

KARSZTVÍZ VIZSGÁLATOK AZ AGGTELEKI KARSZTON, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A NEHÉZFÉMSZENNYEZÉSRE

SZŐKE EMÍLIA – KEVEINÉ BÁRÁNY ILONA

Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék,
6722 Szeged, Egyetem u. 2.

szokeemilia@freemail.hu, keveibar@earth.geo.u-szeged.hu

Abstract: Nowadays, the research of environmental pollution come to the front the importance of heavy metals in the landscape classification. However the heavy metals are the natural component of the environment, we have to look them toxic materials. Our goal is to determinate the degree of the impact of heavy metals on the karsts, which are sensitive for the environmental changes. Since 2000, we collected cavewater samples from five different locations of caves and springs and we have also clay samples from the Baradla cave, that was analysed too. Until now the results shows, the degree of metallic parts in the cave waters are higher than the expected. The analysis of heavy metal-contamination cave waters is a part of the investigation of heavy metal pollution in karst soils and vegetation. In case, we can take cognizance of an interaction among soil, vegetation and hydrology, that would show to a new way in the managemant of future environmental problems.

1. Bevezetés

Napjainkban a környezetszennyezések vizsgálata során egyre gyakrabban előtérbe kerül a nehézfém terhelések táji értékelése. Annak ellenére, hogy a nehézfémek környezetünk természetes alkotóelemei közé sorolhatóak, potenciálisan toxikus anyagoknak tekintjük azokat. Főleg a városi és ipari környezetben az élővizek, talaj, légkör nehézfém koncentrációja rendellenesen megemelkedett. A talajok, s a kultúrnövények elemtartalmának időbeli változását figyelemmel kísérő kutatások előrejelzései alapján valószínűnek látszik, hogy a következő évtizedekben a nehézfémek meghatározó környezeti stressztényezővé válnak (PAIS 1992). Ennek egyik oka, hogy a fémek biológiailag nem bonthatók le, az élő szervezetbe kerülve ott felhalmozódhatnak. Ez mindenképpen indokolja az emberi szervezet számára káros fémek kutatását a karsztokon is.

Környezet- és természetvédelmi szempontból a karsztok a legérzékenyebb területek közé tartoznak (JAKUCS 1971). A karszt egy olyan összetett rendszer, amely a földtani felépítés, éghajlat, talaj és növénytakaró kölcsönhatására alakul ki (BÁRÁNY-KEVEI 1998). Ezen tényezők közötti kapcsolatok nagyon sokirányúak, bármelyik tényező megváltozása (megváltoztatása) az egész rendszer előre csak nehezen prognosztizálható változását vonja maga után. Hidrológiai rendszerének nyitottsága és háromdimenziós hatásfelülete révén a karszterület nagyon gyorsan reagál az antropogén ká-

ros befolyásokra. A karsztos terület fejlődésének és változásának motorja a víz, amely igen fontos ivóvízbázis is egyidejűleg. A világ lakosságának vízellátását 25%-ban karsztvízből oldják meg, ezért a jövőben nem lehet a környezeti károk hatásait mellőzni a kutatásban (KEVEINÉ et al. 1999).

Vizsgálatunk során elsősorban az aggteleki karszton található Baradla-, Béke-, Kossuth-, és Vass Imre barlang vízgyűjtő területéről begyűjtött vízminták elemzésével kíséreljük meg bemutatni a terület nehézfém-szennyezését. 2000 decemberétől 5 alkalommal volt lehetőségünk mintavételezésre. A terület fémszennyezettségét nem csak vízminták (forrásvizek, barlangi csepegővizek), hanem több helyről gyűjtött barlangi agyag alapján is vizsgáljuk. A vizsgálat célja volt választ adni a következő kérdésekre:

- Mutatkozik-e jelentős mértékű szennyeződés a vizsgált vizekben?
- Van-e hasonlóság az egyes mintavételi helyek vízminősége között?
- A vizsgált karsztos vízvezető rendszerekben hogyan változik a vizsgált elem koncentrációja, történik-e öntisztulás, vagy a terhelés a karsztban fokozódik?
- A kapott eredményekből lehet-e a szennyező források helyére és tulajdonságaira következtetni?

Ezen folyamatok ismerete azért fontos, mert a kedvezőtlen folyamatok hatásait csak hosszabb idő elteltével észleljük, amikor már nincs lehetőségünk beavatkozni. Ugyanakkor a nagyobb karsztforrások foglalása, vizüknek vízellátási rendszerbe kapcsolása napjainkban is folyik. Ezek egy része helyi vízigényeket elégít ki (Babot-kút, Kis-Tohonya-forrás), míg az újabbak már a távolabbi települések vízellátási gondjainak megoldásába is besegítenek (Pasnyag-forrás, Papkerti-forrás).

Az elmúlt évtizedekben hasonló vizsgálatokat nemzetközi szinten végeztek, de Magyarországon még nem került sor az Aggteleki karsztvidék forrásainak ilyen irányú elemzésére. Mivel a karsztvíz itt fontos ivóvízbázis, ma még mérsékelt szennyezettségének kimutatása a további védelmi intézkedések megtétele miatt igen fontos. Ugyanakkor a ma még új adatsor a további kutatások számára fontos lesz a jövőben.

A vizsgálat rendkívül adatigényes és magas költségekkel járó munka. A csepegő vizek összetétele nagyon gyorsan, akár napról napra is változhat, pillanatnyi, szűrőpróbaszerű mérési eredményekre az általános trendek vizsgálatánál csak kis mértékben lehet támaszkodni. Adataink elsősorban figyelemfelkeltők és etalont képeznek a további kutatásokhoz. A továbblépéshez szükség lesz egy hosszabb időintervallumot felölelő mérésorozatra, illetve egy monitoring-szerű megfigyelés elindítására.

2. Mintavételi helyek és módszerek

A vízminták nehézfém tartalmát az SZTE Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék ASS laboratóriumában atomabszorpciós lángfotométerrel határoztuk meg.

Az Aggtelek-Rudabányai –vidék földtani, tektonikai és morfológiai tagoltságának következménye, hogy a karsztvidéken 90 kisebb-nagyobb karsztforrás fakad, melyek különféle mészkőből és dolomitből felépülő területek karsztvizeit vezetik a felszínre. A karsztforrások fakadási helyét főként földtani szerkezeti vonalak határozzák meg. Ezek közül 5 forrást választottunk ki, melyek viszonylag közel találhatóak egymáshoz. Mindegyik forráshoz tartozik legalább egy barlang, és ezeknek a bejárhatósága is szerepet játszott a források kiválasztásánál. Az alábbi barlangok vizét és forrásait elemeztük:

- Baradla-barlang – Jósva források: - Rövid-barlangi forrásszáj,
Hosszú-barlangi forrásszáj,
- Béke-barlang – Komlós forrás,
- Kossuth-barlang – Nagy-Tohonya forrás,
- Vass Imre barlang – Kis-Tohonya forrás,
- Rákóczi I. barlang,
- Földvári-barlang.



1. ábra: Baradla-barlangi mintavételi helyek
Fig 1. Sampling places in the Baradla cave

A Baradla barlang három különböző helyéről gyűjtöttünk vízmintát (1. ábra). A Hangverseny teremnél az Acheronból, mely a Baradla Aggteleki oldalának kiépített részén található. (Sajnos a Styxből szárazság miatt nem sikerült vízmintát hozni). A Retek ágból, amely a barlang közepén található. Vize többnyire a Zombor-lyuki víznyeléből származik. A Csipkés-kútból, amely a barlang Jósvafői oldalán, a Vörös-tói bejárat után található. Vize aktív csepegő. Az agyagmintát szintén a Hangverseny teremből gyűjtöttünk, valamint a Retek ág Kúszó ágából.

3. A minták nehézfém tartalma

A mészkövek nehézfém-tartalma általában nem túl magas. *MERIAN* (1984) vizsgálatai szerint a mészkövek az alábbi átlagos koncentrációban tartalmazzák a különböző nehézfémeket: Cu: 4, Co: 2, Cd: 0,165, Ni: 15, Pb: 5, Zn: 23, Mn: 700 ppm. *KABATA-PENDIAS* (1984) a fémekre vonatkozó adatokat értékközökben adják meg: Cu: 2-10, Co: 0,1-30, Cd: 0,035, Ni: 7-20, Pb: 3-10 ppm. *BRÜMER* (1991) a kémhatás függvényében mobilitási sorrendet állított fel: Cd: pH<6-6.5, Mn, Ni, Zn, Co pH<5.5, Al, Cu pH<4.5, Pb pH<4 esetében válik mobilabbá. Ebből kitűnik, hogy az alacsonyabb kémhatás általában elősegíti a nehézfémek mobilitását, azaz talajoldatba kerülését.

A vízmintákban az alábbi elemek koncentrációját határoztuk meg: ólom, kadmium, cink, kobalt, réz, vas, mangán, nikkell és króm (I. táblázat).

Az öt sorozatnyi aggteleki vízminta mérési eredményei valamelyest szinkronban vannak korábbi vizsgálatainkkal (*KEVEINÉ* et al. 1999). A 2000 és 2001-es vízminták mindegyike ólommal és kadmiummal szennyezett, az ivóvíz-minősítésnél megengedett határértéket túllépi.

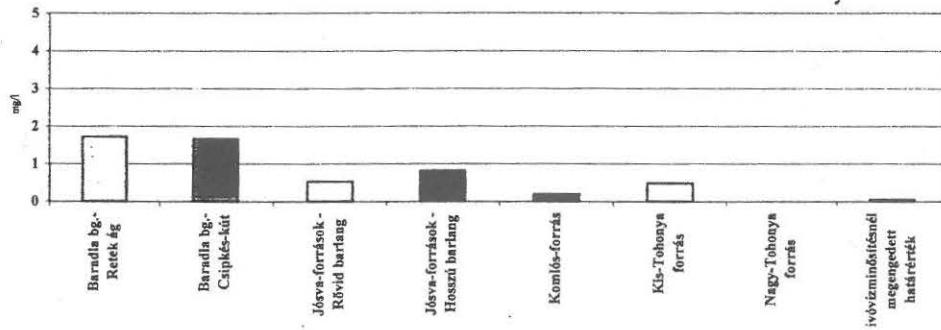
Míg 2000-ben a Jósva-források Hosszú barlangjában jelent meg a legkoncentráltabban az ólomtartalom (0,095 mg/l), addig 2001-ben a Jósva-források Rövid barlangjában. A Nagy-Tohonya forrásban nagyobb koncentrátsággal fordul elő az ólom (0,042 mg/l), mint a Kossuth-barlang végpontján található szifontóban (0,025 mg/l). Valószínűsíthető tehát, hogy a barlangban az ólomkoncentráció utánpótlódik, töményedik. A Béke-barlangnál ennek fordítottja figyelhető meg: a barlangban nagyobb a vízben az ólomkoncentráció (0,029 mg/l), a Komlós-forrásban pedig pont a megengedett határértéknyi mennyiséget találunk (0,01 mg/l). Ennek oka lehet a barlangban található sok tufagát által felduzzasztott medence, ahonnan az esetleges szennyeződés lassabban jut a felszínre. (Ezt a későbbiekben a visszaduzzasztott tavak iszapjának elemzésével bizonyíthatjuk). Az is előfordulhat

ugyanakkor, hogy a víz időközben felhígult, más forrásvizekkel keveredett (ez későbbi vizsgálat tárgyát képezi).

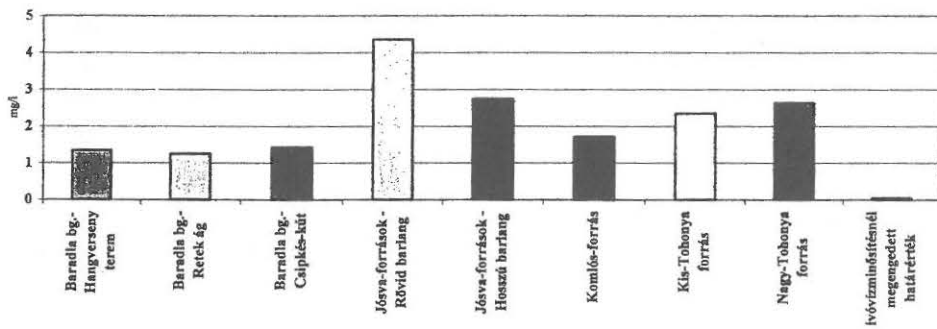
A kadmium-tartalomnál ugyanez a tendencia figyelhető meg a 2000-es minták alapján. A cink, kobalt, réz, és nikkel koncentrációk a 2000-es és 2001-es mintákban az ivóvíz minősítésnél megengedett határérték alatt maradnak. A 2000-es mintákban a krómtartalom csak a Béke-barlangban lépi túl az ivóvíz-minősítésnél megengedett határértéket (0,062 mg/l). A Komlós-forrásban szintén kimutatható magasabb krómkoncentráció, de nem lépi túl a határértéket. A többi forrásban, barlangban szinte meg sem jelenik a króm. Tehát egyértelműen a Béke-barlang vízgyűjtő területére jellemző. Ugyanez figyelhető meg a 2001-es minták alapján is, hiszen egyik vízmin-tában sem jelenik meg krómtartalom, csak a Béke-barlang vízgyűjtő területén. Igaz ugyan, hogy alacsonyabb a koncentráció tartalma, mint az előző évben, és nem is lépi túl az ivóvíz-minősítésnél megengedett határértéket.

A 2002-es mintákban pedig már minden vízgyűjtő területen magas a krómtartalom, sokszorosa a megengedett határértéknek. A Baradla-barlangban augusztusban gyűjtött vízmintákban a legnagyobb a koncentráció. A Retek ágban, ahol 1,722 mg/l, a Csipkés-kútban, ami aktív csepegő víz, tehát nem is töményesedhetett be, pl. egy mésztufa-gát mögött, 1,652 mg/l (a megengedett határérték 0,05 mg/l !). A Baradla-barlang Alsó-Hosszú barlangjában jelenik meg nagyobb koncentrációban a krómtartalom, majd a Rövid-barlangban.

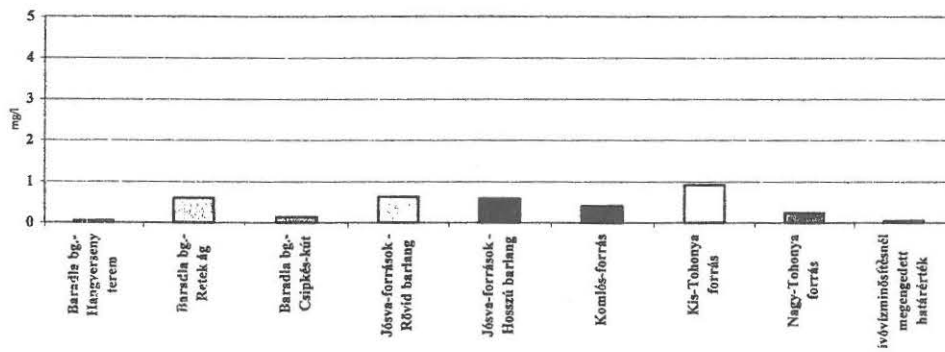
Egyértelműen megállapítható, hogy a Baradla-barlang vízgyűjtő területét érthette nagyobb szennyezés, majd a Vass Imre barlang, és a Béke-barlang vízgyűjtő területe követi azt. A Kossuth-barlang vízgyűjtőjében augusztusban nem jelenik meg a krómszennyezés, csak októberben. Ebből azt a következtetést tudjuk levonni, hogy a területre északnyugati irányból érkezhettek a szennyeződések, hiszen ott nagyobb a koncentráció. Októberre a Baradla-barlangban már alacsonyabb a mért krómtartalom, mint augusztusban, a Jósua-források Rövid-barlangjában a legmagasabb a koncentráció. Decemberre a krómkoncentráció csökken, ugyan még mindig magasabb, mint az ivóvíz-minősítésnél megengedett, de már jóval alacsonyabb a koncentráció, mint októberben. Tehát minden valószínűség szerint a szennye-ződés fokozatosan elhagyja a barlangot. A mért koncentrációk mindegyike sokszorosan meghaladja az ivóvíz-minősítésnél megengedett határértéket (2. ábra). Hasonló adatokat mértünk a Baradla -barlang területéről hozott két iszapmintában is.



Augusztus (August)



Október (October)



December (December)

2. ábra: Aggteleki karsztvizek nehézfém tartalma 2002. augusztus-december között
 Fig 2. Chromium content of Aggtelek karstwaters from August 2002 to December 2002

A 2002-es minták mindegyikében a cinkkoncentráció túllépi az ivóvíz-minősítésnél megengedett határértéket. Mindkét sorozat mintáiban a Komlós forrásban éri el a legnagyobb értéket. Hasonlóan a krómtartalomhoz, az a következtetés adódik, hogy egy szennyezés hagyja el a területet. A Baradla-barlangban vett több vízminta elemkoncentrációja alapján jutottunk erre a következtetésre, hiszen az augusztusi mintákban a víznyelők felőli részen magasabb az elemtartalom, míg októberben már a forrásnál jelentkezik a nagyobb koncentráció. Ugyanakkor augusztus folyamán nagyobb szennyeződésnek lehettünk tanúi, októberre ez a mennyiség csökkent. Egy árhullám levonulásához lehetne hasonlítani a szennyeződés levonulását a barlangban. A magas cinktartalom nem csak a Baradla barlang vízgyűjtő területére jellemző, hiszen magas értékkel találkozunk a Komlós-forrásban, ami alapján valószínűsíthető, hogy a Béke-barlang vízgyűjtő területén is megnőtt a koncentráció.

A 2002 augusztusi mintákban a Baradla-barlang és a Vass Imre barlang vízgyűjtő területén a határérték fölötti nikkellkoncentrációt tapasztaltunk. A Retek ágban 0,312 mg/l értéket ér el (az ivóvíz-minősítésnél megengedett határérték 0,2 mg/l), a Hosszú-barlangnál pedig 0,288 mg/l a koncentráció. Az októberi vízminták közül csak a Hosszú-barlangnál figyelhető meg, hogy a nikkellkoncentráció túllépi az ivóvíz-minősítésnél megengedett határértéket 0,43 mg/l értékkel.

A 2002 októberében, valamint decemberében a Baradla-barlang Retek ágából vett vízminta mangántartalma (1,997 mg/l, majd 12,220 mg/l) jelentősen túllépi a határértéket (0,5 mg/l). Máshol nem tapasztaltunk magasabb elemkoncentrációt.

A 2002 decemberi karsztvizek ólom- és kadmium-tartalma jelentősen megnövekedett az augusztusihoz képest, és mindegyik túllépi az ivóvíz-minősítésnél megengedett határértéket. Legmagasabb ólomszennyezést (0,39 mg/l fölötti értéket) a Retek-ágban, majd a Nagy-Tohonya- és Kis-Tohonya-forrásban tapasztaltunk.

Összességében megállapítható, hogy 2000-2001- és 2002 decemberében mért mintákban kadmium- és ólomszennyezés jellemző a területre, 2000-ben néhol króm, 2001-ben pedig magasabb vas- és mangántartalom társul ehhez. 2002-ben egy szennyező hullám levonulása figyelhető meg, ahol főleg a króm, nikkell és cink koncentrációja igen magas.

Az iszapmintákban mért elemkoncentráció egy a lkalom kivételével soha sem lépte túl a megengedett határértéket, viszont minden általunk mért elemnél megfigyelhető, hogy a Hangverseny teremnél alacsonyabb a koncentráció, mint a Retek ág Kúszó ági elágazásánál. A krómkoncentráció a talajban megengedett határértéket tízszeresen túllépi, alátámasztva a vízmin-

ták eredményeiből leszűrt következtetést, mely szerint krómszennyezés került a területre.

4. Lehetséges szennyező források

Általánosan elmondható, hogy a karsztok belsejébe szennyezőanyag három fő irányból és módon kerülhet (CSERNAVÖLGYI 1978).

1. Ennek leggyorsabb módja a víznyelőkön keresztül történő beáramlás. Amennyiben nyitott torkú nyelőről van szó, a víz akadálytalanul kerülhet a közettömeg belsejébe. Amennyiben az illető vízvezető rendszerhez nemkarsztos vízgyűjtő is tartozik, az onnan érkező szennyeződés is akadálytalanul juthat a karsztba. Időszakos víznyelők esetében, ahol általában többkevesebb eltömődéssel találkozunk, bizonyos fokú szűrés tapasztalható.

2. Közethatáron történő beszivárgás elsősorban valamilyen helyi erózióbázis közelében alakulhat ki, különösen ha a felszínen erre alkalmas tevékenység (intenzív mezőgazdaság, személtlerakás, stb.) folyik.

3. A harmadik mód a felszínről történő beszivárgás. Ez lassú, de folyamatos jelenség, ami elsősorban a mezőgazdasági területeken (trágyázás, növényvédő szerek) és a településeken (kommunális szennyvíz, szennyezett csapadék) jelent nagyobb veszélyt. E három út hosszát és egymáshoz viszonyított arányát a felszíni időjárási tényezők, elsősorban a csapadék igen erősen módosíthatja (PARRAG 1997).

A karsztvíz utánpótlódásában legnagyobb szerepe a felszínre hulló csapadékvíz beszivárgó hányadának van. A VITUKI Kutató Állomás elemzése szerint az itt lehulló, enyhén savas kémhatású (pH = 4-6) csapadékvíz kissé szennyezett, amit az országos átlagnál magasabb nitrát- és ammóniumtartalom okoz. Mivel a terület uralkodó széljárása ÉNy-i, a légköri szennyeződés minden valószínűség szerint a Szlovákiában Rozsnyótól nyugatra levő ipari létesítményekből ered.

A légköri szennyeződések közül száraz vagy nedves ülepedéssel kiülepedhetnek a különböző nehézfémek, melyek vizes közegben, megfelelő pH-n mobilissá válnak, és bekerülnek a karsztvízrendszerbe. Tudomásunkra jutott, hogy a szlovákiai részen, Pelsőc településen horganyzó üzem működött évtizedekig. Terepbejáráskor kiderült, hogy az 1990-es évek elején ez az üzem megszűnt. Felvetődik a kérdés, hogy az akkori cinkelt fémeket gyártó üzem milyen fémeket használt katalizátorként, mi kerülhetett bele a légkörbe, és eljuthatott-e a mindössze 6 km távolságra található Domicabarlang bejáratához? Ha igen, akkor ez az elmúlt években hogyan fejtette ki hatását? Másik potenciális szennyezőként a Rozsnyó és környéki ipartelepek légszennyezései merülnek fel.

I. táblázat
Table I.

A vizmintákban mért fémtartalom
Ivóvíz-minősítésnél megengedett határértékek
The metal contain of the sample-water
At drinking water the permission limit values

Fém	Pb	Cd	Zn	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni
Határérték [mg / l]	0,01	0,005	0,2	0,1	0,2	0,05	0,2	0,5	0,2

Aggtelek, 2000. december 1-2. [mg/l]

1-2.12.2000 Aggtelek [mg/l]

[mg / l]	Pb	Cd	Zn	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni
Komlós-forrás	0	0,010	0	0	0	0,041	0	0	0
Jósva – Rövid barlang	0	0,013	0	0	0	0,002	0	0	0
Jósva – Hosszú bg.	0,095	0,015	0	0	0	0,001	0,002	0	0
Kossuth-barlang	0	0,012	0	0	0	0,004	0,082	0,054	0
Nagy Tohonya forrás	0	0,014	0,022	0	0	0	0,012	0	0
Kis-Tohonya forrás	0,014	0,013	0	0	0	0	0	0	0
Béke barlang	0,029	0,017	0	0	0	0,062	0,025	0,036	0

Aggtelek 2001. december 7-8. [mg/l]

7-8.12.2001 Aggtelek [mg/l]

	Pb	Cd	Zn	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni
Kis-Tohonya f.	0,067	0,021	0	0	0	0	0,072	0	0
Nagy-Tohonya f.	0,031	0,020	0	0	0,004	0	0,026	0,000	0
Komlós-forrás	0	0	0	0	0,007	0,012	0,379	0,015	0
Jósva-f.(Rövid barlang)	0,136	0	0	0	0,012	0	2,208	0,039	0,003
Jósva-f.(Hosszú barlang)	0,088	0	0	0	0,010	0	0,163	0,008	0
Baradla (Retek ág)	0,118	0	0,057	0,013	0,021	0,019	14,33	4,097	0,005

Aggtelek, 2002. augusztus 27-31. [mg/l]

27-31.08.2002 Aggtelek [mg/l]

	Pb	Cd	Zn	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni
Baradla bg.- Retek ág	0	0	0,285	0	0,052	1,722	1,276	0	0,312
Baradla – Csipkés-kút	0	0	0,267	0	0,054	1,652	1,369	0	0,087
Jósva-f. - Rövid bg.	0	0	0,269	0	0,049	0,527	1,154	0	0
Jósva-f. - Hosszú bg.	0	0	0,239	0	0,049	0,824	1,29	0	0,288
Komlós-forrás	0	0	0,335	0	0,053	0,193	1,196	0	0
Kis-Tohonya forrás	0	0	0,243	0	0,036	0,48	0,965	0,009	0,722
Nagy-Tohonya forrás	0	0	0,239	0	0,046	0	1,001	0	0

Aggtelek, 2002. október 25-27. [mg/l]

25-27.10.2002 Aggtelek [mg/l]

	Pb	Cd	Zn	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni
Baradla-Hangverseny t.	0	0	0,188	0	0,048	1,337	1,761	0	0
Baradla bg.- Retek ág	0	0	0,225	0	0,047	1,25	1,572	1,997	0
Baradla bg.- Csipkés-kút	0	0	0,248	0	0,052	1,425	1,475	0	0
Jósva-f.- Rövid barlang	0	0	0,245	0	0,051	4,36	1,438	0	0,011
Jósva-f. – Hosszú barlang	0	0	0,304	0	0,046	2,75	1,408	0	0,43
Komlós-forrás	0	0	0,31	0	0,054	1,713	1,367	0	0,15
Kis-Tohonya forrás	0	0	0,191	0	0,055	2,345	1,664	0	0
Nagy-Tohonya forrás	0	0	0,151	0	0,051	2,642	1,48	0	0

Aggtelek, 2002. december 4-8. [mg/l]
4-8.12.2002 Aggtelek [mg/l]

	Pb	Cd	Zn	Co	Cu	Cr	Fe	Mn	Ni
Baradla-Hangverseny t.	0,234	0,023	0,041	0	0,004	0,053	0,284	0,157	0,097
Baradla bg.- Retek ág	0,563	0,026	0,3	0	0,074	0,601	18,65	12,22	0,497
Baradla bg.- Csipkés-kút	0,299	0,028	0,039	0	0,005	0,14	0,222	0,164	0,318
Jósva-f.- Rövid barlang	0,188	0,02	0,029	0,216	0,004	0,628	0,312	0,111	0,593
Jósva-f. – Hosszú barlang	0,2	0,021	0,034	0	0,008	0,594	0,237	0,114	0,542
Kornós-forrás	0,236	0,02	0,042	0	0,008	0,408	0,244	0,126	0,337
Kis-Tohonya forrás	0,394	0,021	0,046	0	0,01	0,921	0,189	0,185	0,162
Kossuth-barlang	0,356	0,016	0,034	0	0,008	0,806	0,124	0,18	0,087
Nagy-Tohonya forrás	0,434	0,024	0,043	0	0,01	0,24	0,21	0,199	0,119
Földvári-barlang	0,182	0,025	0,103	0,206	0,02	0,226	1,465	0,322	0,259
Rákóczi I. barlang – 2.tó	0,155	0,01	0,035	0,229	0,006	0,566	0,347	0,09	0,455
Béke barlang-eleje	0,313	0,029	0,045	0	0,006	0,125	0,237	0,166	0,168
Béke-bg.-Nagy omlás után	0,363	0,024	0,04	0	0,007	0,891	0,108	0,172	0,306

A területre nem csak légszennyezéssel, ülepedéssel kerülhet szennyeződés, hanem a felszínről is bemosódhat. 2002 augusztusában a magyar-szlovák határ és a szlovákiai Hosszúszó (Dlha Ves) település között, a Domica-Baradla barlangrendszer vízgyűjtő területén, az egyik völgybe az út mellett 3-4 rakomány építési törmelék, kommunális szemét volt beöntve. Potenciális szennyező forrásként ez is előfordulhat.

A szlovákiai Kecső (Kecovo) község mellett eredő hasonló nevű patak elnyelődő vize szintén a Jósva-forrásba jut, így a patakmeder kommunális hulladéka itt jelentős szennyező forrásként jelentkezik (SÁSDI 1998).

Gondot jelenthet a víznyelők kiterjedt vízgyűjtő területén szlovákiai területeken is végzett mezőgazdasági tevékenység, az Aggtelek község területén folytatott állattartás, háztáji növénytermesztés. A szennyező anyagok közvetlenül a nyelőkön át, vagy a pannon agyagos kavicsban mozgó rétegvíz közvetítésével a karsztvízrendszerbe jutnak (SÁSDI 1998). Ez a megálapítás a községtől délre, 1 km-re létesített, egy pár éve megszűnt szeméttároló telep anyagára is vonatkozik. Ily módon leginkább a Jósva-forrás vize veszélyeztetett.

Az eddigi eredmények természetesen jelzés értékűek és a mai állapotot tükrözik. Feltétlenül kívánatos – a mostani eredmények is ezt bizonyítják – a vizsgálatok folytatása, mivel a lakosság vízellátását is szolgáló karsztvizek nehézfém szennyezése a jövőben komoly egészségügyi problémát okozhat.

A kutatás része annak a vizsgálatnak, amely a karsztterületek talajainak és azok növényzetének nehézfém-szennyezettség vizsgálatát is célozza.

Amennyiben kimutatható a talaj – növényzet – és vízrendszer terhelésének kapcsolata, az a tájkezelés számára a jövőbeni környezetvédelmi problémák egy szegmensének feladatait is megjelölheti.

IRODALOM

BRÜMMER G.W.-HORNBERG V.-HILLER D. A. (1991): Schwermetallbelastung von Böden. - Mitteilungen Dt. Bodenkundl. Gesellschaft 63, p. 31-42.

CSERNAVÖLGYI L. (1978): Karsztos tájak környezet- és természetvédelmének néhány hidrológiai kérdése. - Nemzetközi Karszthidrológiai Szimpózium, II. kötet, Budapest, p. 178-185.

JAKUCS L. (1971): A karsztok morfogenetikája. - Akadémiai Kiadó, Budapest

KABATA-PENDIAS A. - PENDIAS H. (1984): Trace elements in soil and plants. - CRC Press, Boca Raton.

KEVEINÉ BÁRÁNY I. (1998): Geoecological system of karsts. - Acta Carsologica XXVII, Ljubljana, p. 13-25.

KEVEINÉ BÁRÁNY I. - HOYK E. - ZSENI A. (1999): Karsztökológiai egyensúly-megbomlások néhány hazai karszterületen. - Karsztfejlődés III., BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 79-91.

MERIAN E. (1984): Metalle in der Umwelt. - Verlag Chemie GmbH Weinheim, Florida, Basel.

PAIS, I. (1992): Az általánosan létfontosságú mikroelemek (A mikroelemek korszaka). - Biokémia 1992. p. 352-355.

PARRAG T. (1997): Karsztvédelmi problémák és kutatási feladatok a Nyugati-Mecsekben. Geográfus doktoranduszok II. Országos Konferenciája, Budapest, p. 5.

SÁSDI L. (1998): Vízföldtan és vízrajz. - Aggteleki Nemzeti Park, p. 118-159.

