
E-mail: kissklau7@gmail.com*

1. Bevezetés

Az antropogén folyamatok az elmúlt évszázadban felerősödtek. Következményeik a karszterületeken - azok sérülékenysége, a rendszer háromdimenziós határfelületéből adódó különleges érzékenysége (Keveiné Bárány 1998, 2005; Ravbar 2007) miatt - fokozottan jelentkeznek.

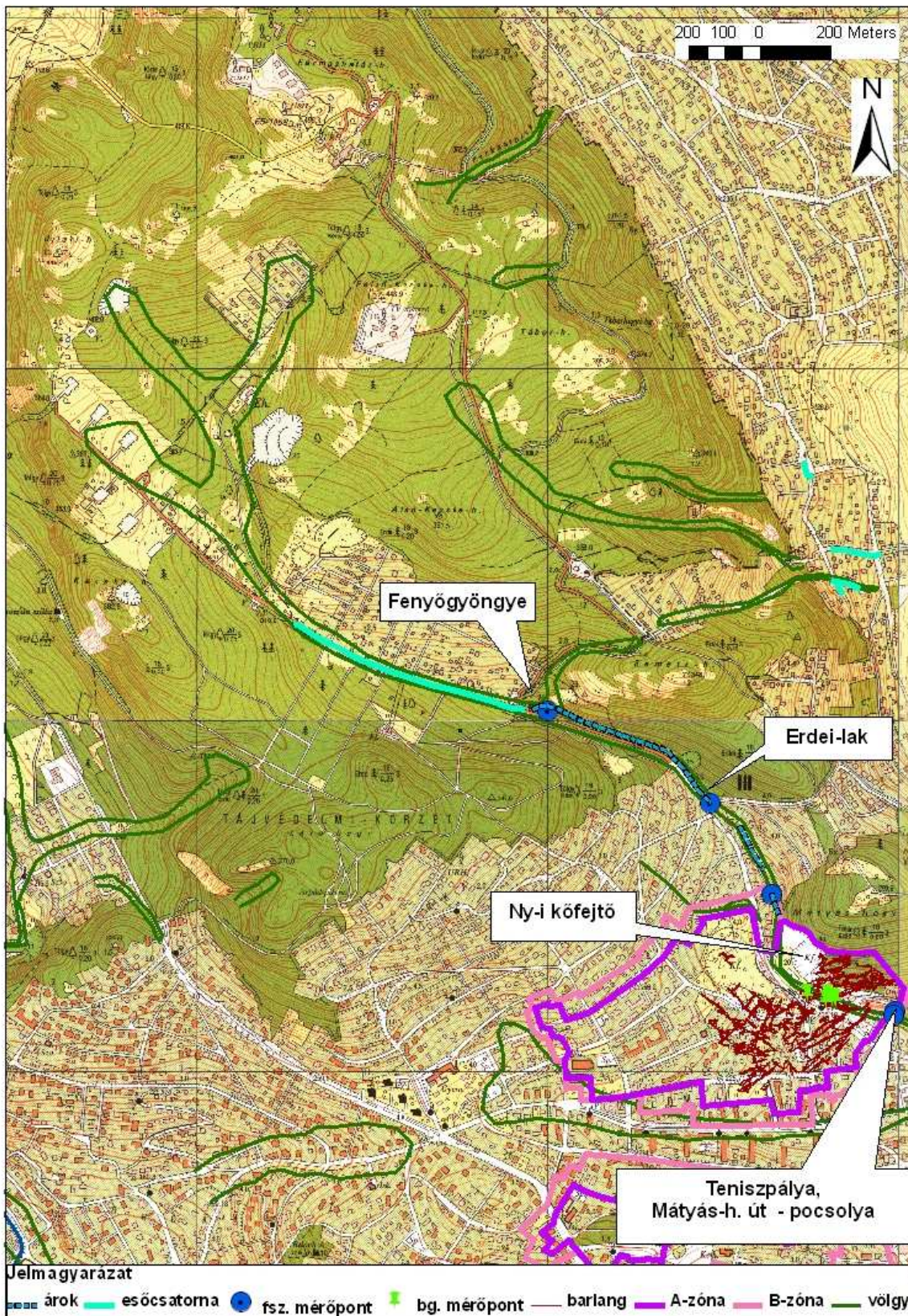
Különösen nagy problémát jelent ez a budapesti Rózsadombi Termálkarszt esetében. A korábban természetes talaj- és növénytakaróval fedett karszterületen a felszínborítás megváltozása (Mari-Fehér 1999) következtében jelentősen csökkent a beszivárgásra alkalmas felszín területe. Az útburkolatok, épületek miatt a csapadék- és szennyvíz a felszíni lefolyást növeli, így bizonyos pontokon koncentráltabbá válhat a beszivárgás. A lakosságszámmal és életszínvonallal párhuzamosan növekvő kommunális szennyvíz szennyezheti a karsztos repedéshálózaton keresztül beszivárgó vizeket, veszélyeztetve ezzel a karsztot.

Mindezt igazolni tudják a Rózsadomb nagyobb barlangjainak csepegő vizeiből az elmúlt évtizedek során történt hosszabb-rövidebb időt felölelő észlelések. A Környezetvédelmi Intézet 1984-ben a Pál-völgyi-barlangban végzett vízkémiai vizsgálatokat, a VITUKI 1987-ben (Maucha 1987) és 1992-ben (VITUKI 1992) PHARE program keretében mintázta a Pál-völgyi-, Mátyás-hegyi-, Szemlő-hegyi, József-hegyi, és Ferenc-hegyi-barlangot vízkémiai és mikrobiológiai szempontból. További eredményeket közöl az öt nagy rózsadombi barlangról Takácsné Bolner (1989), a Szemlő-hegyi-barlangról Fehér (1995), Mádlné et al. (2007), valamint a Pál-völgyi barlangról Takácsné Bolner (2001).

A vízminőségi változásokat, a karsztos rendszer különböző külső hatásokra (pl. csapadékesemények, évszakosság, vízvezeték-hálózat meghibásodása, építkezések stb.) bekövetkező érzékeny reakcióit azonban csak a felszín alatti vizek folyamatos, monitoring jellegű vizsgálatával követhetjük nyomon. Barlangkutató csoportok (Acheron, Bekey, Pagony) évtizedek óta végzik a Rózsadombi Termálkarszt barlangjaiban csepegő vizek mintavételezését és kémiai elemzését, az ő tevékenységükhöz kapcsolódtam néhány évvel ezelőtt. A Szemlő-hegyi-barlang esetében 1987 óta folyamatosan, átlagosan egy-két havonta van mintavételezés. A Mátyás-hegyi- és a Pál-völgyi-barlangban azonban 2000 óta sem a Pagony, sem más barlangkutató csoport által nem történt vízmintavételezés, ezért 2008 nyarán a Bekey-csoporttal közösen felújítottuk a korábbi mérőpontokat, terveink szerint most már hosszú időtávra.

Jelen dolgozatban a Mátyás-hegyi-barlangban 2008 nyara óta elvégzett 5 mérési sorozat legfontosabb eredményeit mutatom be, kiegészítve az 1990, 2000, 2001. évek és a VITUKI 1992-es (VITUKI 1992) eredményeivel. A kutatás során igyekeztünk az egyes barlangi mérőpontok viselkedését és a köztük lévő különbségeket feltárni. Emellett a barlangfelszín tágabb környezetében a felszíni vizek mintázásával a lehetséges szennyezőforrásokat is megállapítani.

2. A vizgált terület



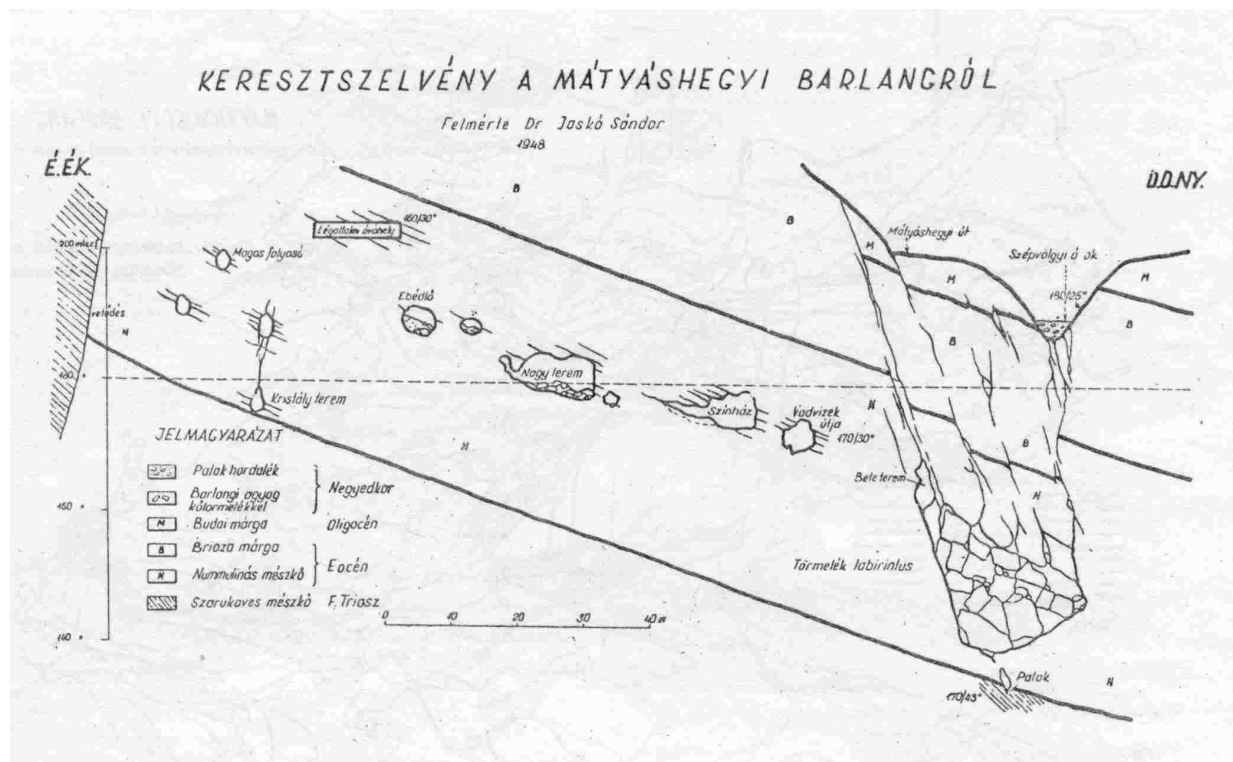
1. ábra. A Pál-völgyi – Mátyás-hegyi-barlangrendszer és a Szép-völgy a mintavételi pontokkal

2.1. A Mátyás-hegyi barlang

A Mátyás-hegyi barlang a Mátyás-hegy nyugati kőfejtőjében nyílik 202,5 m tszf. (Balti) magasságban, járatainak összhosszúsága immár az 5 km-t is meghaladja. A Szépvölgyi-út túloldalán nyíló Pál-völgyi barlanggal együtt 20,1 km hosszú járatrendszert alkot (1. és 3. ábra).

Kialakulása döntő mértékben a harmadidőszaki tektonikai mozgások során létrejött töréshálózat mentén történt, a hévforrások több periódusban lejátszódott oldó tevékenysége mellett a hideg karsztvizes folyamatok tágító hatása, valamint – különösen az alsó szakaszokon – a tömegmozgások játszottak meghatározó szerepet. A barlang nagy része a felső-eocén nummuliteszes mészkőben keletkezett, amelynek dőlésiránya 150-170° (DDK), dőlésszöge 30° körüli (Kárpát 1983). A barlang legmélyebb járata, a Tóhoz vezető patakmeder felső-triász szaruköves mészkőben képződött. A járatok magasabban fekvő részei az eocén mészkővel konkordáns településű bryozoás márgában is folytatódnak. A márgás rétegek nagyobb agyagtartalmuk, kisebb és kevésbé koncentráltan jelentkező vízáteresztő képességük miatt egyfajta szűrőréteget jelentenek a beszivárgó vizek számára.

A járáthálózat döntően a kőzetek csapásirányát követő KÉK – NYDNY irányú. Ez jellemző a Centenáris-szakasz tág szelvényű főfolyosóira és a Tűzoltó-ág járataira is. A kőzetretegek általános déli és délkeleti dőlése miatt a főfolyosók a csapás mentén futva vízszintesek, egymástól mintegy 10-10 m vertikális távolságban futnak. A közöttük lévő átjárást az azokra közel merőleges (ÉNY-DK-i), dőlésirányban haladó és ezért általában 30 fokkal dél felé lejtő törések biztosítják (2. ábra). Ez a barlang déli részén már nem figyelhető meg: a Szépvölgyi-árok alatt elhelyezkedő, tektonikailag erősen igénybevett zónában (a Törmelék-labirintusban és a T-folyosóban) sokkal inkább jellemzőek a szűk vertikális hasadékok, kürtők és a labirintusszerű, bonyolult járáthálózat.



2. ábra. A főfolyosók és a Szépvölgyi-árok alatt elhelyezkedő törmelékes zóna (Törmelék-labirintus) (forrás: Kárpát 1983)

A barlang jellegzetessége, hogy meglehetősen száraz, beszivárgás csak a Szépvölgy alatt húzódó járatokban tapasztalható, ez az oka annak, hogy a barlang méretéhez képest viszonylag kevés mintavételi pont is meglehetősen koncentráltan helyezkedik el. Csepegő vizek csak a Törmelék-labirintusban figyelhetőek meg.

Az átszivárgó víz sebességére vonatkozó kísérleteket a Mátyás-hegyi-barlang esetében nem, csak a József-hegyi-barlangnál (VITUKI a Kinizsi Bgk. Csoporttal együttműködve, 1992), valamint a Pál-völgyi-barlang felett (Kessler H. 1955) végeztek a felső eocén mészkőre és a budai- illetve bryozoás márgára vonatkozóan. Az átlagos függőleges szivárgási sebesség mesterséges csapadékkal (53 ill. 20 mm az első 2 óra alatt) 1,2 ill. 3,9 m/h-nak adódott. A kísérletek szerint a budai márga egy-két mm-es törésrendszere a mészkőnél négyszer lassabban engedi át a vizet (VITUKI 1992). Mivel a Mátyás-hegyi-barlang esetén a csepegési zóna a - szelvényen (2. ábra) megfigyelhető - hasadékokkal sűrűn átjárt, törmelékes zónára (Törmelék-labirintus) korlátozódik, a szivárgási sebesség az említett értékeknek többszöröse lehet. A barlangban csepegés-intenzitás méréseket eddig még nem végeztek.

2.2. A barlang felszínének tágabb környezete

A felszíni szennyezés hatásának vizsgálata során a Mátyás-hegyi-barlang esetén nem csupán a barlang felszínét, hanem tágabb környezetét is érdemes vizsgálni, mert a burkolt felületek, közművek jelenléte a természetes lefolyási és beszivárgási viszonyokat nagymértékben megváltoztatták.

A barlang tágabb környezetének fő morfológiai elemét a Szépvölgyi-árok és völgye képezi. Felső részének vízutánpótlását a Hármashatár-, Újlaki-, és a Kecse-hegyek lejtőiről érkező vizek biztosítják. Maga a völgy ÉNY-DK-i lefutású, talpa kavicsos-agyagos hordalékkal feltöltött, a Remete- és Látó-hegy között összeszűkülő, meredek falú. A völgyben kanyarog az árokkal jobbra párhuzamos, nagy forgalmat lebonyolító Szépvölgyi út is.

A völgy az év nagy részében száraz, időszakos vízfolyás csak nagyobb eső után, illetve hóolvadáskor tapasztalható. A meder a Fenyőgyöngye buszvégállomás alatti csapadékelvezető csatorna-kifolyójánál észlelhető először, innen egy kisebb mellékággal egyesülve folyik tovább. A patakmeder morfológiája meglehetősen változatos: a Fenyőgyöngye – Erdei-lak közötti szakaszon bevágódó jellegű, V-alakú, több helyütt zubogókkal vagy termésköböl rakott bukófalakkal tagolt. Az Erdei lak alatti, jobbra beépült területen nagyobb csapadékok után néhol a felszínen, a saját maga által kialakított szélesebb-keskenyebb völgytalpon kanyarogva fut a patak, néhol pedig az utcafelszín alatt, betoncsövekben vezetik a vizét. Továbbhaladva a meder hossz-szelvénye mentén, a Mátyás-hegyi Ny-i kőfejtő meddőjének kövei között elszivároghatva eltűnik a víz.

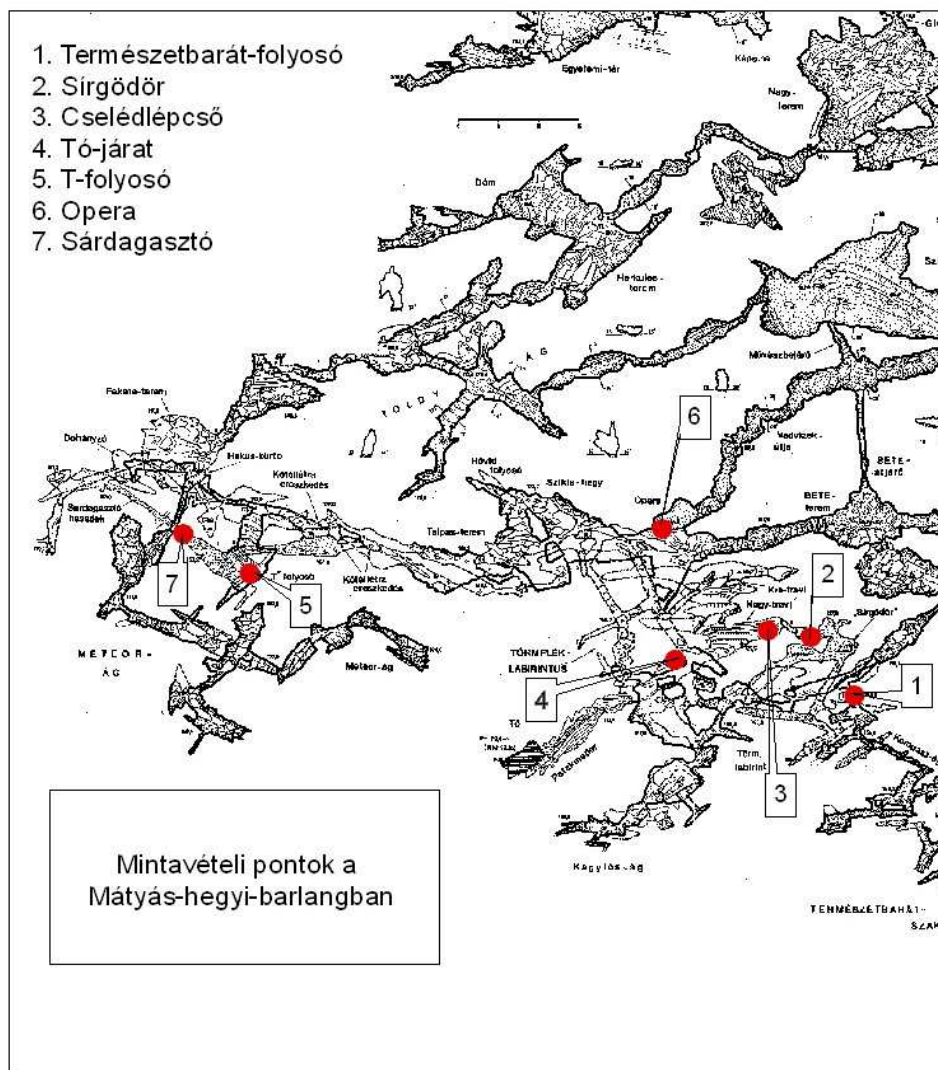
A Mátyás-hegyen és környezetében az utóbbi évszázadban jelentős felszínátalakítással járó munkák zajlottak – pl. kőfejtés, feltöltések, a Mátyás-hegyi út megépítése, közvetlenül mellette tenispálya létesítése. Ezért az árok a barlangtól a Duna felé eső szakaszon csak helyenként azonosítható (az 1989-es légifotón az árok vonala még felismerhető). Ilyen körülmények között kérdéses a kőfejtőtől DK-re, a tenispályánál talált betoncső vízének eredete.

A terület (1. ábra) több mint felét napjainkban is erdők borítják. Az erdőállomány azonban nem azonos a természetes hatásokra kialakuló potenciális vegetációval (cseres tölgyes zóna), hiszen pl. a Mátyás-hegyen a korábban szőlőművelésre használt terület helyét napjainkban tájidegen feketefenyvesek foglalják el. Ezek hosszú távon az amúgy is vékony talajtakaró savanyodását, kilúgzódását, ezáltal a mobilitásra hajlamos elemek peptizációját, végeredményben a talaj lehordódását, ily módon védelmi funkciójának (szűrő, pufferoló hatás) megszűnését eredményezik.

A 70-es évek végén készült EOV-szelvényeket és a 2005. évi ortofotókat összehasonlítva megállapítható, hogy a területen nem csökkent az erdős térszín aránya. A terepi bejárások alkalmával azonban több helyen megfigyeltük, hogy a korábbi kiskertek, víkendházak helyét fokozatosan állandó lakhelyként használt több emeletes villák veszik át, tovább növelve ezzel a burkolt felületek nagyságát.

A barlang feletti terület zöldövezeti besorolását, 1978 óta a Budai Tájvédelmi Körzet részét képezi. 1970-ben a Vízügyi Hatóság határozattal rendelte el a budapesti hévizek közös hidrogeológiai védőövezetének kialakítását, ezen belül meghatározva a szennyvízszikkasztásra tilalmazott területeket (H.30776/5/1970.sz. Közép-Duna-völgyi Vízügyi Igazgatóság). A területen a burkolt felületek növekedésének megakadályozása érdekében a kerületi önkormányzatok már korábban építési tilalmat (A-zóna, ld. 1. ábra) illetve korlátozásokat (pl. közművek kialakítási módjának meghatározásával, építkezés során felnyíló üregek vizsgálatának elrendelésével) (B-zóna) léptettek életbe. Ez azonban nem megoldás a Szép-völgy felső részén keletkező, ám végeredményben a barlangban jelentkező problémákra.

3. Módszerek



3. ábra A Törmelék-labirintus és a T-folyosó alaprajzi térképe (az alaptérkép forrása: Kárpát 1983)

2008-ban a korábbi évek mintavételi pontjait újítottuk fel a barlang déli szakaszaiban, nagyrészt a Törmelék-labirintus egyes pontjain: a Természetbarát-szakasz bejáratánál (158 m tszfm.), a Sírgödör mellett (141 m), a Cselédlépcső alatt a Tó-járat kezdőpontján (132 m), a Tó-járatban (121 m), illetve az Operában (163 m), valamint a T-folyosó végpontján két egymáshoz viszonylag közel elhelyezkedő mintavételi helyen (T-folyosó (154 m), Sárdagasztó (153 m)) (3. ábra). A vízmintázást két havi rendszerességgel végezzük. 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 fölösleg az edény tetejénél távozik. Ezzel a módszerrel állandó vízcserélődés érhető el (Fehér 1995), így mindig az aktuálisan legfrissebb mintát tudjuk begyűjteni. Az adatbázisban az esetlegesen eltömődött vagy feldőlő edények miatt adathiányok vannak.



1. kép. A Szép-völgy felső szakaszán elhelyezkedő csapadékelvezető-csatorna Fenyőgyöngye alatti kifolyója

A felszíni vízmintavétel célja a lehetséges szennyezőforrások azonosítása volt. Ennek során a Szépvölgyi-árból (1. kép) egy alkalommal, 4 ponton (1. ábra) vettünk mintát: a vízfolyás kezdeténél Fenyőgyöngye buszvégállomás alatt, az Erdei-laknál, a Mátyás-hegy nyugati kőfejtője felett, valamint a Mátyás-hegyi-út fordulójánál épített tenispálya alatti betoncső kifolyójából. Utóbbinál a mellette lévő két műanyag cső egyikéből is gyűjtöttünk vizet. Emellett a Mátyás-hegyi-út fordulójában csapadékhulláskor összegyűlő, felszíni lefolyással nem rendelkező pocsolyát is megmintáztuk két alkalommal, a csapadékesemények után közvetlenül. (A csapadékvízre vonatkozóan már korábban, 2007. nyarán a Budai-hegység területén fekvő Nagykovácsiban végeztünk méréseket (Csapák-Fehér 2008).

Megállapítottuk, hogy a csapadékvíz szennyező ion tartalma minimális, vezetőképessége a lágyított vízével egyenértékű, 41 $\mu\text{S}/\text{cm}$.)

A méréseket az ELTE Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék laboratóriumában végeztük a vizek minősítéséről szóló MSZ 12749/1993 szabvány előírásai szerint. Mért komponensek: keménységformák, kalcium-, magnézium-, hidrogénkarbonát-, klorid-, szulfát-, nitrát-, nitrit-, ammónium-, és o-foszfátion, nátrium- és káliumtartalom. A pH-t és a vezetőképességet Mettler Toledo típusú műszerrel mértük.

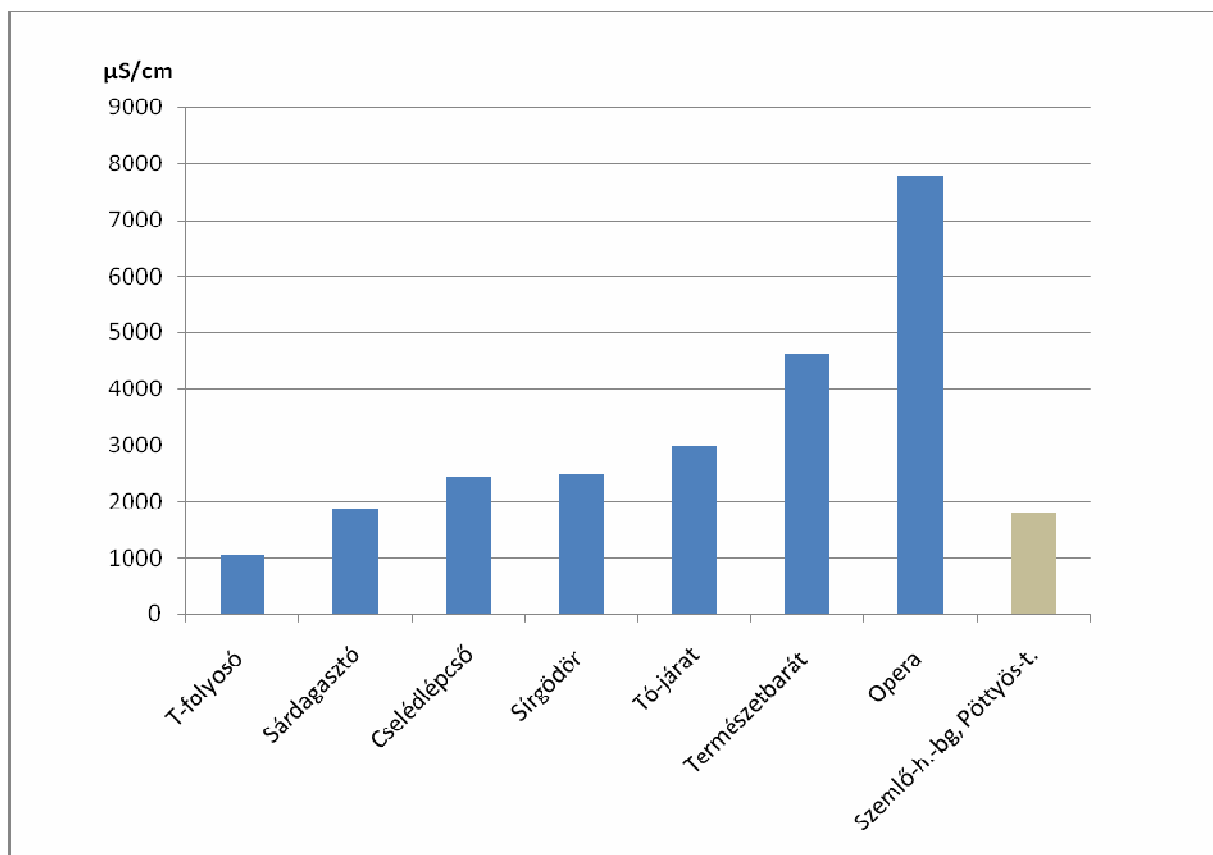
A kiértékeléshez és megjelenítéshez a Microsoft Excel, Rockworks és ArcGIS 9.2 programokat használtam fel.

4. Eredmények

4.1. A barlangi mérőpontok vízkémiai jellemzői

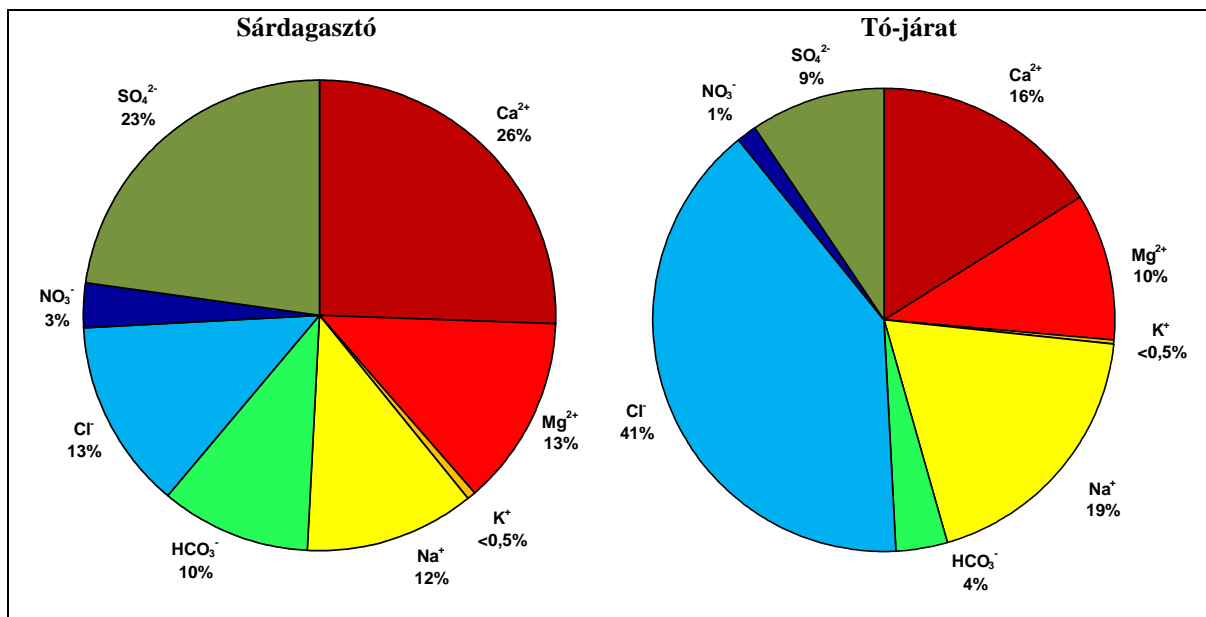
A konkrét értékeléshez a legutolsó megmért vízminta eredményét használtam fel (2009. február 12. illetve a Természetbarát-folyosónál 2009. február 08.).

A egyes mérőpontok csepegő vizei között az összes oldott anyagtartalom (TDS) függvényében változó vezetőképesség-értékeik alapján nagy eltérések mutatkoznak (4. ábra). A legalacsonyabb vezetőképességet a T-folyosóban mértük (1054 $\mu\text{S}/\text{cm}$), de még ez is nagyobb a magyarországi karszterületeken jellemző 600-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ értéknél. A legmagasabb az Operáé – a 7780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a Szemlő-hegyi-barlang legszennyezettebb pontján mért értéknek is több mint négyszerese! Az itt csupán átlagosan szennyezett beszivárgási pontnak számító Sírgödör és Cselédlépcső vezetőképessége valamennyi eddig vizsgált budai barlangban extrém értéknek számítana!



4. ábra. A barlangi csepegő vizek fajlagos vezetőképesség értékei (2009. 02. 12.), összehasonlításképpen a Szemlő-hegyi-bg. Pöttyös-termének 2008. 11. 23-i adatával

A vezetőképesség mellett az általunk mért ionokra (ionegyenérték alapján) számolt százalékos összetétel is jól szemlélteti az egyes mérőpontok közötti különbségeket. A karszterületekre általában jellemző magas karbonátkeménység/állandó keménység arány itt megfordul, mert a hidrogénkarbonát mellett a nagyrészt szennyezésből származó anionok dominálnak. A hidrogénkarbonát-tartalom csupán a T-folyosóban és a Sárdagasztóban magasabb (5. ábra), az összes iontartalom tizedét teszi ki, ami e mérőhelyek viszonylagos tisztaságát mutatja (ezt az itteni alacsonyabb vezetőképesség is alátámasztja). A nagyrészt szennyezésből származó anionok közül a tisztábbnak számító T-folyosóban és Sárdagasztóban a szulfát, a Sírgödörnél a szulfát és a klorid, a többi mérőpontnál pedig egyértelműen a klorid a domináns. Aránya a Tó-járatban (5. ábra) 41%, az Operában pedig - a valóságban a vizes oldatokban fennálló ionegyensúly miatt lehetetlen - 51%, ezt valamilyen általunk nem mért kation (pl. nehézfém) jelenléte magyarázhatja. A nitrátionok, arányaikat tekintve elhanyagolhatóak, de pl. a 10/2000-es rendelet felszín alatti vizekre vonatkozó szennyezettségi határértékét (25 mg/l, „B”) mindenütt meghaladják (min.: Opera 36mg/l, max.: Természetbarát-f. 160 mg/l). A legtöbb ponton a nitrit is kimutatható mennyiségben van jelen a mintákban, foszfátot azonban nem tartalmaznak. A kationok közül a legtöbb esetben a kalcium dominál, az Operában és a Tó-járatban azonban a kloriddal jellemzően együtt mozgó nátrium a meghatározó. A magnézium mennyisége az egyes mérőpontokban más-más, a kálium szerepe elhanyagolható, ammónium pedig csak néhány korábban mért mintában volt kimutatható.



5. ábra: Két (egy kevésbé szennyezett és egy szennyezettebb) mérőpont mg-egyenérték alapján számolt százalékos ionösszetétele (2009. február 12.)

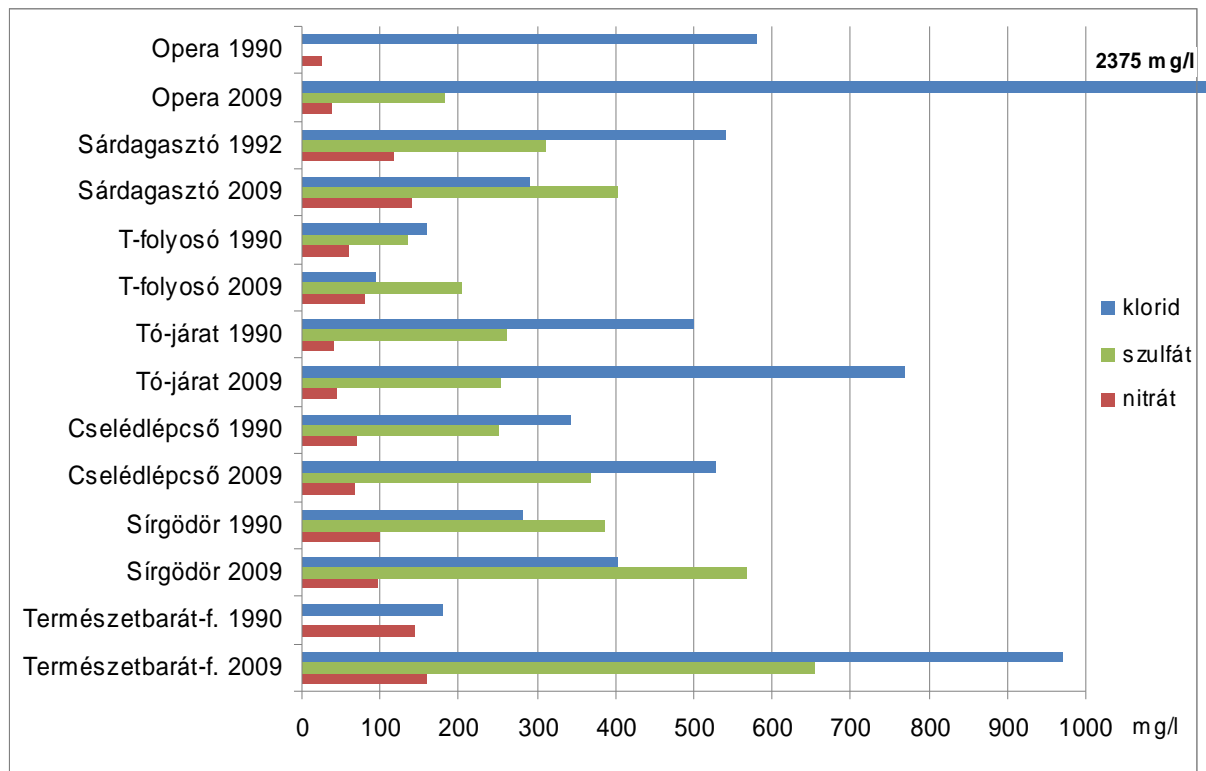
4.2. A vízminőségi jellemzők 1990-ben és 2009-ben

A legfontosabb szennyező ionok koncentrációjában 1990. és 2009. között mutatkozó különbségeket a 6. ábra szemlélteti. A diagram elkészítése során az Acheron és a Pagony csoport által 1990. novemberében és 2009. februárjában mért adatokat, valamint a szulfácion és a Sárdagasztó esetében a VITUKI 1992-es adatait használtam fel.

A nitrát esetén a legmagasabb értékek a Természetbarát-folyosóban mérhetőek, de a legnagyobb arányú differencia a Sárdagasztónál jelentkezik. 2009-re nagyobb lett a nitrát jelentősége a T-folyosóban is.

A szulfátionok koncentrációja 2009-ben a Tó-járat kivételével minden mérőponton magasabb, mint 1990-ben. Az eltérés a T-folyosóban és a Sárdagasztóban a legjelentősebb, de a koncentrációértékek alapján a Természetbarát-folyosót és a Sírgödört érdemes kiemelni.

A kloridban láthatóak a legdrasztikusabb különbségek: a T-folyosó és a Sárdagasztó esetében mintegy felére csökkennek az értékek, a többi mérőponton azonban idén februárban legalább másfélszer akkora értékek voltak kimutathatók, mint 1990-ben. (A Sírgödörben, a Cselédlépcsőben és a Tó-járatban 2000-ben illetve 2001-ben mért adatokat is messze felülműlják a mostani eredmények. Pl. Tó-járat 2001. április: 440, 2009. február: 770 mg/l). A különbség abszolút és relatív értelemben is az Operában és a Természetbarát-folyosóban a legjelentősebb (négyeszerese illetve ötszöröse az 1990-es koncentrációértékeknek).



6. ábra. A főbb anionok koncentrációi az 1990-es évek elején és 2009-ben

A hidrogénkarbonát esetében – a szennyező anionokkal ellentétben – a jelenlegi értékek általában alacsonyabbak az 1990-ben mért koncentrációknál.

A rövid távú, éven belüli illetve évszakos változásokat (pl. a kloridion-koncentráció mennyire függ a téli útszázástól) a jelenlegi adatbázissal nem tudunk igazolni (a 2008. augusztusi adatok nem vagy csak kevéssel voltak alacsonyabbak a 2008. novemberiekénél és a 2009. februáriaknál; pl. a Tó-járatnál időrendben 778, 762, 770 mg/l). Az esetleges éves periodicitás kimutatásához legalább a jelenlegi mintavételezési gyakoriságra van szükség hosszú (több éves) időtávlatban.

4.3. A felszíni vízminták összetétele

A mérési eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.

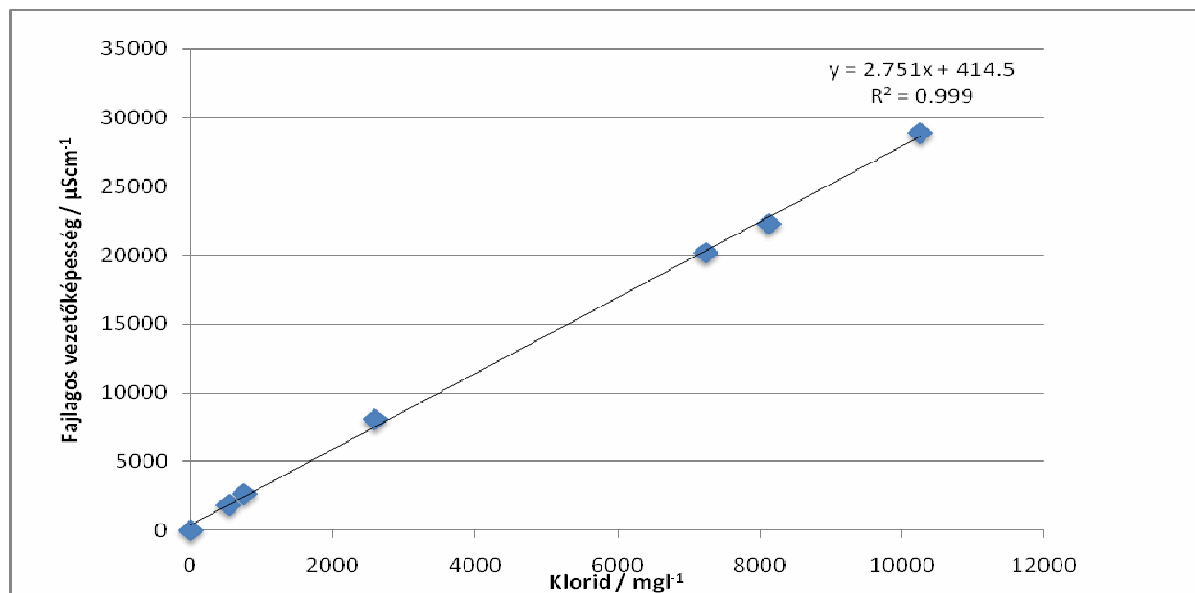
A Szépvölgyi-árok Mátyás-hegyi-út feletti vizei rendkívül magas vezetőképességűek, ami egyértelműen a kloridion-tartalomnak tudható be (7. ábra). A vízfolyáson lefelé haladva, a Ny-i kőfejtő eléréséig csupán enyhe hígulás tapasztalható.

A tenispálya alatti betoncső az árok hossz tengelyével mintegy 45°-os szöget zár be. Az ebből kifolyó víz vezetőképessége ugyan magas, ám a Szépvölgyi-árok felsőbb szakaszán mért értékeknek töredéke, ezért feltételezhető, hogy nem a Ny-i kőfejtő felett eltűnő vizeket hozza ismét a felszínre. A mellette lévő műanyag cső vize – a betoncsőével szemben - minimális oldott anyag tartalommal rendelkezik.

A Mátyás-hegyi-út úttestjéről származó különböző időpontokban vett pocsolyavizek összetétele, ionkoncentrációja – mint azt az általunk elemzett minták is jól mutatják - az előző csapadékmentes időszak hosszától, a forgalomtól, a csapadék intenzitásától stb. függően jelentősen különbözhetnek. Minthogy az itt megült tócsának felszíni lefolyása nincs, a víz több-kevesebb idő alatt a barlangba szívárog, egy része elpárolog.

<i>mintavételi hely, idő</i>	<i>pH</i>	<i>fajl.vezkép.</i>	<i>HCO₃⁻</i>	<i>Ca²⁺</i>	<i>Mg²⁺</i>	<i>Cl</i>	<i>NO₃⁻</i>	<i>NO₂⁻</i>	<i>NH₄⁺</i>	<i>PO₄³⁻</i>	<i>SO₄²⁻</i>
		<i>μS/cm</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>	<i>mg/l</i>
Fenyőgyöngye alatt	7.8	28900	103.8	91.3	3.0	10249	0.93	0.21	3.01	0.63	32.1
Erdei-lak felett	7.7	22300	103.8	115.1	10.8	8118	1.37	0.21	3.47	0.69	23.8
Ny-i kőfejtő felett	8	20200	116.8	107.1	9.6	7232	2.41	0.16	0.75	0.18	35.3
Tenispálya alatt, betoncső	7.7	1850	77.9	33.7	4.8	532	2.29	0.23	0.70	k. h. a.	5.6
Tenispálya alatt, műanyag cső	7.2	15	13.0	6.0	0.0	k. h. a.	2.07	0.03	0.40	k. h. a.	1.5
Mátyás-hegyi út, pocsolya 2008. 12. 14.	7.1	2660	155.7	85.3	2.4	752	6.34	1.28	2.60	k. h. a.	41.3
Mátyás-hegyi út, pocsolya 2009. 02.09.	7.7	8050	103.8	71.4	8.4	2588	2.24	0.75	1.55	k. h. a.	18.7

1. táblázat. A felszíni vízminták mért paraméterei (k.h.a.: kimutatási határ alatt)



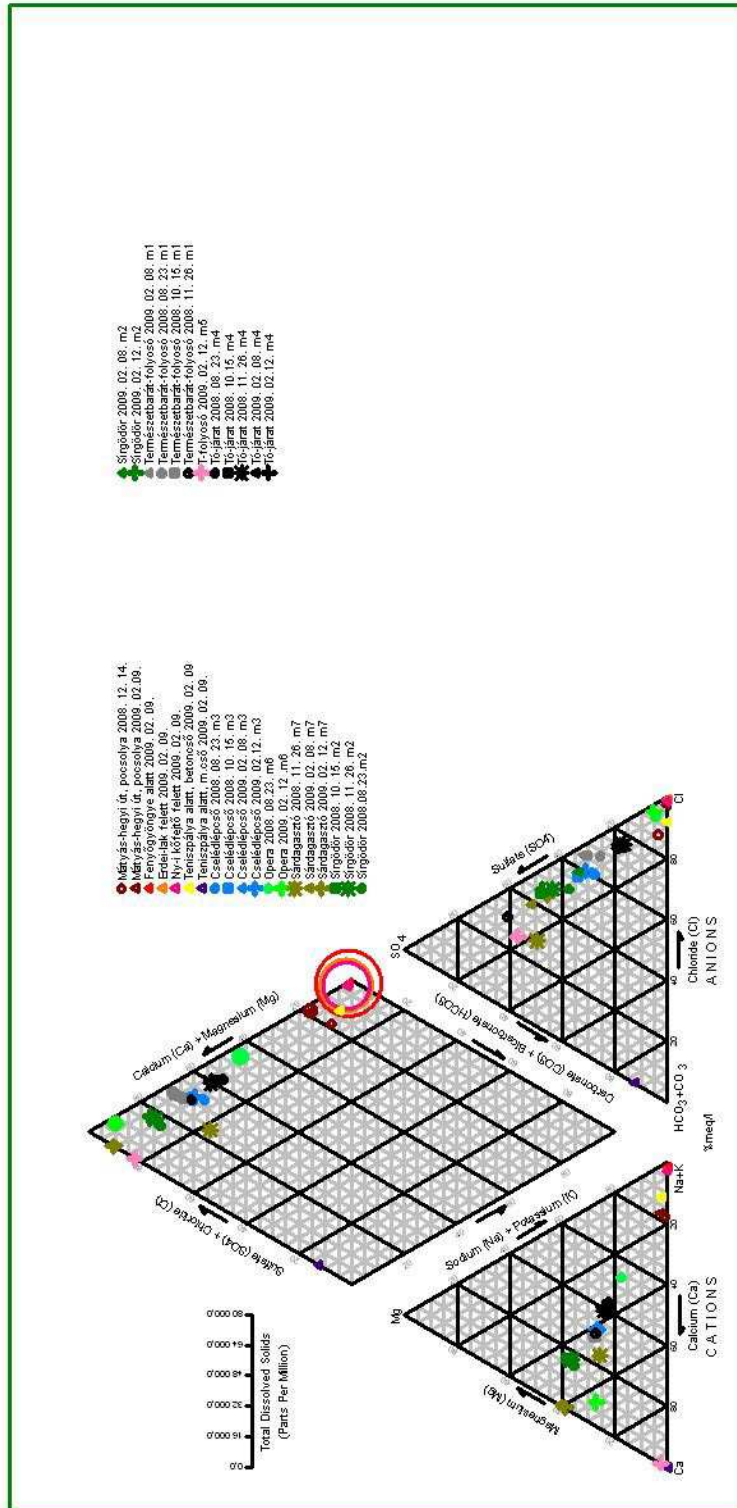
7. ábra. A kloridion-koncentráció és a fajlagos vezetőképesség összefüggése a felszíni vízmintákban

4.4. A felszíni és felszín alatti vízminták közötti kapcsolat

A felszíni vízminták és a barlangi csepegő vizek 2008. és 2009. évi eredményeit Piper-diagramon ábrázoltam (8. ábra). Mivel a diagram a legfontosabb an- és kationokat egyszerre jeleníti meg, segítségével összehasonlíthatók korlátozott számú, különböző helyekről

származó minták. A diagramban a kation- és anionháromszögben elfoglalt hely jelöli ki a rombuszban betöltendő helyet. A körök a felszíni minták összion-koncentrációját ábrázolják.

A kationok alapján egyértelműen elkülöníthető a felszíni és felszín alatti vízből származó minták csoportja. Utóbbi karsztos jellegét a magas kalcium/alkálifém arány igazolja.



8. ábra. A felszíni és barlangi vizek Piper-diagramja

A felszíni vizek Na-ban gazdagok. A Szépvölgyi-árok felső szakaszán vett vízminták gyakorlatilag fedik egymást. Tőlük kissé elkülönül a teniszpálya alatti betoncső vize, amely kalcium- és hidrogénkarbonát-ionban gazdagabb – ez megerősíti azt a korábban tett megállapítást, miszerint valószínűsíthetően nem az árok felső részéből érkezik.

Az anionok tekintetében a csepegő vizek sokkal inkább hasonlítanak a felszíni mintákhoz, mint az jellemző volt a kationoknál: rendkívül magas klorid- és alacsony hidrokarbonát-ion tartalmúak. Ez több ponton jelentős mennyiségű szulfáttal párosul. A felszíni vízminták szulfáttartalma azonban viszonylag alacsony, bőven 50 mg/l alatti. Amennyiben párhuzamot vonunk a Szépvölgyi-árokban lefolyó vizek és a barlangi csepegő vizek eredete között (márpedig a Rózsadombi Termálkarszt többi barlangjában az eddigi során tapasztalt, jóval kisebb kloridtartalmak /kivétel: Ferenc-hegyi-bg., VITUKI 1992, számolt adat/ alapján nem tehetünk mást), a Mátyás-hegyi-barlang csepegő vizeinek esetében további, jelentős mennyiségű szulfátot tartalmazó szennyezőforrás is azonosításra vár. Másik megoldásként meg kell kérdőjeleznünk a szulfátion antropogén eredetét. A szulfát részben természetes eredete nagyon valószínű, hiszen a barlangjáratok fölötti márgarétegek jelentős mennyiségű kioldható szulfátot tartalmaznak. Azonban az elmúlt húsz év alatt a csepegő vizekben mért koncentrációja több ponton 1,5-3-szorosára nőtt – ez sokkal inkább külső szennyezőforrás hatására utal.

A mérési eredmények alapján levonható az a következtetés, hogy az egyes mérőpontok vízminőségi különbségeiben mélységbeli elhelyezkedésük nem, horizontális elhelyezkedésük azonban némi szerepet játszik:

Az egymáshoz közeli Sárdagasztó és T-folyosó paraméterei – és időben hasonló tendenciái is – jó egyezést mutatnak.

A Természetbarát-folyosó és a Cselédlépcső vizei ionösszetételük alapján nagyon hasonlóak. A különbség a koncentrációértékekben van: a Természetbarát-folyosó jóval szennyezettebb. A Cselédlépcső a közeli Sírgödörrel is hasonlóságot mutat, a vezetőképesség és az anionok nagyságrendi értékei, de méginkább azok időbeli alakulása miatt.

Az Opera elhelyezkedését és értékeit tekintve is külön kategória: magas vezetőképessége, kloridion-aránya, viszonylag alacsony szulfát-, kis nitráttartalma miatt a felszíni vízmintákra leginkább emlékeztet, valószínűsíthető, hogy az árok vizével a karsztos hasadékrendszeren keresztül a többi csepegési helynél közvetlenebb kapcsolatban áll.

A Tó-járat, a harmadik legszennyezettebb pont nagyobb mennyiségű kloridiont kap, mint a közeli Cselédlépcső – Sírgödör páros.

5. Összegzés

A Rózsadombi Termálkarszton az emberi tevékenységből származó felszíni szennyezések megjelennek a barlangi csepegő vizekben.

A Mátyás-hegyi-barlangban végzett vizsgálatosorozatunk az eddig más budai barlangokban tapasztaltaknál is nagyobb külső hatást mutat, a kloridion-koncentráció az 1990. (és három mintavételi pontban mért 2000. illetve 2001.) évi, szintén magas értékekhez képest nem egy mintavételi ponton megtöbbszöröződött. A kloridtartalom folyamatos emelkedése a karsztos rendszerbe kerülő szennyezőanyagok mennyiségének növekedése mellett annak is köszönhető, hogy a barlangjáratok feletti márgás szűrőréteg a szennyezőanyagokat egyre kisebb mértékben képes megkötni.

A lehetséges szennyezőforrások azonosítása céljából felszíni vízmintavételezéseket is végeztünk. Ezek eredményeként bebizonyosodott, hogy a fő szennyezőforrás a kezdetben a csapadékelvezető-csatornában haladó, a Szép-völgy felső része felől érkező, a Ny-i kőfejtő környékén alászivárgó víz. Potenciális szennyezőforrást jelentenek a korábbiakban szeméttel,

sittel feltöltött kőfejtők. Emellett a Mátyás-hegyi út mellől beszivárgó víz is szennyezi a karsztot. A közvetlenül a barlang fölött épült teniszpálya és létesítményeinek vízvezetése közcsatornába megoldott.

A jövőben a barlang és a Dunaparton fakadó karsztforrások védelme érdekében különös figyelmet kell fordítani nemcsak közvetlenül a barlang feletti zóna megóvására, hanem a Szép-völgy felső részén lefolyó vizek elvezetésének megoldására is.

Irodalom

- Bárány-Kevei, I. (1998): Geoecological system of karsts. Acta Carsologica. Krasoslovni Zbornik, XXVII/1. Ljubljana. pp. 13-25.
- Csapák A. – Fehér K. (2008): A vízminőségi mutatók változása a tárolt csapadékvízben. Hidrológiai Közöny, 88. évf., 3. sz. pp. 57-60.
- Fehér K. (1990): Vízkémiai vizsgálatok a Mátyás-hegyi-barlangban. Kutatási jelentés, .Acheron Barlangkutató Szakosztály, MKBT .
- 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.
- Keveiné Bárány I. (2005): A karsztok védelmének aktuális kérdései. Karsztfejlődés X. Szombathely. pp. 337-342.
- Környezetvédelmi Intézet (1984): A csepegő vizek szennyezettségének vizsgálata a Pál-völgyi-barlangban. Budapest.
- Mádlné Sz. J. - Virág M. - Eröss A. (2007): A Szemlő-hegyi-barlang csepegővizeinek vizsgálata a Budai Márga törmeléktakarón át történő beszivárgás értékelése céljából . Földrajzi Közlemények 1-4. pp. 371-382.
- 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.
- Maucha L. et.al. (1987): Hidrológiai szakvélemény a Rózsadomb komplex környezetvédelmi vizsgálatához. VITUKI Hidrológiai Intézet, Budapest.
- Ravbar, N. (2007): The protection of karst waters : a comprehensive Slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping. Carsologica 6. Postojna. Karst Research Institute at ZRC SAZU; Ljubljana.
- Takácsné Bolner, K. – Tardy, J. – Némedi, L. (1989): Evaluation of the environmental impacts in Budapest's caves on the basis of the study of the dripping waters. 10th International Congress of Speleology, UIS pp. 634-639.
- Takács Bolner K. (2001): Cseppkő-pusztulási jelenségek vizsgálata a Pál-völgyi-barlangban. Karsztfejlődés VI., Szombathely.
- Vízgazdálkodási Tudományos Kutatóközpont Hidrológiai Intézet (1992): Komplex geológiai vizsgálatok és fúrások a Rózsadomb környezetében. Budapest, PHARE 134/2.