

**AZ URBANIZÁCIÓ HATÁSA A BUDAI BARLANGOK CSEPEGŐ  
VIZEIRE A SZEMLŐ-HEGYI-BARLANG PÉLDÁJÁN<sup>1</sup>**

VIRÁG MAGDOLNA<sup>1</sup> – MÁDLNÉ SZŐNYI JUDIT<sup>1</sup> –  
MINDSZENTY ANDREA<sup>1</sup> – ZIHNÉ PERÉNYI KATALIN<sup>2</sup> –  
LEÉL-ÖSSY SZABOLCS<sup>1</sup> – ERŐSS ANITA<sup>1</sup> – SIKLÓSY ZOLTÁN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ELTE-TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C virag.magdi@gmail.com; [madlszonyi.judit@gmail.com](mailto:madlszonyi.judit@gmail.com); [andrea.mindszenty@gmail.com](mailto:andrea.mindszenty@gmail.com); losz@iris.geo-bio.elte.hu; anita.eross@geology.elte.hu

<sup>2</sup>ELTE-TTK Kémiai Intézet, Analitikai Kémiai Tanszék,  
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A; [perkat@freestart.hu](mailto:perkat@freestart.hu)

<sup>3</sup>MTA Geokémiai Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45; [siklosy@geochem.hu](mailto:siklosy@geochem.hu)

*Abstract: The aim of the study is to examine the hydraulic behaviour of the detrital blanket and/or epikarst in the Szemlő-hegy Cave (an already dry, previously active hydrothermal cave situated within the town of Budapest) as a natural laboratory. The examination of in-situ processes in the unsaturated zone was based on weekly monitoring of dripwaters. It is concluded that the debris cover above the Szemlő-hegy Cave is decisive from the point of view of the rate of dripping and the chemical composition of dripwaters. The sediments above the cave were influenced by periglacial processes and tectonics. Local geological features determine the intensity and chemical composition of the seepage water. Land use within this major urban area and the reworked and refilled soil zone also affect the composition and quantity of dripwaters. Monitoring of dripwaters was carried out between 31.10.2005 to 13.04.2008. Eight collecting stations were established representing the different cave passages. Quantity, temperature, pH and specific electric conductivity measurements were carried out weekly at all stations, along with the collection of water samples for chemical analyses (Ca<sup>2+</sup>; Mg<sup>2+</sup>; Na<sup>+</sup>; K<sup>+</sup>; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; Cl<sup>-</sup>; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). In all 558 samples were analysed during the monitoring period. To identify the accurate location of the cave passages and collection stations GIS softwares were used. Land use and coverage as well as potential surficial pollution sources, especially chemical and fertiliser using within gardens and the position of the drainage pipes (water and sewage) were also mapped. The listed sources can cause superimposed effects on the natural variability of the quantity and chemistry of drip-waters of the different dripping sites. The effect of the surficial zone on the hydraulic parameters were studied by measuring the amount of precipitation, the dripping intensity and chemical composition during the monitored period. According to the results the „Virágoskert” and the „Hópalaota” were characterised as representative sites for natural infiltration. The „Halál” and the „Április 3.-folyosó” suffer from anthropogenic influence, the zone above the „Pettyes-terem” acts as an „anthropogenic epikarst”. The sites at the „Óriás-folyosó”, „Örvény-folyosó” and „Csengő-terem” represent increased anthropogenic effect in the chemical composition of its waters (elevated Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and co-variation with the amount of precipitation). The leakage of water-pipelines (Óriás-folyosó) and sewage-channels (Csengő-terem) could be demonstrated, and was confirmed by the study of  $\delta^{18}O_{\text{water}}$ . The monitoring of chemical composition of the dripping waters therefore provided direct information about the natural and anthropogenically influenced recharge in the Szemlő-hegy Cave.*

<sup>1</sup> A kutatás az Erdélyi Mihály Alapítvány és az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA 72590 K és OTKA T 049713) támogatásával valósulhatott meg.

## 1. Bevezetés

A Budai Termálkarszt egyik fontos alrendszer a felszínnel közvetlenül érintkező rózsadombi törmelékta­karó, helyenként epikarszt. Ez szabályozza a felszínre hulló csapadék beszivárgását, ezáltal a telítetlen zónába történő vízbejutást, ebből következően pedig közvetetten a karsztvízszinthez érkező utánpótlást. Megismerése tehát barlang- és forrásvédelmi szempontból is alapvető fontosságú.

A Rózsadomb száraz barlangjai feltárják a telítetlen zónát, ezáltal „természetes kutató-laboratóriumként” lehetőséget biztosítanak a törmelékfedő, vagy epikarszt hidraulikai viselkedésének tanulmányozására. A csepegés- és csapadék adatok összevetése információval szolgál az epikarszton át történő beszivárgási folyamatok jobb megértéséhez. A természetes környezetben előforduló epikarsztokkal szemben azonban Budapesten, a világváros speciális helyzetéből adódóan emberi tevékenység – elsődlegesen építési, közműfektetési munkák – által megzavart állapot jellemző. A Természetvédelmi Hivatal megbízásával 1987-1994 között végzett vízelemzések (TAKÁCSNÉ BOLNER et al. 1989), ill. FEHÉR (MARI-FEHÉR 1999) közel két évtizede kezdett mérési rámutattak, hogy a csepegővizek kémiai komponenseiben a természetes hatások mellett az emberi felszínátalakító tevékenység és a szennyező források (feltöltés, útsózás, stb.) következményeivel is számolnunk kell.

Kutatásunk elsődleges célja a Szemlő-hegyi barlangban végzett szisztematikus csepegésmérésekkel – a korábbi méréseken túlmenően – a barlang fölötti törmelékzóna, illetve epikarszt beszivárgás közvetítő hatásának, valamint térbeli és időbeli folyamatainak megértése volt. Ezt az összegyűjtött csepegővizek kémiai elemzésével, valamint az eredményeknek a csapadékkal és a csepegési hely földtani környezetével való összehasonlítása révén értük el. Ezekkel összefüggésben kiemelt figyelmet fordítottunk a barlangi csepegésben megjelenő antropogén hatásokra és az azokat előidéző okok kimutatására, eredményeinket ezért összevetettük a felszíni területhasználattal.

Jelen tanulmányunkban általános áttekintést kívánunk nyújtani a kutatás során alkalmazott módszerekről és a belőlük levonható következtetések­ből (ERŐSS A. et al. 2006; MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2007; VIRÁG 2008).

## 2. Szpeleológiai és hidrogeológiai viszonyok, antropogén hatások

A Szemlő-hegyi-barlang tanulmányozásának földrajzi keretét a Rózsadomb ad, amely földrajzilag a Hármashatár-hegy csoport DK-i elvégződése. A terület legmagasabb pontja a Látó-hegy (376 m), erózióbázisa pedig a 104 m

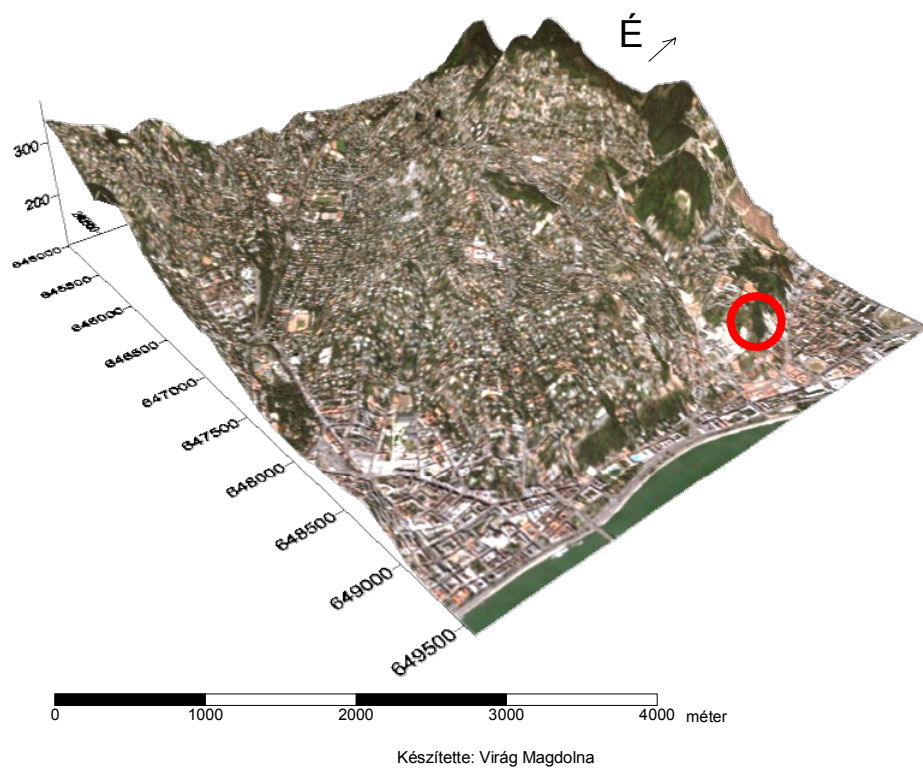
tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő Duna, amely egyben a langyos és meleg források fakadási szintje is.

A Budai Termálkarszton a Dunához közeli beszivárgási területeken lehulló csapadékvízből származó deszcendens vizek a Duna vonalában az aszcendens termálvizekkel együtt jutnak felszínre (V<sub>ENDEL</sub>–K<sub>ISHÁZI</sub> 1964; A<sub>LFÖLDI</sub> 1978; K<sub>OVÁCS</sub>–M<sub>ÜLLER</sub> 1980; STB.). A szárazra került fosszilis barlangok uralkodóan termálkarsztos eredetűek, kialakulásuk a keveredési korrózióknak köszönhető (F<sub>ORD</sub>–T<sub>AKÁCSNÉ BOLNER</sub> 1991; N<sub>ÁDOR</sub> 1994). Képződésük idején a beszivárgó hideg vizek szerepe alárendelt volt (B<sub>ENKOVICS</sub> et al. 1995).

A Rózsadombon és környékén a triász, illetve jelentősebb mértékben az eocén karbonátos kőzetekben (mészköben, márgában) számos barlang és barlangindikáció található (L<sub>EÉL</sub>–Ö<sub>SSY</sub> 1995). Termálkarsztos keletkezésükből adódóan nem jellemző a felszínre nyíló természetes bejárat, vagyis felfedezésük és megismerésük a XIX. század végén – XX. század elején megindult és napjainkban is zajló, a felszín megbontásával járó emberi tevékenységeknek: többnyire kőbányászatnak, építkezések során létesített alapozó gödröknek, vagy csatornafektetési munkálatoknak köszönhető (H<sub>AZSLINSZKY</sub> et al. 1993). A Rózsadombon jelenleg körülbelül 110 darab, több mint 45 kilométer összhosszúságú barlang ismert (ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS). A legtöbb közülük csak pár méter, vagy néhány 10 méteres hosszúságú, azonban 6 barlang (Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer, Bagyura-Harcaszájú-Kishideglyuk-barlangrendszer, Ferenc-hegyi-barlang, József-hegyi-barlang, Szemlő-hegyi-barlang és Molnár János-barlang) jelentős mérettel rendelkezik. Ezek a világviszonylatban is jelentős hévizes barlangjáratok – a Ferenc-hegyi-barlang kivételével – szinte teljesen beépített felszín alatt húzódnak. Kutatási területünk a részben idegenforgalmi célra kiépített, könnyen megközelíthető szakaszokkal rendelkező, a felszínen szinte teljesen beépített terület alatt található – ezáltal az antropogén hatásoknak fokozottan kitett – Szemlő-hegyi-barlang.

A Szemlő-hegyi-barlang befoglaló kőzete a felső-eocén Szépvölgyi Mészkö, a felsőbb járatok a felső-eocén, alsó-oligocén bryozoás, ill. Budai Márgában alakultak ki (B<sub>ENKOVICS</sub> et al. 1995). A barlang két, szinte párhuzamos fő hasadéka ÉK-DNy-i irányú, melyekhez néhány kisebb mellékág csatlakozik (L<sub>EÉL</sub>–Ö<sub>SSY</sub> 1995). A barlang járatai követik a kőzetrétegek 20°-os dőlését. A fő járatszint 160 m tszf. magasságban, az egykori felfedező bejárat 206 m magasságban helyezkedik el (B<sub>ENKOVICS</sub> et al. 1995). A barlangot fedő rétegek vastagsága átlagosan 20 m. A Szemlő-hegyi-barlang a többi száraz barlanghoz hasonlóan a Budai Termálkarszt áramlási rendszerén belül a leszálló hideg ág telítetlen zónájában található, ahol jelenleg a beszi-

várgó vizek hatása jellemző. A felszínről oldott állapotban migráló ionok, bejutva a barlangjáratokba, módosítják a szilárd kitöltést, a képződményeket. Hatnak a barlangi klímára is, ugyanis a lecseppenő és szétporló víz alapvetően meghatározza az aeroszol összetételét. A Szemlő-hegyi-barlangban 1991-óta működő barlangterápia légzőkúrái szempontjából is lényeges a beszivárgó, csepegő vizek minősége. A tovább mozgó víz pedig a karsztvíz-szinthez lejutva, hozzájárul a karsztforrások utánpótlásához és befolyásolja vízminőségüket.

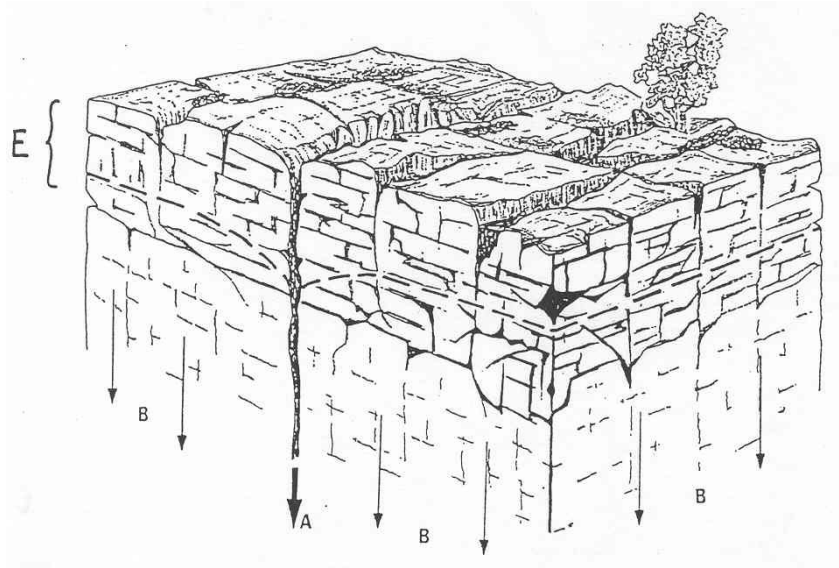


1. ábra: A tágabb értelemben vett Rózsadomb jelenlegi felszínborítása (forrás: Google Earth)  
 Fig.1: Recent landcover of Rose Hill s.l.(Google Earth)

A beszivárgást a Rózsadombon a földtani adottságok mellett az utóbbi kétszáz évben jelentősen átalakult területhasználat, valamint az 1985-re 85,3%-ossá vált (MARI-FEHÉR 1999) és az azóta tovább növekvő beépített-

ség is befolyásolja (1. ábra). Az építkezések révén nő a burkolt felületek aránya, csökken a beszivárgási terület. A beszivárgó vizekre hatást gyakorol a csatornázás hiánya vagy a meghibásodásából adódó szennyvízbefolyás. Szintén érintik a beszivárgást a csőtörések okozta intenzív vízbeáramlások, illetve az utak sózásából származó szennyezők (TAKÁCSNÉ BOLNER et al. 1989; MARI-FEHÉR 1999; TAKÁCSNÉ BOLNER-TARDY 2003).

### 3. Rózsadombi törmelékfedő, epikarszt sajátosságai



2. ábra: Az epikarszt sematikus ábrázolása MANGIN, A. (1975) nyomán,  
A: koncentrált beáramlás, B: diffúz beáramlás, E: epikarszt  
Fig.2: Schematic representation of the epikarst after MANGIN, A. (1975)  
A: concentrated recharge, B: diffuse recharge, E: epikarst

Az epikarszt a karsztrendszer legfelső, összetöredezett, repedésekkel sűrűn átjárt zónája. Hidraulikai funkciója kettős (MANGIN 1975; WILLIAMS 1983; GUNN 1986; MANGIN-BAKALOWICZ 1989; FORD-WILLIAMS 1989; KLIMCHOUK 1995): tározóképesége folytán folyamatos utánpótlódást biztosít a karsztrendszer mélyebb zónái számára; ugyanakkor szerkezetileg meghatározott járatok mentén koncentráltan is juttathat be vizet a karsztrendszerbe (2. ábra).

A szennyezők kiküszöbölése szempontjából a vízvisszatartás kedvez a tisztulási folyamatoknak, míg a közvetlen vízközvetítés segíti a felszíni eredetű szennyezők gyors mélybejutását.

*SCHEUER-SCHWEITZER* (1971) nyomán ismert a fagyaprózódási jelenségek hatására kialakuló törmeléktakarók szerepe a karsztok vízháztartásában. *TYC* (1996) vizsgálatai rámutattak a karbonátos kőzetekben a felszínközeli kialakuló periglaciális formák hidraulikai szerepére.

A Rózsadomb területén a törmeléktakarónak, avagy az epikarsztnak egy speciális kifejlődését találjuk. A Budai Termálkarszt – a nyitott karszt–fedett karszt fejlődési folyamatain keresztül – a késő pliocéntól kezdve a feltáródott karszt állapotába került. A periglaciális folyamatok hatására felaprózódott, fellazult kőzetek hatalmas mennyiségű törmelékanyagot szolgáltatottak. Ugyanakkor a lerakódó lösz a törmelékhez hozzákeveredve, a lejtős tömegmozgások által változatos megjelenésű, durvább-finomabb törmelékes fedő összletet hozott létre a karsztos kőzetek felszínén. Megállapítható, hogy a Rózsadomb területén a fellazult karbonátos szálkőzet és a törmeléktakaró bizonyos helyzetekben epikarsztként funkcionál és a beszívargást, valamint a szennyezők bejutását szabályozó szereppel bír (*ERŐSS* 2001; *MÁDLNÉ SZŐNYI* et al. 2001). Ezek a rózsadombi törmelékes sorozatok tehát csak részben viselkednek – a korábbi feltételezéseknek megfelelően – víz-visszatartó fedőként.

Építési feltárásokban és archív fotódokumentációs anyagokon elvégzett földtani és karsztmorfológiai vizsgálatok alapján a következő típushelyzeteket sikerült azonosítani a fedőre vonatkozóan (*ERŐSS* 2001; *MÁDLNÉ SZŐNYI* et al. 2001):

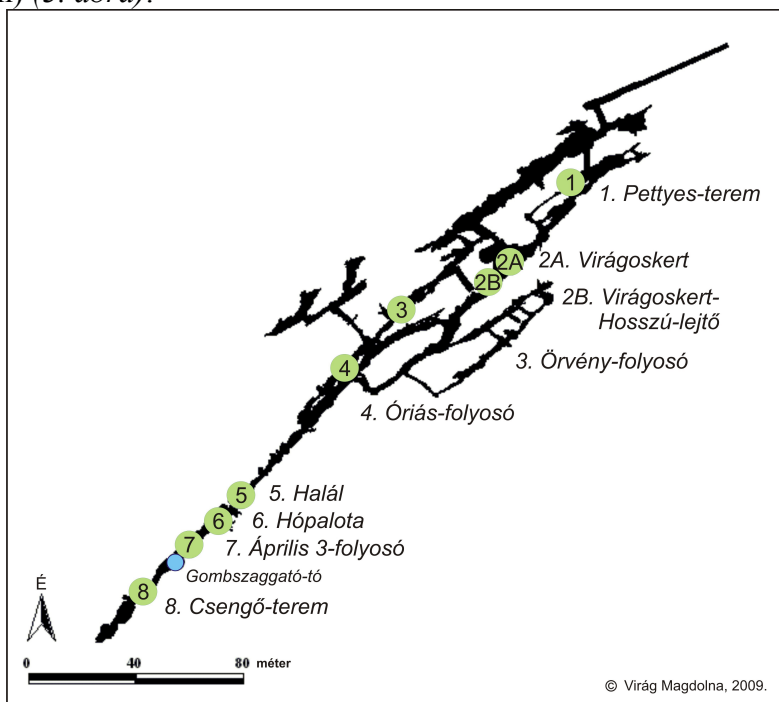
1. típus: a karbonátos kőzet a felszínen található, törmelékes fedő nélkül.
2. típus: a szálkőzet fölött az alapkőzet törmeléke található, mátrix nélkül.
3. típus: az alapkőzet törmeléke agyagos-lössös mátrixban úszik.
4. típus: az alapkőzet törmeléke felett a szelvény jelentős részét lösz és részben vagy egészben áthalmozott vörös-agyagos talaj teszi ki.

Az első csoportba tartozó kőzetsorozatokat fagyhatásra kihangsúlyozott elválási felületek és erős tektonizáltság jellemzik. Az epikarszt és a blokk zóna között fokozatos az átmenet, ugyanakkor megfigyelhetők vertikális elemek, nyitott hasadékok, melyek továbbíthatják a vizet a szálkőzet felé.

A másodiktól a negyedik típushelyzetig a szálkőzet fölött kialakult törmelékes sorozat permeabilitása fokozatosan csökken. A második csoportba tartozó sorozatok permeabilis víztartóként funkcionálnak, míg a negyedik sorozatnál az agyagos-lössös rétegek vízfogóként hatnak. Tényleges epikarsztként a második sorozatba tartozó összletek működnek, ugyanakkor, jelentős csapadék esetén, a harmadik csoportba tartozó sorozatok is tárolhatnak vizet.

#### 4. Barlangi és felszíni vizgálati módszerek

A kutatás keretein belül a rendszeres csepegés-méréseket 2005. november 1-én kezdtük meg, és 2008. április 13-ig végeztük. A barlangban 8 csepegő-víz mintázó helyet alakítottunk ki, melyet később kilencre bővítettünk (2B helysín) (3. ábra).



3. ábra: Csepegés-mérési helyek a Szemlő-hegyi-barlangban  
Fig.3: Dripwater measuring points in the Szemlő-hegy Cave

A mintavételi pontok kiválasztásánál figyelembe vettük, hogy mérhető mennyiségű legyen a vízbeszivárgás, a csepegő helyek alá egyszerűen, fixen beépíthetőek legyenek az intenzitáshoz méretezett ürtartalmú edények, ill. a mérési, csepegési pontok nagyjából egyenletes elrendezésben reprezentálják a barlang ismert járatait. A csepegőhelyek általában a felszín alatt 30-40 méter mélyen találhatóak. Általában jellemző, hogy a bejáratától a végpont felé nő a főte vastagsága. Az Örvény-folyosó a többi mérési helyszínhez képest jobban megközelíti a felszínt. Az Óriás-folyosó vizsgált szakasza fölött még egy másik, felső járatszint húzódik. Az edények egy része közvetlenül a főhasadékból gyűjti a vizet (pl. Virágoskert-Hosszú-lejtő, Halál, Április 3.-folyosó, Csengő-terem), más részükbe apró repedéseken keresztül szivárog a víz (pl. Hópalota).

A barlangjáratok felett elhelyezkedő Barlang utca 12/B telken naponta helyszíni csapadék és hó mérés történt 2005. november eleje és 2006. május vége között. Az Országos Meteorológiai Szolgálattól a teljes időszakra megkaptuk a barlanghoz legközelebbi helyszínt, a KMI Torony adatait.

Heti gyakorisággal olvastuk le az összegyűlt víz mennyiségét, és egyidejűleg helyszíni fizikai és kémiai (víz- és léghőmérséklet, pH, fajlagos elektromos vezetőképesség) méréseket is végeztünk (ZIHNE PERÉNYI 2008).

A begyűjtött vízminták további kémiai elemzése az ELTE-TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén (Varga András és Virág Magdolna) és az Analitikai Kémiai Tanszék Speciációs-Gyógyszerész-Nyomanalitikai laboratóriumában (Zihné Perényi Katalin) történt. Az alkalmazott módszerek: titrimetria ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ), lángfotometria ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ) és spektrofotometria ( $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) voltak. A közel 3 éves vizsgálati időszak alatt összesen 558 mintát gyűjtöttünk be és elemeztünk.

Vizsgálatainkkal párhuzamosan a havonta egy alkalommal begyűjtött mintákon az MTA Geokémiai Kutatóintézetben stabil oxigénizotóp mérések készültek.

Az értékelés során a csepegőhelyek kémiai komponenseinek mediánjait kör- és oszlopdigrammon összehasonlítva, továbbá a csapadék–csepegés intenzitás, a csepegés intenzitás–elektromos vezetőképesség idősorokat, valamint mérőhelyenként az átlagos (medián) kémiai összetételt (meq/l; %) (fő kationok és anionok) jelenítettük meg. Idősoros vizsgálatokat is végeztünk. A napi csapadékadatokat a csepegés intenzitással – az összegyűlési napokra vonatkozóan egyenletesen elosztva – ábráztuk. Az észlelések kimaradását, sikertelenségét adathiány jelzi az idősorokon.

A felszíni antropogén hatások térbeli vizsgálatához térinformatikai módszereket alkalmaztunk. Georeferált alaptérképek segítségével megvizsgáltuk a barlangjáratok pontos elhelyezkedését a felszínhez képest, és a rendelkezésre álló fixpontok felhasználásával elkészítettük a barlang 3D polygonhálózatát. A területhasználat elemzésével meghatároztuk a felszíni és felszínközeli szennyező veszélyforrásokat, valamint a burkolt és beszivárgási felületek arányát.

## **5. A barlang feletti törmeléktakaró földtani és morfológiai sajátosságai**

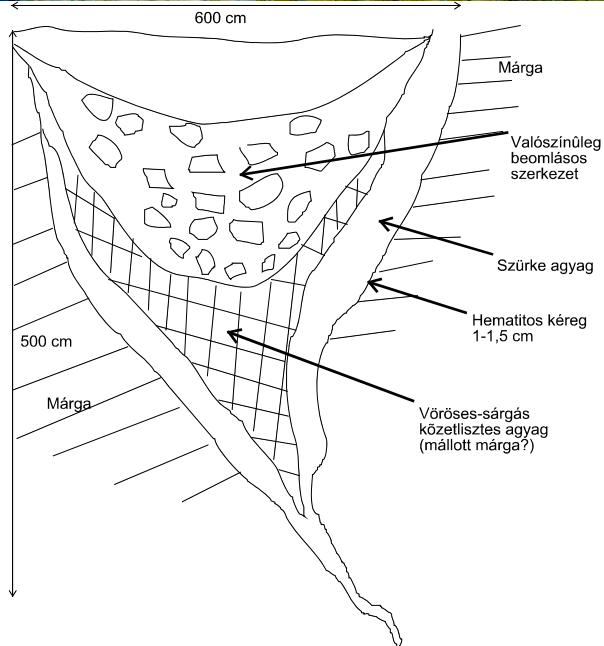
A vizsgálatok szempontjából fontos volt a barlang és közvetlen környezete földtani viszonyainak feltárása. A lokális földtani kérdések megválaszolásához WEIN (1977) térképe jelentette a kiindulási alapot, amelyet a fellelhető adatokkal: archív sekélyfúrások, feltárásban végzett megfigyelések és az azóta megtalált, felszínre nyíló barlangjáratok adataival sikerült pontosítani.



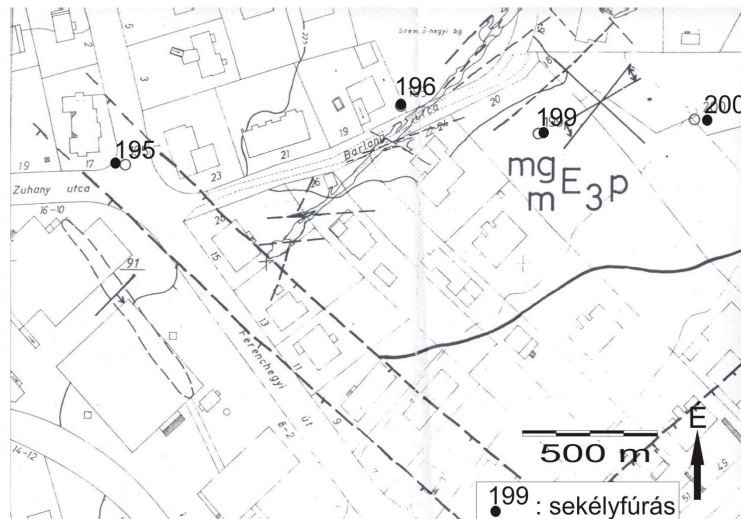
Mindezek alapján megállapítható, hogy a felszínen és felszínközeli a Szemplő-hegyi-barlangtól DK-re egyre nagyobb vastagságban Budai Márga Formáció jellemző. A barlang É-ÉNy-i környezetében már csak a Szépvölgyi Mészke Formáció jelenik meg, és hiányzik a Budai Márga. A barlangtól ÉNy-ra húzódó vető túloldalán pedig a Szépvölgyi Mészke alatt 6 méterrel már a triász tüzköves mészke (Mátyáshegyi Formáció) található. A barlang környezetében törmelékfedő a Szépvölgyi Mészke és a Budai Márga felszínén alakulhatott ki.

A Szemplő-hegyi-barlang és a tőle ÉNy-ra nyíló Zsindely utcai-barlang között *WEIN* (1977) egy ÉK-i irányú vetőt feltételezett. Ez a vető a Szemplő-hegyi-barlang jelenleg ismert szakaszaiban nem jelenik meg. A túloldalon azonban a Zsindely utcai-barlangban a felső-eocén Szépvölgyi Mészke fekéjében már a triász Mátyáshegyi Formáció 6 méterre megközelíti a felszínt, ugyanakkor a Budai Márga teljesen hiányzik a rétegsorból (*LEÉL-ÓSSY* 1995). A Barlang utca 6. (jelenleg 6-8.) telken 2007-ben építkezés közben feltárt Pünkösdi-barlang járata 12 méter mélységig végig Szépvölgyi Mészkeben húzódik, a Szemplő-hegyi-barlang Agyagos-szakasza mellett, azaz itt a rétegsorból teljesen hiányzik a Budai Márga (*LEÉL-ÓSSY* 2007). Az Örvényfolyosó bejáratánál (a Raktár részen) azonban már kis vastagságban megjelenik a márga. A Barlang utca 18-20. sz. alatt pedig egy 2000-ben létesített alapozó-gödörben talált, két nagy gömbfülkéből álló Pusztaszeri-barlang 9,5 méter mélységű, befoglaló kőzete a Budai Márga, ami a bryozoás márgába mutat átmenetet (*LEÉL-ÓSSY* 2000). Megállapítható tehát, hogy a triász és eocén mészkeben kialakult Zsindely utcai-barlang és az eocén márgában keletkezett Pusztaszeri-barlang 50 méter szintkülönbséggel egymástól mindössze 200 méter távolságra található. Ezt 50 méter elvetési magasságú vetővel lehet értelmezni.

A Szemplő-hegyi-barlang törmelékes fedője a Barlang utca 18-20. sz. alatt 2000-ben épült lakópark alapkiásása idején térben is tanulmányozható volt. A szálban álló, kemény, tömör, pados megjelenésű Budai Márga (rétegdőlés: 140/20°) felső része itt fellazult, agyaggal kevert durva közettörmelékes vagy agyagos löszös alapanyagba ágyazott pár cm-es törmelékekből felépülő zóna. A törmelékzóna megjelenése gyakran töbörkitöltés vagy beszakadás jellegű, amely kedvez a víz elvezetésnek. A munkagödörben vöröses kőzetliszttel, ill. törmelékkel kitöltött 6 m átmérőjű és 5 m mély képződmény is megfigyelhető volt, amely paleo-víznyelőként értékelhető (4. ábra) (*ERŐSS* 2001; *MÁDLNÉ SZŐNYI* et al. 2001; *ANGELUS* et al. 2002). Földtani analógiák alapján ez a fedőjelleg várható a Szemplő-hegyi-barlang fölött is.



4. ábra: A "paleo-víznyelő" a Pustaszéri úti lakópark építési feltárásában  
 Fig.4: „Paleo-sinkhole” exposed by a construction pit at Pustaszéri Street



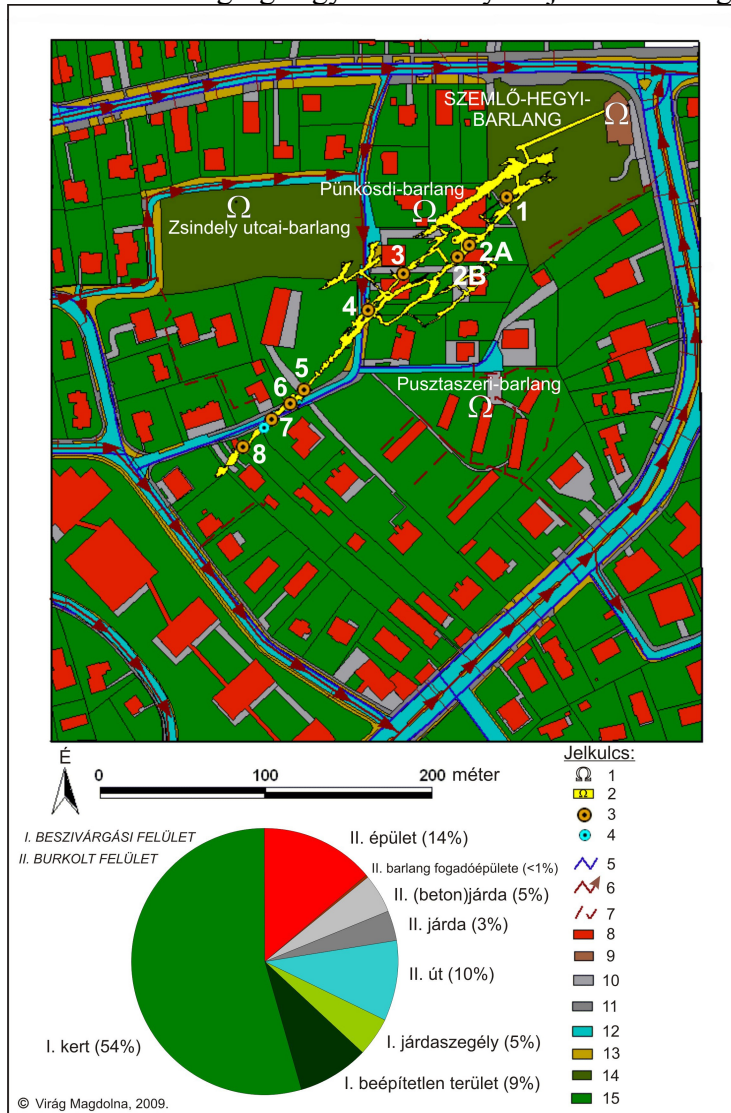
5. ábra: Földtani térképvázlat (VÉGH S-né 1985)  
 Fig.5: Geological sketch of the area above the Szemlő-hegy Cave (VÉGH S-né 1985)

A fedő anyaga a barlangjáratok közelében mélyült sekélyfúrásokból pontszerűen ismert (VÉGH-né 1985). A járatoktól É-ÉK irányban mélyült 195. és 196. fúrások 3,5-3,7 m mélységig szoliflukciós eredetű, vegyes anyagú lejtőtörmelékét harántoltak. A 199. számú és 200. számú fúrások szerint a barlangtól DK-re, 0,3-0,5 m mélységig feltöltés, alatta pedig szálban álló bryozoás márga húzódik (5. ábra). A felszíni jegyek alapján a törmelékfedő az epikarsztos értékelés szempontjából második és a harmadik kategóriába sorolható (ERŐSS 2001; MÁDLNÉ SZÓNYI et al. 2001). Előbbi tehát epikarsztnak minősíthető.

A telítetlen zónában zajló beszivárgást befolyásolják a szerkezeti elemek. Ezek a Szemlő-hegyi-barlangra jellemzően ÉK-DNy-i csapásirányúak, ez a barlangjáratok tektonikus főiránya is. Emellett ÉNy-DK-i törések és É-D-i, továbbá K-Ny-i szerkezetek is hatással vannak a beszivárgó vizek elvezetésére.

A szerkezetek beszivárgási folyamatokban betöltött fontosságát támasztja alá az 1992-ben elvégzett szivárgási kísérlet eredménye (SÁRVÁRY et al. 1992; LEÉL-ŐSSY 1997), amely szerint a fedő Budai Márga vízáteresztésében a függőleges hasadékok szerepe, meghatározó. FEHÉR (MARI –FEHÉR 1999) véleménye szerint ugyanakkor a Szemlő-hegyi-barlang egyes szakaszain a víztovábbítást lényegében a Szépvölgyi Mészke és Budai Márga 20°-os dőlésű határa befolyásolja. A dőlésviszonyokat, valamint a Szemlő-hegyi-barlang felszín alatti térbeli elhelyezkedését számításba véve, a fő já-

ratszintekre (~160 mBf) vonatkozóan a járatok és a felszín között ÉK-ről DNy-i irányban nő a fedővastagság. Minden bizonnyal a réteghatár menti vízmozgás és a fedő vastagsága egyaránt befolyásolja az átszivárgást.



6. ábra: A Szemlő-hegyi-barlang környékének területhasználata  
 Jelmagyarázat: 1. barlang bejárat; 2. Szemlő-hegyi-barlang járata; 3. csepegés mérési pontok; 4. állóvíz mérési pont; 5. vízvezeték; 6. főcsatorna; 7. csatorna; 8. épület; 9. barlang fogadóépülete; 10. beton járda; 11. járda; 12. út; 13. járdaszegély 14. beépítetlen / védett terület; 15. kert  
 Fig. 6: Land use around the Szemlő-hegy Cave area  
 Legend: 1. cave entrance; 2. Szemlő-hegy Cave; 3. dripwater measuring points; 4. standing water measuring point; 5. drink-water pipeline; 6. main sewer; 7. sewer; 8. building; 9. cave entrance building; 10. surfaced road; 11. pavement; 12. road; 13. pavement edge; 14. uncovered (protected) area; 15. garden;

Végül nem hanyagolható el a törmelékfedő jellemzésekor az emberi tevékenység hatása sem. A Szemlő-hegyi-barlang bejárati részének felszíni védőterülete a bejárati létesítmények építésekor mesterséges felszín átalakításon ment át, felszínlenyesés, rézsűzés történt. Továbbá az építési és a korábbi mezőgazdasági munkák is érinthették a felső talajszelvényt (ZÁMBÓ et al. 1992).

## 6. Felszíni és felszínközeli veszélyforrások

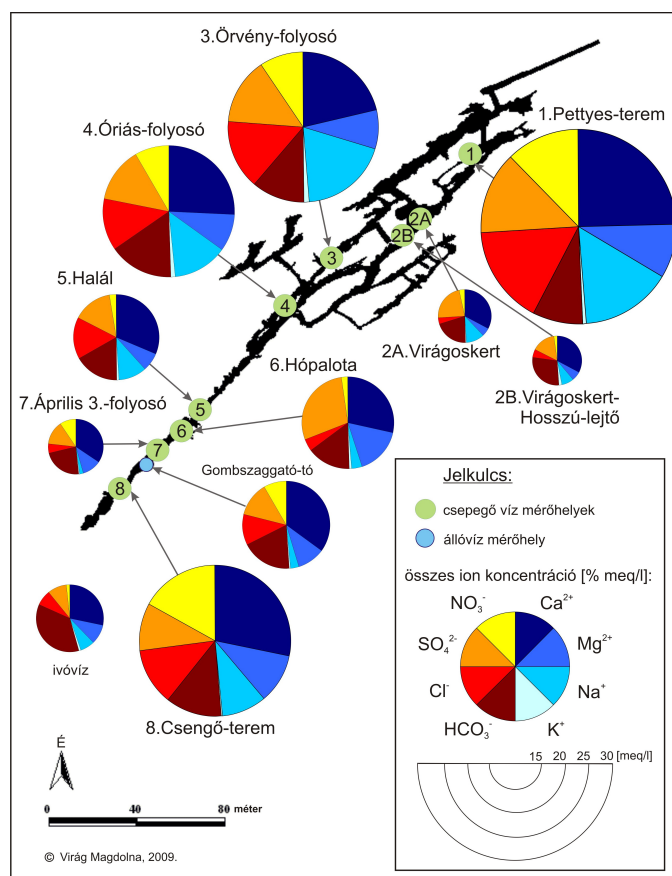
A Szemlő-hegyi-barlang környékének felszínborítás térképe mutatja a barlangjáratok és a csepegőhelyek elhelyezkedését is. A vizsgált területen belül a természetes beszivárgás lehetőségét megteremtő zöldfelület aránya kb. 70%, az épületekkel, járdával, utakkal burkolt felületek pedig kb. 30%-ot tesznek ki (6.ábra). Az utóbbiak által elfoglalt kisebb-nagyobb területen a mesterséges objektum jellegéből adódóan akadályozza a természetes beszivárgást, ugyanakkor a felület határán lefolyó víz koncentráltan jut a felszín alá. Szintén koncentrált mennyiségű mélybejutás tapasztalható szikkasztó vagy közmű pontszerű szivárgása, ill. öntözőrendszerek használata esetén.

A fő vízvezeték- és csatornahálózat lefutása általában a közút hálózatot követi. A csatornázatlan utcaszakaszok ingatlanjairól a kötelező közműre csatlakozást szomszédos telkeken keresztül vezető mellékcatornákkal oldották meg. A területen szennyező forrás lehet a csatornákból vagy szikkasztókból történő szennyvíz szivárgása, a kertekben műtrágya és egyéb vegyszerek használata, továbbá az utak téli csúszásmentesítése, sózása.

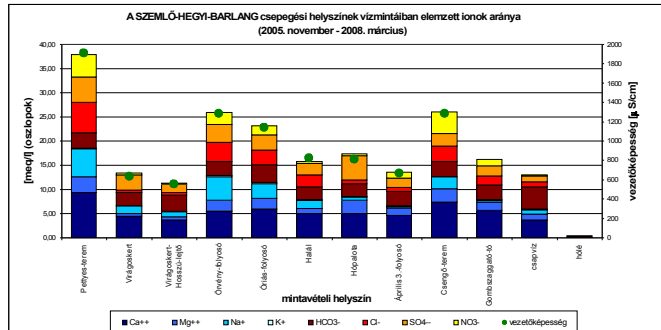
## 7. A csepegő vizek értékelése

Az egyes csepegőhelyeken gyűjtött vizek mennyiségéből és kémiai analíziséből kapott mediánértékeket összehasonlítva, a barlang bejáratától a végpont felé a vízminták mennyisége és minősége is jelentősen változik (7.a ábra). Szembetűnő a  $\text{Ca}^{2+}$  magas aránya, ugyanakkor a természetes eredetű karsztvizekkel szemben a  $\text{HCO}_3^-$  aránya jóval kisebb, továbbá helyenként igen magas az antropogén forrásból származó  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  és  $\text{NO}_3^-$  ionok aránya is. Az egyes csepegési helyekre az ionokra vonatkozó koncentráció értékeket és a csepegővizek fajlagos elektromos vezetőképességét bemutató oszlopdiagramon (7.b ábra) a Virágoskert és a Virágoskert-Hosszú-lejtő értékei a legalacsonyabbak, és a  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  és a  $\text{SO}_4^{2-}$  ionok nagyobb mennyisége jellemző. A Hópalota vizében kiemelkedően magas a  $\text{SO}_4^{2-}$  aránya. Az Óriás-folyosó és Örvény-folyosó mintáiban sokkal magasabb a  $\text{Na}^+$  és  $\text{Cl}^-$  részesedése, a Csengő-terem esetében pedig a  $\text{NO}_3^-$  értéke kiugróan magas. A

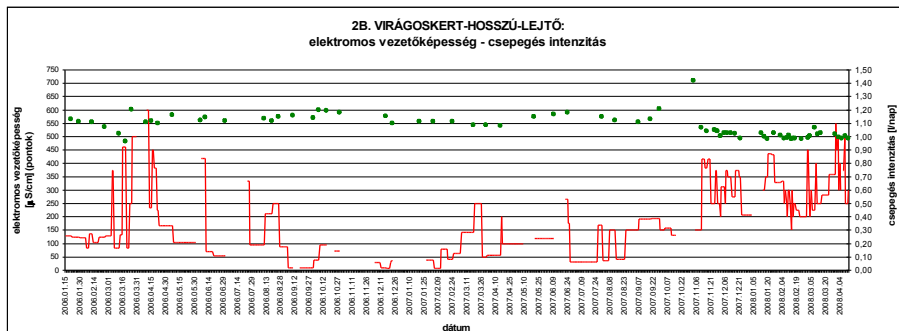
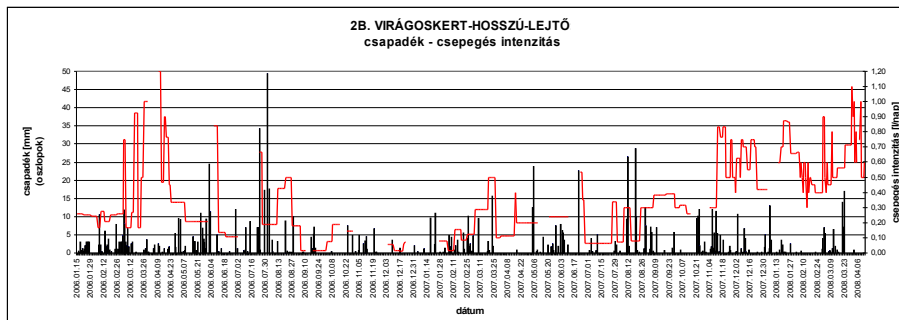
Pettyes-teremnél szembeűnő a fajlagos elektromos vezetőképesség kiugrása, ezen belül pedig az antropogén eredetű ionok magas aránya. A Halál, Április 3.-folyosó és Gombszaggató-tó helyszínek értékei átmeneti állapotot tükröznek. Az antropogén eredetű ionok közül a legjelentősebb a nitrát előfordulása, mediánjait az ivóvízre vonatkozó határértékkel (50 mg/l) összehasonlítva megállapítható, hogy koncentrációja több helyszínen is jelentősen meghaladja azt. Ez a megállapítás a Pettyes-teremre (280 mg/l) és a Csengő-teremre (270 mg/l) fokozottan érvényes.



7.a ábra: Vízminék összetételének csepegőhelyenkénti összehasonlítása(közéérték, meq/liter)  
Fig.7.a: Comparison of water samples of the dripwater stations (based of median meq/l values)



7.b ábra: Vízminták fő ion összetétel (meq/liter) és fajlagos elektromos vezetőképesség (µS/cm) középértékeinek összehasonlítása  
 Fig.7.b: Comparison of the main cations and anions and the electric conductivity of dripwaters (based of median values)



8. ábra: Virágkert - Hosszú lejtő: csapadék-csepegésintenzitás-fajlagos elektromos vezetőképesség mérési idő-sor  
 Fig.8: Time series of precipitation and dripping intensity and electric conductivity of dripwater at the “Virágkert - Hosszú lejtő” station

A kutatás másik célja volt a csepegővizek mennyiségi és minőségi változásainak időbeli nyomon követése. Ezzel kapcsolatban a következő megállapítások fogalmazhatók meg. A barlang beépítetlen telke alatt található (6. ábra) Virágoskert-Hosszú-lejtő mérőhely (8. ábra) csepegés intenzitása jelentősebb havazásokat és hóolvadásokat követően, néhány nap késleltetéssel hirtelen emelkedik, majd fokozatosan csökken. Jelentősebb csapadékesemények hatására egy-két napon túl emelkedés, majd gyorsabb csökkenés következik. Az előbbi jelenség az epikarszt tározó-vízviisszatartó, az utóbbi pedig a közvetlen víztovábbító hatását tükrözi. A fajlagos elektromos vezetőképesség értékekben a hóolvadást követően a csepegés intenzitással párhuzamosan hirtelen emelkedés, majd fokozatos csökkenés tapasztalható. Ez a repedésekben pangó víz leürülésére, majd a hólé megjelenésére utal. Esőzéseket követően a fajlagos elektromos vezetőképesség csökkenés, azaz hígulás tapasztalható. A természetes eredetűnek tekintett  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  és kisebb mértékben a  $\text{Mg}^{2+}$ , valamint a  $\text{SO}_4^{2-}$  ionok többnyire követik a fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változását (9. ábra).

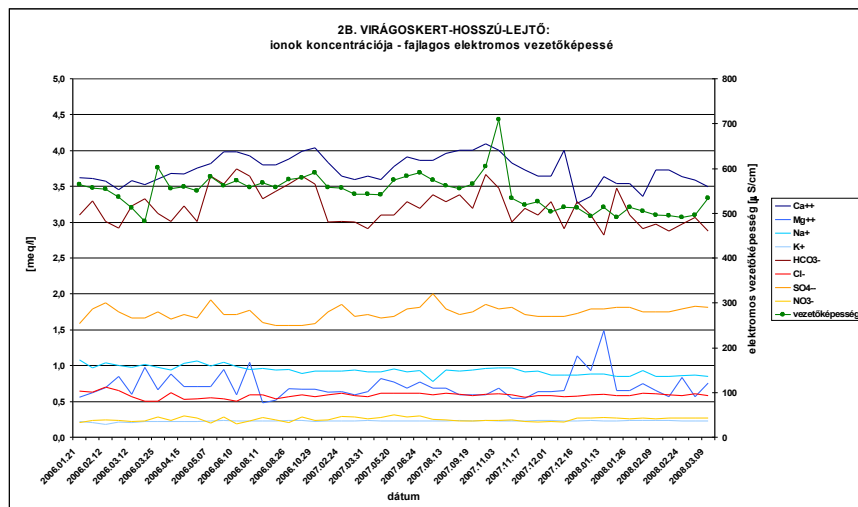
A Hópalota vízmintája az előző helyhez hasonlóan (7.a-b ábra) szintén természetes beszivárgást tükröz. A csapadékeseményt követő feltöltődés-leürülés itt – a feltételezhetően jelentősebb törmelékzónának köszönhetően – lassabban következik be, és hatása hosszabb ideig nyomon követhető. A fajlagos elektromos vezetőképesség a csepegésintenzitással általában fordított arányban változik. A vezetőképesség értékekkel időben többnyire együtt nő és csökken a  $\text{Ca}^{2+}$  és  $\text{SO}_4^{2-}$  koncentrációja, valamint alacsonyabb értékekkel a  $\text{Mg}^{2+}$  és a  $\text{HCO}_3^-$  értéke (10. ábra). Mivel az antropogén ionok mennyisége alacsony és változatlan, a nagy koncentrációban jelentkező szulfát forrása ebben az esetben valószínűleg „természetes szennyezés”: a Budai Márgában települő pirit, ill. annak oxidációja lehet.

A Pettyes-terem a barlang feletti védett terület Ny-i végénél található (6. ábra). A csapadék-csepegésintenzitás és vezetőképesség változása – magasabb értékekkel – a Virágoskert-Hosszú-lejtőnél bemutatott folyamat szerint alakul. Az ionok többsége tág koncentrációhatárok közt ingadozik, és időben a fajlagos elektromos vezetőképességhez hasonlóan változik (11. ábra). Itt azonban a természetes ionok mellett az antropogén eredetű ionok magas értéke és ingadozása is szembetűnő. Mivel itt feltételezhető a felszíni-felszínközeli rész korábbi, idegen eredetű anyaggal történő feltöltése, a beszivárgási jelenségek alapján a törmelékfedő „antropogén epikarsztként” funkcionál.

Az Óriás-folyosó csepegővizeire számottevő antropogén befolyásoltság jellemző (6. ábra). A csapadékeseményekkel az előbbi helyekhez képest nem mutat összefüggést a kiemelkedően magas csepegésintenzitás (22



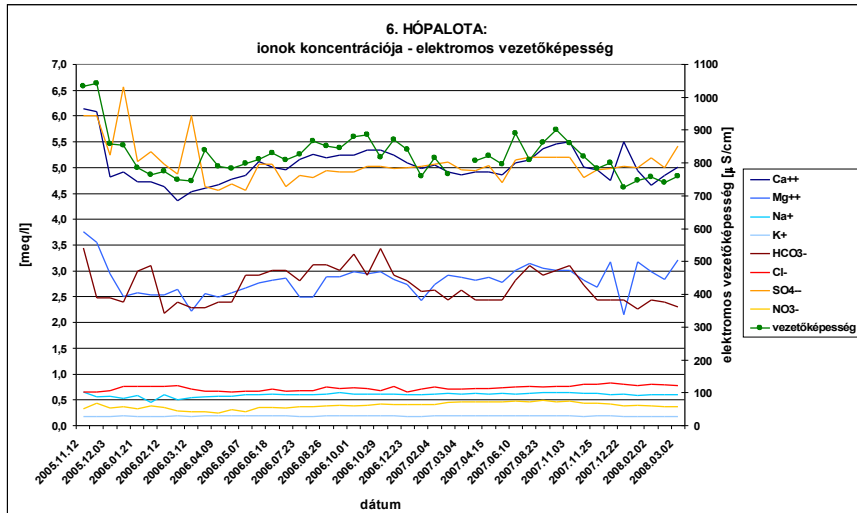
liter/hét!), és a fajlagos elektromos vezetőképesség is nagyon ingadozó. Ugyanakkor leginkább szembeűnő a Na<sup>+</sup> és Cl<sup>-</sup> ionok évszakos ingadozása (12. ábra). A folyamatosan magas vízmennyiség vízvezeték szivárgásra utalhat (MARI-FEHÉR 1999). Az ionok évszakos ingadozásából és a fajlagos elektromos vezetőképesség tág határok közötti változásából adódóan feltételezhető a felszínről beszivárgó víz hozzákeveredése.



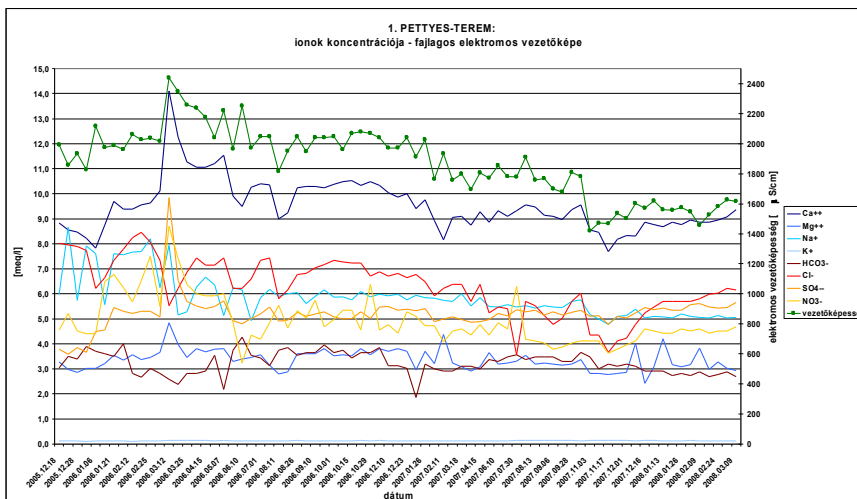
9. ábra: Virágoskert-Hosszú-lejtő: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása

Fig. 9: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Virágoskert-Hosszú-lejtő” station

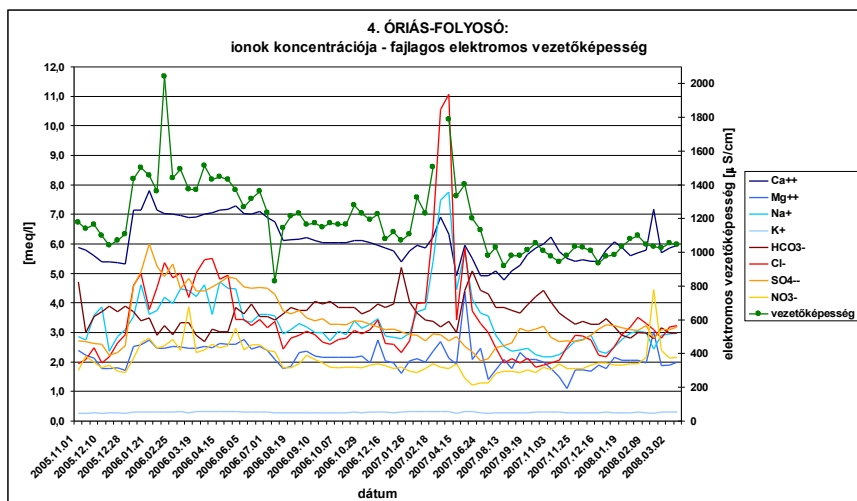
A beépített terület alatt található Csengő-terem (6. ábra) csepegésintenzitása esetében – az előző helyszínhez hasonlóan – szintén nem tapasztalható összefüggés a csapadékeseményekkel, és a fajlagos elektromos vezetőképesség is folyamatosan ingadozik. Az NO<sub>3</sub><sup>-</sup> az eddigi csepegő-helyekhez képest folyamatosan magas koncentráció értékekkel van jelen és ezen belül nagyon tág tartományban ingadozik. A többi ion viszonylag stabil (13. ábra). Ez alapján a Barlang utca 19. mellékcsatornájából történő hozzászivárgás feltételezett.



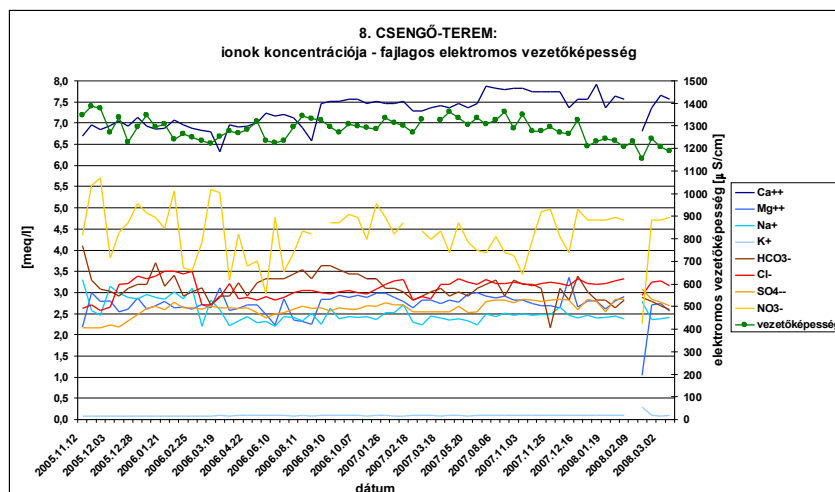
10. ábra: Hópalota: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása  
 Fig. 10: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Hópalota” station



11. ábra: Pettyes-terem: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása  
 Fig. 11: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Pettyes-terem” station



12. ábra: Óriás-folyosó: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása  
 Fig. 12: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Óriás-folyosó” station



13. ábra: Csengő-terem: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása  
 Fig. 13: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Csengő-terem” station

## 8. A csepegő vizek stabil oxigénizotópos vizsgálata, diszkusszió

A barlangi csepegő vizek hidrogeokémiai vizsgálata mellett a stabilizotóp-geokémiai vizsgálatok elsősorban a beszivárgó vizek eredetére, illetve a beszivárgás közben bekövetkezett másodlagos folyamatokra nyújtanak információt (TOOTH–FAIRCHILD. 2003, LACHNIET 2009). A természetes beszivárgási területeken a barlangi csepegő víz gyakorlatilag egyetlen forrása az adott területre hulló csapadék. A beszivárgás során bekövetkezhet a hulló csapadék (1) felszíni lefolyása és/vagy szelektív beszivárgása, (2) ideiglenes tározódása a törmeléktakaróban (helyenként epikarsztban), (3) párolgása, vagy (4) geológiai léptékű időskálán a beszivárgás útjának megváltozása.

Az emberi hatásokkal terhelt területek esetében a beszivárgó vízhez hozzákeveredhet antropogén eredetű víz is, elsősorban az ivó- és szennyvízhálózati rendszerből. Budapest ivóvíz ellátásának elsődleges forrása a parti szűrésű kutakon keresztül a Duna folyó. Ennek stabilizotópos vizsgálata megmutatta (FÓRIZS–JUHÁSZ 2002), hogy a folyóvíz  $\delta^{18}\text{O}$  értéke (kb.  $-11\text{‰}$  –  $-11,3\text{‰}$ ) a budapesti csapadékvizeknél (kb.  $-9,7\text{‰}$ ) negatívabb, az alpi területre eső, hazánkétól magasabban fekvő vízgyűjtőterülete miatt. A hivatkozott izotóp-geokémiai adatokat nemzetközi V-SMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water) etalonhoz (sztenderdhez) viszonyítva ezrelékben a szokásos  $\delta$  jelöléssel adjuk meg. A mérések bizonytalansága (mintaelőkészítés+mérés)  $\pm 0,2\text{‰}$  V-SMOW. Mivel a szennyvízcsatornában megjelenő víz elsődlegesen az ivóvízcsatornákból ered, ezek stabilizotópos összetételében jelentős különbség nem adódik.

A felszínre hulló csapadék lassú és/vagy diszperz beszivárgása pozitív irányú eltolódást okoz a csepegő víz  $\delta^{18}\text{O}$  értékében, mivel a párolgás során a könnyű (negatívabb) izotópban dús  $\text{H}_2\text{O}$  molekula könnyebben jut gáz fázisba. Hasonló, pozitív irányú eltolódást mutathatnak az alacsony csepegési rátával jellemezhető vízmintagyűjtő helyszínek is.

A csepegőhelyenként végzett megfigyeléseinket a barlangból vett vízmintákon rendszeresen végzett stabilizotóp mérési eredményekkel (SIKLÓSY Z. et al. 2008) összehasonlítva a következő megállapítások tehetők.

A vízkémia alapján természetes beszivárgási helyként kezelt Virágoskert, Virágoskert-Hosszú-lejtő és Hópalota vizeinek  $\delta^{18}\text{O}$  értékei állandóak és közel megegyeznek a területre hulló csapadék becsült  $\delta^{18}\text{O}$  értékével ( $-9,7\text{‰}$ ).

Az Pettyes-terem csepegő vizeinek a csapadéokra jellemző  $\delta^{18}\text{O}$  értékekhez képest pozitívabb értékeit ( $-9$  –  $-9,6\text{‰}$ ) a felette lévő felszín (feltehetően) karsztidegen eredetű anyagból álló feltöltésén való átszivárgás okoz-

hatja (hosszabb tartózkodási idő, ennek következtében párolgás és az általa okozott izotóp frakcionáció).

A Csengő-terem, Óriás-folyosó és Örvény-folyosó  $\delta^{18}\text{O}$  értéke a helyben hullott csapadék  $-9,7\%$  értékénél folyamatosan negatívabb ( $-10 - -10,5\%$ ). Tekintettel arra, hogy ezeknél a helyeknél ivóvíz ill. szennyvíz szivárgás feltételezhető, érthető, hogy itt miért adódtak a területre helyben hullott csapadékvíznél negatívabb, ugyanakkor a Dunából származó, közműhálózatba betáplált ivóvíz kb.  $-11 \%$  értékénél pozitívabb értékek. Tehát ezeken a helyeken a beszivárgó vízhez közműből történő víz hozzákeveredését feltételezhetjük. A magas nitrát koncentráció alapján a Csengő-teremnél a szennyvíz, az előbbi esetekben pedig az ivóvíz hozzászivárgása további megerősítést nyert.

## 9. Összegzés

Megállapítottuk, hogy a Szemlő-hegyi-barlang feletti – részben epikarsztnak minősíthető – törmelékfedő sajátosságai a barlangba szivárgó víz hidraulikai viselkedését alapvetően meghatározzák. Fagyhatás által befolyásolt és tektonikailag is érintett üledéksorról van szó, amely egy „szárazra került” termálkarsztos barlang fölött alakult ki. A rétegsorban a világváros területhasználatának és felszínátalakító tevékenységének következményei is jelentkeznek. Értelemszerűen mindezek hatásai eltérő módon tükröződnek egyes mérőhelyek csepegő vizeiben.

A területre vonatkozóan kimutatott felszíni szennyező és veszélyforrások: a burkolt felületek beszivárgás módosító hatása, a felszínközeli rétegek bolygatása, a közmű (vízvezeték, csatorna) szivárgása, a vegyszerhasználat (pl. útsózás, műtrágyázás). Mindezek hatásai hol elkülöníthetően, hol pedig együttesen rátevéődnek a természetes folyamatokból adódó hatásokra, és a csepegőhelyek között mérhető mennyiségi és minőségi különbségekben jelentkeznek.

A járatok 35-40 m mélyen húzódnak a felszín alatt, azonban a periglaciális jelenségeknek köszönhetően a felszíni szennyező anyagok a vízzel együtt közvetlenül is lejuthatnak a barlangba. A szálkőzet réteglapjai ( $20^\circ$  rétegdőlés) mentén is lehetséges a vízbejutás, de az ÉK-DNy, ÉNy-DK-i és az É-D, K-Ny-i szerkezeteknek, vetőknek is szerepe lehet a vízközvetítésben. Szintén a beszivárgást segíti, ha a törmelékzóna töbörkitöltés vagy beszakadás jellegű. Ugyanakkor a törmelékfedő tározó – beszivárgás-továbbító funkciója felhigíthatja és csökkentheti a szennyezők koncentrációját. A felszín alá jutó víz és a csepegővizek mennyiségétől függően a szennyező

anyagokat az epikarszt ilyen körülmények között akár folyamatosan is tovább közvetítheti a karsztban.

A vizsgálatok alapján természetes beszivárgású helyeknek minősíthető a Virágoskert, a Virágoskert-Hosszú-lejtő és a Hópalota csepegőhely. Antropogén módon már kismértékben befolyásolt a Halál és az Április 3.-folyosó. A Pettyes-terem feletti feltöltött rész „*antropogén epikarsztként*” funkcionál. Az antropogén hatások fokozottan mutatkoznak az Óriás-folyosó (vízvezeték szivárgásból adódó hozzákeveredés), a Csengő-terem (csatornaszivárgásból adódó hozzákeveredés), és az Örvény-folyosó (esetleges vízvezeték szivárgás, felszínközeli helyzet) esetében. Ez a  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$  számottevő mennyiségében és a csapadék eseményekkel összefüggő időbeli változásában, ill. folyamatosan magas koncentrációjában, valamint állandóan nagy csepegésintenzitásban mutatkozik. Összességében a csepegő vizek elemzése jelentős új információval szolgált a barlang természetes beszivárgási folyamatairól és az antropogén befolyásoltságról.

Vizsgálataink megerősítették, hogy a rózsadombi utánpótlódás, az áramlási rendszerek e lokális ága, beszivárgási folyamatait tekintve a rátelepült város befolyása alatt áll. Fontos tehát az epikarszt antropogén körülmények között működő, beszivárgás-szabályozó funkciójának megértése. Ez hatással van a rózsadombi fosszilis barlangok és a jelenleg is aktív Molnár János-barlang védelmére, és közvetve, – a szennyező anyagok karsztvízszintig való lejutásának lehetősége miatt – a hévforrások védelme szempontjából is jelentőséggel bírhat.

## IRODALOM

- ALFÖLDI L. (1978): Budapest Hévízei. – Kandidátusi dolgozat, 156 p.
- ANGELUS B. – PETHŐ S.L. – MINDSZENTY A. (2002): Földtani megfigyelések – amit újra már senki nem láthat (A Pusztaszeri út és a Barlang utca között épülő lakópark alapozási munkái során keletkezett feltárások rögzítése. – Földtani Közöny 132/1, Budapest, p. 129-130.
- BENKOVICS L. – TÖRÖK Á. – NÁDOR A. (1995): A Ferenc-hegyi vonulat barlangjainak geológiája. – Karszt- és barlangkutatás X., MKBT, Budapest, p. 193-196, p. 200-207.
- ERŐSS A. (2001): Az epikarszt megjelenésének és jelentőségének vizsgálata a Rózsadomb (s.l.) terület példáján. – diplomamunka, ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék 69 p.+ mellékletkötet
- ERŐSS, A. – MÁDLNÉ SZÓNYI, J. – MÜLLER, I. – VIRÁG, M. (2006): Hydrogeological investigations in the Rózsadomb area for the protection of the thermal karst system (Budapest, Hungary) Proceedings of the 8th Conference on Limes-

tones Hydrogeology Neuchâtel, Switzerland, 21-23 September 2006 p. 105-108.

FORD, D. C.–WILLIAMS, P. W. (1989): Karst Geomorphology and Hydrology. – Unwin Hyman, London 601 p.

FORD, D. C.–TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991): Abszolút kormeghatározás és stabil izotóp vizsgálatok budai barlangi kalcitmintákon. – Karszt és Barlang, I-II. p. 11-18.

FÓRIZS, I.–JUHÁSZ, P. (2002) Differences in the climates of catchment areas as reflected by isotopic characteristics of the Danube and Tisza Rivers, Hungary. – VI Isotope Workshop. Tallin, 2002.6.29. - 2002.7.4., p.32-33.

GUNN, J. (1986): Solute Processes and Karst Landforms. – In TRUDGILL, S. T. (Ed.): Solute Processes. John Wiley & Sons Ltd., Chichester pp. 363-437.

HAZSLINSZKY T.–NÁDOR A.–SZABLYÁR P. (1993): AJÁNLÁS a budai Rózsadomb és környéke termálkarsztja UNESCO Világörökség-listára történő felterjesztéséhez. – MKBT, Budapest, 64 p.

KLIMCHOUK, A. (1995): Karst Morphogenesis in the Epikarstic Zone. – Cave and Karst Science, 21. 2. p. 45-50.

KOVÁCS J.–MÜLLER P. (1980): A budai-hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai. – Karszt és Barlang, II. p. 93-98.

LACHNIET, M.S. (2009): Climatic and environmental controls on speleothem oxygen-isotope values. – Quat. Sci. Rev. 28, p. 412–432.

LEÉL-ŐSSY SZ. (1995): A budai Rózsadomb és környékének különleges barlangjai. – Földtani Közlöny 125. 3-4. Budapest, p. 363-432.

LEÉL-ŐSSY SZ. (1997): A József-hegyi-barlang (Budapest) geológiai viszonyai, fejlődéstörténete és a Rózsadomb környéki termálkarsztos barlangok genetikája. – kandidátusi értekezés, ELTE-TTK Általános- és Történeti Földtani Tanszék, p. 47-51.

LEÉL-ŐSSY SZ. (2000): Jelentés a Pusztaszeri-barlang feltárásáról. – Kézirat, KvVM Barlangtani és Földtani Osztály

LEÉL-ŐSSY SZ. (2007): Jelentés a Pünkösdi-barlang feltárásáról. – Kézirat, KvVM Barlangtani és Földtani Osztály

MÁDLNÉ SZÓNYI J.–ERŐSS A.–PETHŐ S. L. (2001): A Budai Termálkarszt területén feltételezhető epikarszt vizsgálata. – Zárójelentés a KAC Pályázat keretében 2000-2001. évben végzett munkáról a Környezetvédelmi Minisztérium megbízásából, kézirat 50 p. + mellékletek.

MÁDLNÉ SZÓNYI J.–VIRÁG M.–ERŐSS A. (2007): A Szemlő-hegyi-barlang csepegővizeinek vizsgálata a Budai Márga törmeléktakarón át történő beszivárgás értékelése céljából. – Földrajzi Közlemények CXXXI. (LV.) kötet, 2007. 4. szám, p. 371-388.

- MANGIN, A.* (1975): Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. These de Doctorat d'Etat Dijon – Annales Speleo. 29/3 pp. 283-332., 29/4 pp. 495-601., 30/1 p. 21-124.
- MANGIN, A.–BAKALOWICZ, M.* (1989): Orientations de la recherche scientifique sur le milieu karstique. Influences et perceptibles en matière de protection. – Spelunca 35, Protection des cavernes et du milieu karstique, Paris, p. 71-79.
- MARI L.–FEHÉR K.* (1999): The impacts of land use change on the Budapest hydrothermal-karst: a study of Szemlő-hegy cave. – Essays in the Ecology and Conservation of Karst, IGU Commission Sustainable Development and Management of Karst Terrains, Acta Geographica Tom. XXXVI. Szeged, p. 104–111.
- NÁDOR A.* (1994): Paleokarstic features in Triassic-Eocene carbonates: Multiple unconformities of a 200 million year karst evolution, Buda Mountain, Hungary. – Zbl. Geol. Palaeont. Stuttgart, Teil I., 1992 (11/12) p. 1317-1329.
- SÁRVÁRY I.–MAUCHA L.–IZÁPY G.* (1992): Szivárgási vizsgálatok, szivárgási sebesség meghatározása. Kézirat. – Phare/III. III. feladat. 13 oldal, 9 táblázat, 8 ábra.
- SCHUEER Gy.–SCHWEITZER F.* (1971): A negyedkori fagyaprózódási folyamatok hatása a karsztforrásokra. – Földr. Ért. 20/4. p. 465-468.
- SIKLÓSY, Z.–DEMÉNY, A.–PILET, S.–LEÉL-ŐSSY, Sz.–VIRÁG, M.* (2008): Monitoring environmental changes by investigation of stalagmites and drip waters in caves, 33 International Geological Congress, Oslo, abstract volume, <http://www.cprm.gov.br/33IGC/1338477.html>
- TAKÁCSNÉ BOLNER K.–TARDY J.* (2003): A budai termálkarszt barlangvilága. – A Földgömb XXI. 2003/5. p. 18-29.
- 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 quality of dripping waters. – Proceedings of the X.th Int. Congress on Speleology, Budapest, p. 634-639.
- TYC, A.* (1996): The nature of epikarst and its role in dispersed pollution of carbonate aquifers. – International Conference on Karst-fractured Aquifer - Vulnerability and Sustainability. Katowice-Ustron, Poland, June 10-13, 1996. p. 270-281.
- TOOTH, A.F.–FAIRCHILD, I.J.* (2003): Soil and karst aquifer hydrological controls on the geochemical evolution of speleothem-forming drip waters, Crag Cave, southwest Ireland. – J. Hydrol. 273, p. 51–68.
- VENDEL M.–KISHÁZI P.* (1964): Összefüggések melegforrások és karsztvizek között a Dunántúli-középhegységben megfigyelt viszonyok alapján. – MTA Műszaki Tud. Oszt. Közl. p. 97–119.



*VÉGH S.-né* (1985): A József-hegyi barlangrendszer kutatásához kapcsolódó földtani térképezés eredményei – Kézirat, ELTE Alkalmazott és Műszaki Földtani Tanszék, Budapest

*VIRÁG M.* (2008): A Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeinek vizsgálata a rózsadombi törmeléktakarón át történő beszivárgás értékelése céljából. – diplomamunka, ELTE-TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 153 p.

*WEIN GY.* (1977): A Budai-hegység tektonikája. – MÁFI Alkalmi Kiadvány, Budapest, 66 p.

*WILLIAMS, P. W.* (1983): The Role of the Subcutaneous Zone in Karst Hydrology. – *Journal of Hydrology*, 61. p. 45-67.

*ZÁMBÓ L.–ZSIGÓ F.–DARABOS C.–ZÁMBÓ A.* (1992): Infiltrációs folyamatok és kísérőjelenségeinek folyamatos mérése. Kézirat. – Phare/III. IV. feladat. 25 oldal, 34 táblázat, 80 ábra.

*ZIHNÉ PERÉNYI K.* (2008): Vízkémiai vizsgálatok. – In: Barlangi kutatásvezetői tanfolyam jegyzet, MKBT, p. 161-168.

ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS:

<http://www.termeszetvedelem.hu/index.php?pg=caves>