

**MONITORING VIZSGÁLATOK A PÁL-VÖLGYI-  
BARLANGRENDSZERBEN**

**LONG-TERM MONITORING IN THE PÁLVÖLGY CAVE**

BORBÁS EDIT<sup>1</sup>, FEHÉR KATALIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ELTE TTK FFI Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

<sup>2</sup>ELTE TTK FFI Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék

1112 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c [borbas\\_edit@hotmail.com](mailto:borbas_edit@hotmail.com);

*Abstract: We have been investigating the infiltrated water of Pálvölgy Cave for several years. Water samples have been collected to analyze the chemical composition of drip-waters and to obtain information about the human impact on the waters. According to our measurements, one of the most polluted point of the cave is located in the Térképész-ág. At this sampling point a long-term monitoring was carried out from 8/2011. Electrical conductivity, pH and water temperature were measured continuously by an Odeon Range monitor, and meteorological parameters outside the cave were also collected simultaneously. Our major goal was to determine the time series of pollution. Due to snow melting the infiltration and the electrical conductivity values increased at this point. This was a short, intensive period and after it the dilution was a longer process. The results of the chemical examination of drip-water indicate the permanent anthropogenic effects on the water at this sampling point.*

## 1. Bevezetés

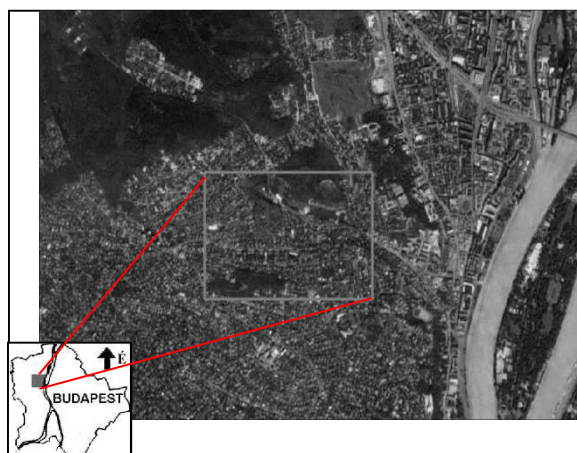
A budai barlangokban (1. ábra) hosszú ideje zajlanak vízkémiai mérések. Egymást követően, vagy párhuzamosan több kutatócsoport is foglalkozott illetve foglalkozik a csepegő vizek vizsgálatával (SÁRVÁRY et al. 1992, FEHÉR 1995, TAKÁCSNÉ BOLNER 1989, MARI-FEHÉR 1999, MAUCHA 2001, MÁDLNÉ SZÓNYI et al. 2007, FEHÉR K. 2009, KISS K. 2012).

A Pál-völgyi-barlangrendszer, a Szemlő-hegyi- és a Ferenc-hegyi-barlang csepegő vizeinek vizsgálati eredményei korábbi konferenciákon bemutatásra kerültek (FEHÉR et al. 2009, KISS 2009, VIRÁG et al. 2009, FEHÉR 2011). Az idézett munkák kimerítően tárgyalják a vizsgált terület (2. ábra) földtani és felszínalaktani viszonyait, ezért ezek ismertetésétől itt eltekintünk. Tanulmányunkban nem az éppen aktuális helyzetképet ismertetjük, hanem 2011 augusztusa és 2013 márciusa között rögzített folyamatos mérési adatsor felhasználásával módszertani oldalról közelítjük meg a barlangi csepegő vizek kérdéskörét.

Időszakos mérésekkel és vízkémiai vizsgálatokkal a barlang különböző pontjain megjelenő csepegővíz összetételét és a pontok közötti szennyeződésbeli különbségeket megbízhatóan ki lehet mutatni. Ahhoz azonban,

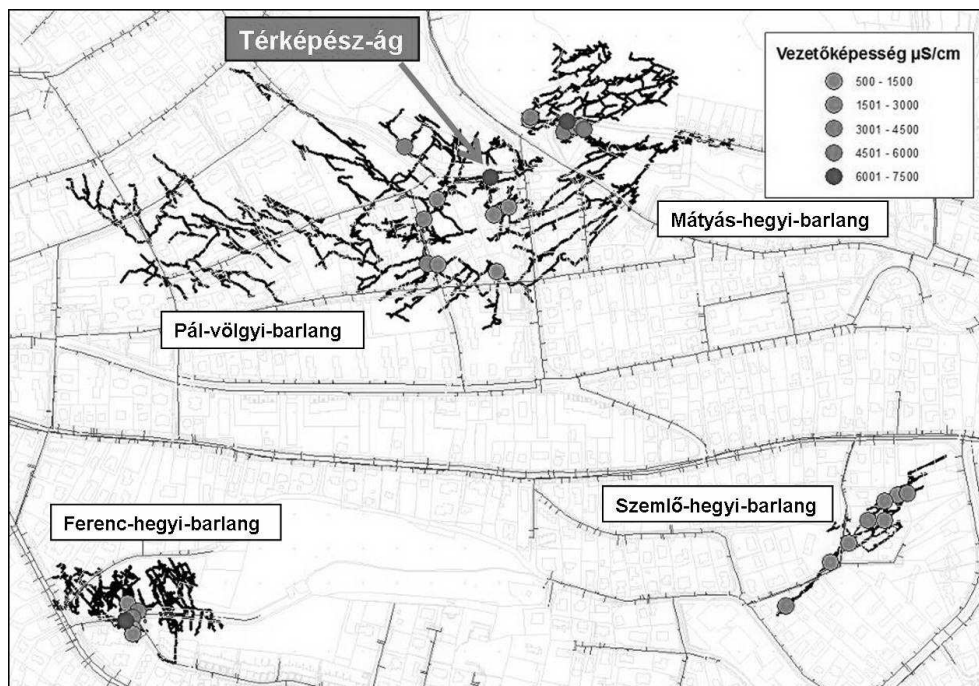
hogy a rendszerben zajló folyamatokról pontosabb, részletesebb információkat kapjunk, folyamatos mérésekre van szükség. Ilyen mérések a területen korábban nem folytak, ezért vizsgálatunk fő célja az volt, hogy egy mérőponton folyamatosan nyomon kövessük a szennyezés időbeli változásait, és egyben összehasonlítási alapot teremtsünk korábbi időszakos és szórvány vízkémiai vizsgálatok eredményeinek értékeléséhez. Az értelmezéshez az idősoros vizsgálatok mellett időszakos vízkémiai- és csepegés-intenzitás méréseket is végeztünk.

Monitoring vizsgálatunkhoz a Pál-völgyi-barlangrendszer Térképész-ágát választottuk, ami felső-eocén Szépvölgyi Mészke Formációban alakult ki. A járat 40 méter mélységben húzódik lankás hegyláb felszín alatt, a Szépvölgy zónájának közelében.



1. ábra: A tanulmányban említett barlangok területi elhelyezkedése  
Fig. 1: Area of the mentioned caves

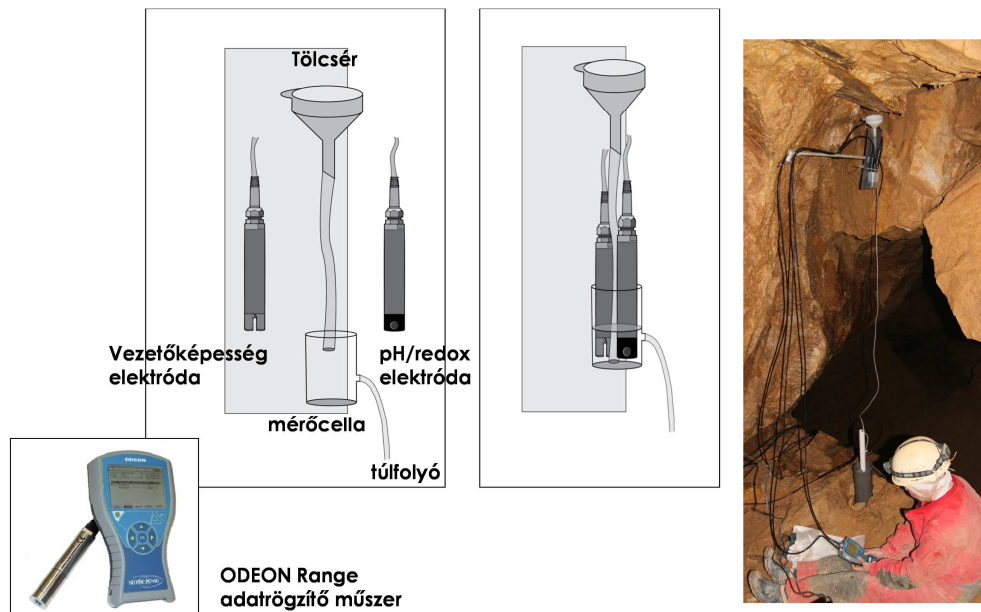
2009-2011. évi méréseink alapján a Térképész-ág a barlang egyik legszennyezettebb pontja,  $6000 \mu\text{S}/\text{cm}$  feletti átlagos vezetőképesség-értékkel. Hasonló mértékű szennyezést az egész területen csupán két ponton tapasztaltunk, a Mátyás-hegyi-barlang Opera mintavételi helyén és a Ferenc-hegyi-barlang Törekvés útján. A vezetőképesség értékét a víz összes oldott anyag tartalma határozza meg, esetünkben, mivel jelentősen beépített területről van szó, nagyságát a felszínről a barlangba beszivárgó vizek szennyezettsége alakítja. A szennyezettséget az támasztja alá, hogy Magyarország más karszterületein, ahol nincs felszíni beépítés, jellemzően  $600\text{-}800 \mu\text{S}/\text{cm}$  nagyságrendű vezetőképesség értékek fordulnak elő a barlangi csepegő vizekben (FEHÉR 1995).



2. ábra: A vizsgálatok helyszínének, a Pál-völgyi-barlangrendszer Térképész-ágának elhelyezkedése, a budai barlangokban tapasztalt vezetőképesség medián értékek feltüntetésével (saját mérések 2009-2011)  
 Fig. 2: Location of Pálvölgy Cave and the measuring point in Térképész-ág with the values of electrical conductivities measured in the period 2009-2011

## 2. Anyag és módszer

2011 augusztusában a Térképész-ágban elhelyeztünk egy Odeon Range típusú, Neotek-Ponsel gyártmányú adatgyűjtő műszert PC4EA vezetőképesség/hőmérséklet (0-20 mS/cm méréshatár, 0,1 felbontás, +/- 1 % pontosság) és pH/redox szenzorral, amelyek a pH, vezetőképesség, redox és vízhőmérséklet adatokat mérik. A rendszer felépítése az alábbi módon foglalható össze: a csepegő víz tölcséren és műanyag csövön keresztül jut a mérőcella aljába; mikor a cella megtelik, a víz gyűjtőpalackba távozik egy túlfolyón (3.ábra). Ezzel a módszerrel biztosítható a vízcserre, és az elektródák folyamatos vízzel borítása. A műszerből kéthetente nyertük ki a percenként rögzített adatokat, ekkor került sor csepegés-intenzitás mérésre és vízmintavételre, illetve a háttér viselkedést leíró paraméterek kémiai vizsgálatára.



3. ábra: A mérőrendszer felépítése és helyszíni elhelyezkedése (Grafika: Bradák B., fotó: Mari L.)  
 Fig. 3: Measuring equipments in Pálvölgy Cave (Graph.:B. Bradák, photo:L. Mari)

A mérőrendszer felállításával párhuzamosan a felszínen meteorológiai állomást telepítettünk, az ELTE TTK Közöttani és Geokémiai Tanszék Litoszféra Fluidum Kutató Labor (LRG) jóvoltából, így a vizsgálati időszak óránkénti időjárás-adatai (hőmérséklet, páratartalom, csapadékmennyiség, légnyomás) is rendelkezésünkre álltak. A feldolgozás során elsősorban a csapadék-adatokkal dolgoztunk. Mivel a műszer a hóvastagság mérésére nem volt alkalmas, ennek követésére a budapesti és a tési meteorológiai állomáson mért adatokat használtuk fel ([www.eumet.hu](http://www.eumet.hu)). Felhasznált statisztikai módszerek tekintetében a leíró statisztikákon túl, autokorrelációt és főkomponens analízist használtunk.

#### Autokorreláció

Az egyszerű korrelációs együttható két vizsgált valószínűségi változó ( $\xi(s)$  és  $\eta(t)$  ( $s \in T, t \in T$ )) kovariációjának a két változó szórásával normált értéke.

$$\text{cov}(s, t) = \text{cov}[\xi(s), \xi(t)] = M[(\xi(s) - m(s)) \cdot (\xi(t) - m(t))] = M(\xi(s)\xi(t)) - m(s) \cdot m(t)$$

és

$$\text{cor}(s, t) = \frac{\text{cov}(s, t)}{d(s) \cdot d(t)}$$

Ha  $r=1$  a két paraméter között pozitív lineáris függvény kapcsolat van, ha  $r=-1$  negatív, míg ha  $r=0$  nincs lineáris kapcsolat közöttük, a két paraméter korrelálatlan. Autókorrelációt egy változó mért értékeinek időbeli eltolásával létrehozott idősorokon számolhatunk, és eredményként az autókorreláció függvényt kapjuk, ami az idősoros analízisnek egyik jelentős eszköze. Ez a vizsgált folyamat emlékezetét mutatja meg, azaz azt, hogy mennyire emlékszik önmagára (KOVÁCS *et al.* 2010).

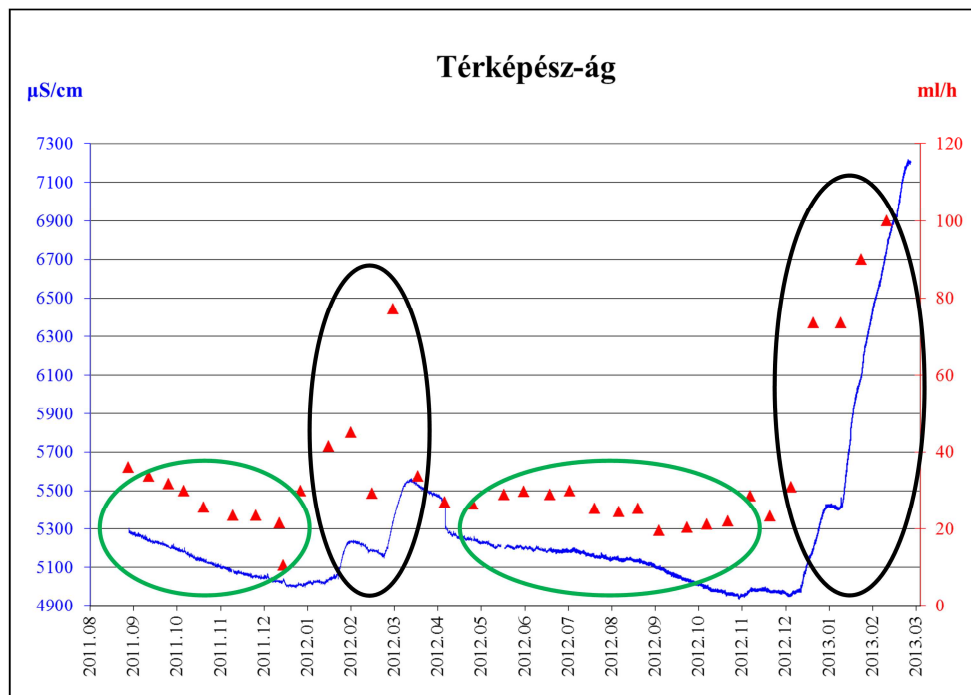
#### *Főkomponens analízis*

Látszólag nagyon összetett időfüggő véletlen folyamatokat gyakran csupán néhány – általában lényegesen egyszerűbb dinamikus struktúrával rendelkező – háttérhatás vagy tényező vezérel. Vizsgálataink során a hidrogeológiai folyamatok számos paraméterét mértük. Látva a jelentős változásokat a feltöltődési és a leürülési időszakokban, rá kívántunk mutatni a háttérváltozók megváltozására. A háttérhatások meghatározásához a faktor és/vagy a főkomponens analízis a statisztika alapvető eszköze. A háttérváltozók meghatározása során a többdimenziós adatsorban a változók számát csökkentjük a bennük rejlő jelentős információ vesztesége nélkül (KOVÁCS *et al.* 2012). Mivel a főkomponens analízis matematikai háttere sokkal kidolgozottabb és eredményei is könnyebben értelmezhetőek mint a faktor analízisé, így ezen módszer használata mellett döntöttünk (MAGYAR *et al.* 2013).

A főkomponens analízis módszerével lehetséges az eredeti változók számánál kevesebb független változóval genetikai elemzést végezni (SIMEONOV *et al.* 2003), feltárni az eredeti változók és háttérváltozók kölcsönhatásait. Fontos megjegyezni, hogy a módszer nem ad általános választ arra, hogy mit tekint nagy vagy kis főkomponens súlynak, továbbá hány főkomponens változó jelentős. Ezekre a kérdésekre javaslatokat, illetve szakmai szempontokat fogadunk el.

### **3. Eredmények és diszkusszió**

Az adatfeldolgozás megkezdésekor azt vártuk, hogy a vizsgált időszak túlnyomórészt csapadékszegény időjárása miatt viszonylag stabil képet kapunk a mérőpont vízkémiai összetételéről. Ez azonban nem így történt.

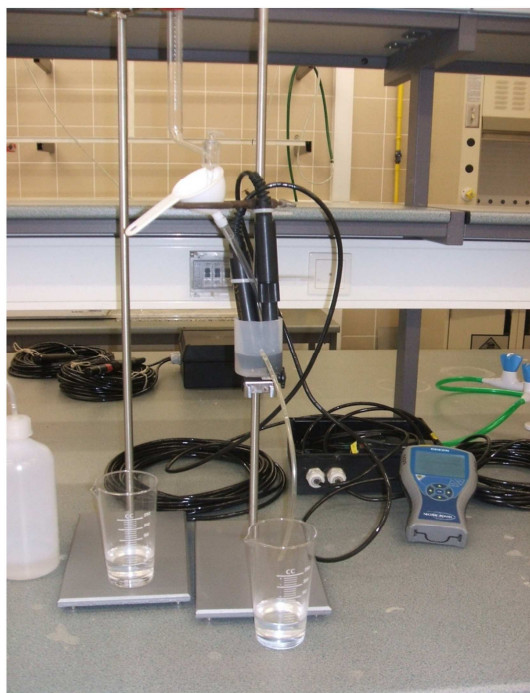


4. ábra: A csepegés-intenzitás és a fajlagos vezetőképesség összefüggése a töményedési és hígulási időszakok feltűnésével. Jelmagyarázat: Folytonos vonal = vezetőképesség értékek, háromszög = csepegés intenzitás értékei

Fig. 4: Connection between dripping intensity and electrical conductivity. Legend: solid line = electrical conductivity, triangle = values of dripping intensity

A vezetőképesség értékek és a csepegés-intenzitás változásai szoros összefüggést mutatnak. Ha csökkent a csepegés intenzitása, akkor a vezetőképesség értéke is csökkent, hígulás volt tapasztalható (4. ábra). A koncentrációk növekedését, tehát töményedést a vizsgált időszakban csak hóolvadás során észleltük. A mérések idején hirtelen lezajló, nagy volumenű csapadékesemények is történtek, de ezek hatását sem a koncentráció, sem a csepegés-intenzitás változásai nem mutatták ki. A diagramok alapján a koncentrációváltozás menetében növekedési (töményedési) és csökkenési (hígulási) fázisok különíthetők el. A töményedés mindig rövid idő alatt következik be, a hígulás viszont jóval lassúbb folyamat. A töményedési és hígulási események előfordulását már korábban kutató kollégák is észlelték és publikálták (VIRÁG *et al.* 2009, 2011).

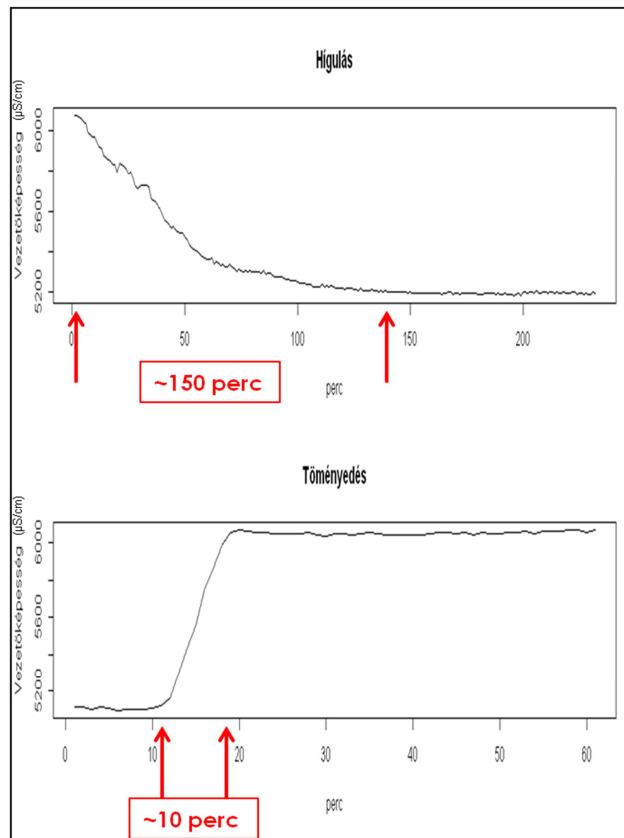
A folyamatok megértéséhez, a felhasznált barlangi mérés technika teszteléséhez, valamint a hígulás és töményedés menetének pontos megismeréséhez laboratóriumi modellt készítettünk (5. ábra).



5. ábra: A csepégés laboratóriumi modellezése  
Fig. 5: Modeling of dripping in laboratory

A modellvizsgálatok során a mérőrendszer összeállítása ugyanolyan volt, mint a barlangban alkalmazott. A kísérleteket a mérőhelyről vett vízmintákkal végeztük. A koncentrációt kálium klorid adagolásával növeltük – láthatóság kedvéért intenzív sárga színyanyagot adtunk hozzá – így rendelkezésünkre állt egy „híg” és egy „tömény” oldat, amely színében is jól megkülönböztethető volt. A töményedési folyamat modellezésére a „híg” barlangi vízhez „tömény” vizet adagoltunk. A töményedés modellezése során szabad szemmel is jól láttuk, hogy a beadagolt sárga folyadék az oldatok sűrűségkülönbsége miatt a cella alján megült és a hígabb, színtelen vizet felfelé, a szenzorok érzékelő felülete fölé szorította. Ezt követően a rendszert megfordítottuk és a töményebb vízhez adagoltuk az eredeti, hígabb barlangi vizet. Eközben folyamatosan rögzítettük a vezetőképesség változását.

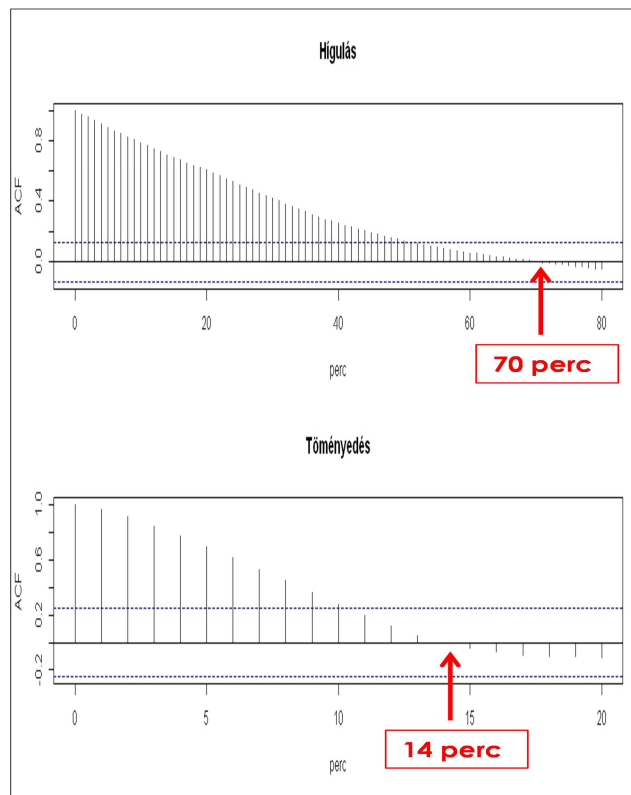
A modellkísérletben a töményedés lényegesen gyorsabban bekövetkezett, mint a hígulás, ami az oldatok sűrűségkülönbségével magyarázható (6. ábra).



6. ábra: A vezetőképesség változása a hígulás és a töményedés során  
 Fig. 6: Time series of the electrical conductivity of dilution and concentrated period

A vezetőképesség adatokra autokorrelációs függvényt illesztettünk. Az a tény, hogy egy folyamat autokorrelációs együtthatója szignifikáns-e vagy sem, a hipotézis vizsgálattal dönthető el, ami azonban függ a minta realizáció nagyságától. A jobb kezelhetőség érdekében az eredmények értelmezésénél nem ezt a tényt vettük figyelembe, hanem azt, hogy a folyamatok mikor érik el a „teljes” korrelálatlanságot. Ennek értelmében töményedéskor a folyamat emlékezete közel negyede a hígulásnál tapasztaltaknak (7.ábra).

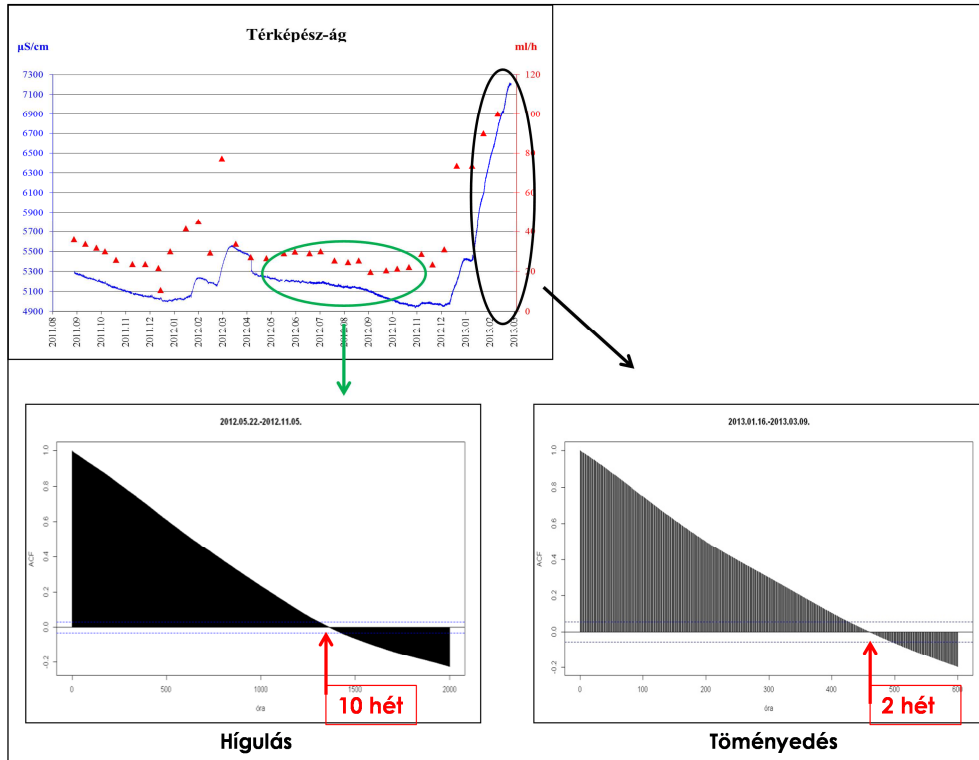




7. ábra: A hígulás és a töményedés autokorrelációs függvénye  
 Fig. 7: Autocorrelation of dilution and concentrated period

Megjegyeznénk azonban, hogy ezek az eredmények laboratóriumi körülmények között születtek, a barlangban lejátszódó folyamatok ennél lényegesen bonyolultabbak, viszont a folyamatok viselkedéséről jó tájékoztatást kaptunk.

A modellkísérlet során tapasztaltak függvényében megvizsgáltuk a barlangban mért vezetőképesség adatok alapján a töményedési és hígulási folyamatok intenzitását. Az idősről leolvasható, hogy a laborkísérlethez hasonlóan a töményedés barlangi körülmények között is gyorsabban következik be, mint a hígulás, és a folyamat emlékezete is rövidebb (8. ábra).

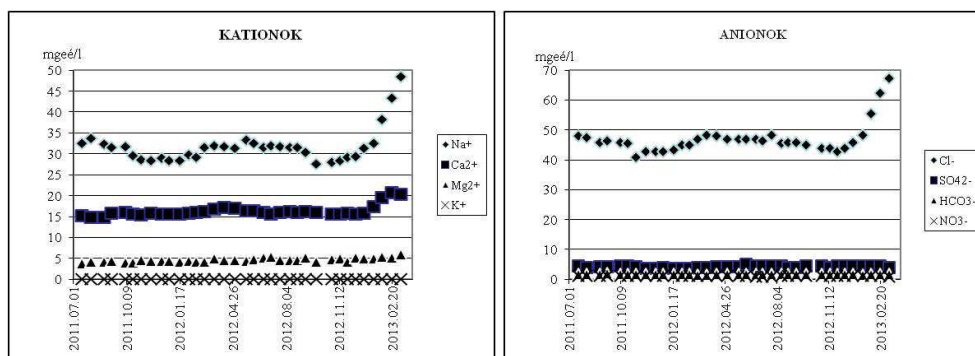


8. ábra: A hígulás és a töményedés autokorrelációs függvénye barlangi körülmények között  
 Fig. 8: Autocorrelation of dilution and concentrated period at the measuring point

A laborkísérletek és a mérési eredmények hasonlósága igazolja, hogy az alkalmazott mérőrendszer megfelelő pontossággal követi a barlangi vizek hígulási és töményedési szakaszainak eltérő viselkedését. A jelenség feltehetőleg azzal magyarázható, hogy a hóolvadás jelentős mértékben megnövelte a csepegő vizek oldottanyag-tartalmát. A hótakaró hetekig boríthatja a felszín és így antropogén szennyező anyagokat vehet fel, ami megnöveli az olvadékvíz vezetőképességét. A hóolvadás még hirtelen felmelegedés esetén is viszonylag lassú folyamat: napokig, hetekig eltarthat. Az esővízzel ellentétben az olvadékvíz nagy része így lejuthat a talajba, majd a kőzetbe, melynek repedéseit is átöblíti, ezért a felszín alatt korábban akkumulálódott szennyező anyagokat is bemoshatja a barlangba. A beszivárgás a fentiek miatt lehet intenzívebb ilyenkor, ez magyarázhatja a megugró koncentráció értékeket, továbbá a töményedés időszakának gyors lefutását, rövid emlékezetét.

A műszer folyamatosan rögzített adatainak kiegészítésére kéthetes időközökben vett vízmintán elemeztük a beszivárgó víz oldott anyag tartal-

mának időbeli változását. Az adatokból ábrát készítettünk, ami tájékoztatott az anionok és kationok összetételének alakulásáról (9. ábra). Ennek alapján megállapítottuk, hogy a nátrium és a klorid az a két ion, amelyek a legnagyobb koncentrációban vannak jelen a beszivárgó vízben, dominanciájuk jelzi ezen a mérőponton az állandó szennyezettséget. A vezetőképesség változása követi a két ion menetét.



9. ábra: A kation- és anion koncentráció alakulása a vizsgált időszakban

Fig. 9: Time series of ion concentrations in the period 2011-2013

Külön vizsgálva a töményedés és a hígulás időszakát, eltérés tapasztalható az ionösszetétel alakulásában. A mért adatokon *főkomponens analízist* végeztünk, ennek segítségével a folyamatokat befolyásoló háttértényezőkre tudunk következtetni. Az I. táblázatban a főkomponensek egyes mért paramétereinek erejét kifejező értékei szerepelnek, az alattuk levő százalékok pedig azt mutatják meg, hogy az adott főkomponens az eredeti adathalmaz szórásnégyzetének hány százalékát magyarázza meg.

Az első főkomponens, a töményedés esetében az összes adat varianciájának 57 %-át magyarázza, míg a második főkomponens csak a 17 %-át. Híguláskor ezek az értékek 31 % és 24 %. Az első főkomponenst vizsgálva, a töményedés esetén a megjelölt paraméterek vesznek részt elsősorban a folyamatban (kalcium, magnézium, klorid, nátrium). Az értelmezés szempontjából külön szerencsés eset, hogy egyúttal ezek az ionok fordulnak elő nagyobb arányban az oldatban.

Hígulás esetén már csak a klorid és a nátrium dominanciája mutatkozik meg. Az eltérés feltehetően azzal magyarázható, hogy a hígulás lassabb folyamat, ezért a kétértékű ionoknak van idejük adszorbeálódni. Így ezek az ionok már nem vesznek részt nagy arányban az oldat összetételében. A nátrium és klorid viszont azt jelzi, hogy a szennyeződés hatása ilyenkor is jelen van a rendszerben, tehát az így kimutatható összetételbeli különbségekben is a két időszak eltérő viselkedése jelenik meg. A második főkompo-

nensben jelentős szerepet vállaló ionok viselkedését nem célszerű magyarázni. Részben azért, mert az adatok varianciájának kisebb részét magyarázzák, másrészt a nem nagy minta realizáció is óvatosságra int. Az első főkomponens ionjainak azonosítása alapján azonban következtethetünk arra, hogy a csepegő vizek kémiai összetételét alapvetően a gyors, hirtelen bekövetkező töményedés alakítja, de az utána következő hosszabb, kiegyenlített időszakban is folyamatos a szennyezés utánpótlása és meghatározó szerepe, ami a klorid és a nátrium állandó jelenlétében nyilvánul meg. A befoglaló kőzet geokémiájának ismeretében valószínűsíthető, hogy ezek az ionok kívülről és egyértelműen antropogén forrásból kerülnek a rendszerbe.

I. táblázat  
Table I.

A töményedés és a hígulás során számított főkomponens-értékek  
Values of principal components of dilution and concentrated period

Töményedés			Hígulás		
	Component			Component	
	1	2		1	2
pH	,150	,232	pH	-,017	,438
fajl.vezkép	,985	,086	fajl.vezkép	,883	-,088
HCO <sub>3</sub>	,146	-,687	HCO <sub>3</sub>	,338	-,817
Ca	→ ,904	,323	Ca	,262	,778
Mg	→ ,830	-,220	Mg	,406	,562
Cl	→ ,942	,280	Cl	→ ,861	,333
NO <sub>3</sub>	-,688	,661	NO <sub>3</sub>	-,669	,224
SO <sub>4</sub>	,298	-,691	SO <sub>4</sub>	,458	-,506
K	,903	,084	K	,421	-,330
Na	→ ,960	,200	Na	→ ,636	,257

Magyarozó erő: **57%**    **17%**                      **31%**    **24%**

#### 4. Összefoglalás

Vizsgálatainkkal képet kaptunk a barlang egyik legszennyezettebb pontján a felszínről bejutó szennyeződés folyamatos időbeli változásáról. Laborkísérletekkel igazoltuk a barlangi mérőpontunkon tapasztalt töményedési és hígulási időszakok eltérő viselkedését és jellemző tulajdonságait. Ezek az események különböző sebességgel mennek végbe, ezzel párhuzamosan az

emlékezetük is eltérő. Töményedéskor, tehát hóolvadás időszakában rövidebb, míg az ezt követő stabilabb állapotban jóval hosszabb a rendszer emlékezete. A csepegő vizek kémiai összetételét tekintve kimutatható az állandó szennyeződés jelenléte, és a hatótényezők között találhatók különbségek. Összességében azonban egyértelmű, hogy ezen a mérőponton a természetes folyamatokkal szemben az antropogén hatások dominálnak.

### **Köszönetnyilvánítás**

Munkánkhoz nyújtott segítségükért köszönetünket szeretnénk kifejezni a Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóságának, az ELTE TTK Közöttani és Geokémiai Tanszék Litoszféra Fluidum Kutató Laborjának, Zihné Perényi Katalinnak, valamint a Bekey Imre Gábor Barlangkutató Csoportnak és a Pagony Barlangkutató Csoportnak.

### **IRODALOM**

- FEHÉR K.* (1995): Vízkémiai vizsgálatok a Szemlő-hegyi-bg-ban – Környezeti Ártalmak és a Légzőrendszer V. Konferenciája, Hévíz. pp.47-52.
- FEHÉR K.* (2009): A Rózsadombi-termáلكarszt szennyeződés-veszélyeztetettségi vizsgálata – Diplomamunka, Budapest. ISBN 978-963-06-7311-2.
- FEHÉR K.–KISS K.–KOVÁCS J.–KISS A.* (2009): Beszivárgás vizsgálatok a Rózsadombi-termáلكarszton – Karsztfejlődés XIV, pp 45-55.
- FEHÉR K.* (2011): Újabb adatok a budai termáلكarszt beszivárgó vizeinek minőségéről – Karsztfejlődés XVI, pp 203-221.
- HEM, J.* (1985): Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water – U. S. Geological Survey, Alexandria. pp.66–128.
- KISS K.* (2009): A felszíni szennyezés hatása a barlangi beszivárgó vizekre a Mátyás-hegyi-barlang példáján – Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciája, Szeged. [www.geography.hu](http://www.geography.hu)
- KISS K.* (2012): Beszivárgó vizek vizsgálata a harcsaszájú-barlangban – Karsztfejlődés XVII, pp 79-88.
- KOVÁCS, J. –HATVANI, I. G. –KORPONAI, J. –KOVÁCS, I. S.* (2010): Morlet wavelet and autocorrelation analysis of long-term data series of the Kis-Balaton water protection system (KBWPS) – Ecological Engineering, 36(10), pp. 1469-1477.
- KOVÁCS, J. –TANOS, P. –KORPONAI, J. –KOVÁCSNÉ, S. I. –GONDÁR, K. –GONDÁR-SOREGI, K. –HATVANI, I. G.* (2012): Analysis of Water Quality Data for Scientists. Water Quality and Water Pollution: Evaluation of Water Quality Data – In Tech Open Access Publisher, Rijeka, pp. 65-94.

*MÁDLNÉ SZŐNYI 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.) 4. pp.371-388.

*MAGYAR, N. –HATVANI, I. G. –SZÉKELY, I. K. –HERZIG, A. –DINKA, M. –KOVÁCS, J.* (2013): Application of multivariate statistical methods in determining spatial changes in water quality in the Austrian part of Neusiedler See – Ecological Engineering, 55, pp. 82-92.

*MAUCA L.* (2001): Lakott területek alatt húzódó, fokozottan védett barlangok vizeinek vizsgálata – Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat, Budapest.

*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. (edit): Essays in the ecology and conservation of karst. Spec. Issue of Acta Geographica Szegediensis. Szeged. pp. 104–111.

*SÁRVÁRY I.–MAUCHA L.–IZÁPY G.* (1992): Vízkémiai, mikrobiológiai és izotóp vizsgálatok, VII. feladat. Beszámoló jelentés – In: PHARE PROJECT, 134/2. Komplex geológiai vizsgálatok és fúrások a Rózsadomb környezetében. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, Budapest.

*SIMEONOV, V. – STRATIS, J. A. – SAMARA, C. – ZACHARIADIS, G. – VOUTSA, D. – ANTHEMIDIS, A., – KOUIMTZIS, T.* (2003): Assessment of the surface water quality in Northern Greece – Water research, 37(17), pp. 4119-4124.

*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.

*VIRÁG M. –MÁDLNÉ SZŐNYI J.–MINDSZENTY A.–ZIHNE PERÉNYI K.–LEÉL-ŐSSY SZ.–ERŐSS .–SIKLÓSY Z.* (2009): Az urbanizáció hatása a budai barlangok csepegő vizeire – XIV Karsztfejlődés, pp 57-82.

*VIRÁG M. –MÁDLNÉ SZŐNYI J.–MINDSZENTY A.* (2011): Természetes és antropogén hatások a Szemlő-hegyi barlang csepegő vizeiben. Geotudományok – A Miskolci Egyetem Közleménye. A sorozat. Bányászat. Miskolc pp. 387-700.

<http://www.eumet.hu>