



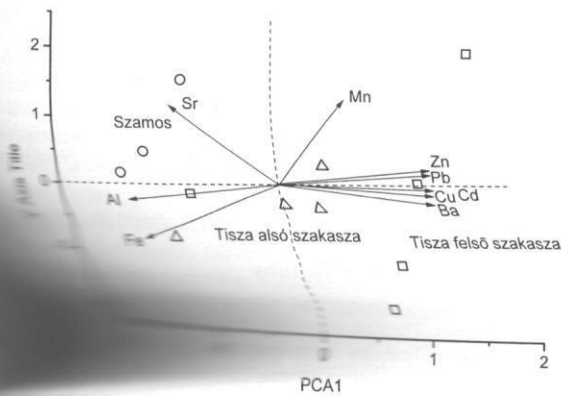


missziós Spektrometriával (MP-AES) végeztük. Az eredmények értékelését SPSS és Canoco statisztikai programmal végeztük. A különböző szakaszoknak a víz, üledék és szitakötő lárvák elemösszetételére kifejített hatását főkomponens analízissel és GLM ANOVA-val értékeltük. Azokban az esetekben, ahol szignifikáns különbséget tapasztaltunk Tukey összehasonlító tesztet végeztünk. Az üledék, víz és szitakötő lárvák elemösszetétele közötti korrelációkat Pearson-korrelációval vizsgáltuk.

### Eredmények

A felmérés során összesen 12-12 víz- és üledékminta nehézfém-analitikai elemzését végeztük el, továbbá megtörtént összesen 204 *Gomphus flavipes* lárvák nehézfém-tartalmának a meghatározása.

A vízminták nehézfém tartalma esetében (2. táblázat), főkomponens analízis elemzés segítségével megállapítható, hogy vizsgált elemek koncentrációja alapján a Szamos, a Felső-Tisza Szamos-torkolat feletti („felső”), valamint a Szamos-torkolat alatti („alsó”) szakasza jól elkülönül egymástól (2. ábra). A Felső-Tisza torkolat feletti szakaszán a Mn, Zn és Pb esetében figyelhető meg pozitív korreláció. A Szamos vizsgált szakaszai esetében pozitívan korrelált a Sr, negatívan pedig a Fe és az Al.

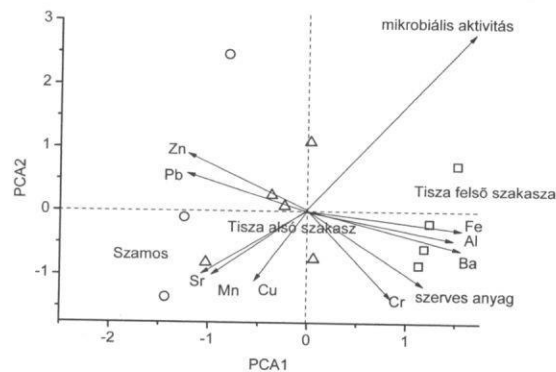


2. ábra. Főkomponens analízis (PCA) a különböző szakaszok vízmintáiban mért elem-koncentrációk alapján

Kisebbség átfedés volt megfigyelhető a Szamos és a Tisza Szamos-torkolat alatti, „alsó” szakasza között. ANOVA-t alkalmazva valamennyi elem esetében szignifikáns különbséget mutattunk ki az egyes szakaszok között ( $p < 0,05$ ). Az Al, Ba, Cd, Fe és Zn esetében szignifikánsan magasabb koncentrációt tapasztaltunk a Szamoson és a Tisza alsó szakaszain, mint a felső szakaszon ( $p < 0,05$ ). Míg a Mn, Pb és Sr esetében a legalacsonyabb koncentrációt a Tisza felső szakaszán, a legmagasabb koncentrációt pedig a Szamoson tapasztaltuk.

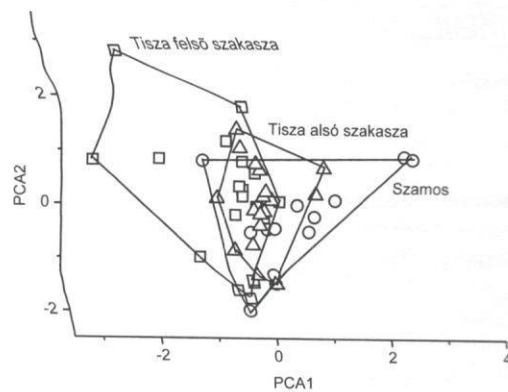
Az üledékminták nehézfém tartalma alapján szintén három szakaszra oszthatóak a vizsgált mintavételi helyek (3. ábra). A vízmintákhoz hasonlóan itt is kisebb átfedést tapasztaltunk a Szamos és a Tisza alsó szakaszai között. A mikrobiális aktivitás a Tisza felső szakaszán volt a legintenzívebb, ugyanakkor a szerves anyag tartalom és a Fe, Al, Ba koncentráció szintén ezen a szakaszon magasabb volt. A Zn, Pb, Sr, Mn és Cu koncentráció pozitívan korrelált PCA1-el, amely jelzi ezen elemek koncentrációjának a növekedését a Szamos szakaszán. A vizsgált kémiai paraméterek közül az Pb és Zn esetében tapasztaltunk szignifikánsan magasabb koncentrációt a Szamoson ( $p < 0,05$ ).

taltunk szignifikánsan magasabb koncentrációt a Szamoson ( $p < 0,05$ ).



3. ábra. Főkomponens analízis (PCA) a különböző szakaszok üledékmintáiban mért elem-koncentrációk alapján.

A *Gomphus flavipes* lárvák nehézfém tartalma alapján PCA segítségével az üledékhez hasonló eloszlást figyelhetjük meg. Ebben az esetben is világosan elkülöníthető a Felső-Tisza Szamos-torkolat feletti szakasza és a Szamos, illetve közöttük helyezkedik el a Felső-Tisza Szamos-torkolat alatti szakasza (4. ábra). Szignifikánsan magasabb Zn koncentrációt tapasztaltunk a Szamosról gyűjtött lárvákban, viszont a Felső-Tisza felső szakaszról gyűjtött lárvákban mért Pb koncentráció nem különbözött szignifikánsan a Szamosról gyűjtött mintáktól ( $p > 0,05$ ).



4. ábra Főkomponens analízis (PCA) a különböző szakaszokról gyűjtött *Gomphus flavipes* lárvákban mért elem-koncentrációk alapján.

Az szitakötő lárvák átlagos összes nehézfém-tartalma szignifikáns korrelációt mutatott az üledék átlagos nehézfém-tartalmával ( $R=0,611$ ,  $p=0,032$ ). A vízben oldott nehézfémek koncentrációja és a szitakötők nehézfém-tartalma között azonban nem tapasztaltunk szignifikáns korrelációt ( $R=0,238$ ,  $p=0,570$ ).

### Diszkusszió

Nhézfém-analitikai elemzést végeztünk a Felső-Tiszán kijelölt kilenc, valamint a Szamos hazai szakaszán további három mintavételi szelvényen víz-, üledék- és makroszkópikus vízi gerinctelen – *Gomphus flavipes* lárvák – mintákból.

Eredményeink azt mutatják, hogy a vizsgált vízfolyás szakaszán a nehézfém terheltség alapján, a mintavételi



helyek – mind a három mintatípus esetében – csoportba sorolhatók. Így, a nehézfém koncentrációk alapján elkülöníthetők a Tiszán az országhatár és a Szamos torkolat között kijelölt- (Felső-Tisza „felső” szakasza) és a Szamos torkolattól a Tokajig tartó szakaszon kijelölt mintavételi szelvények (Felső-Tisza „alsó” szakasza). Továbbá az ezektől markánsan eltér a Szamos magyarországi szakasza.

A vízminták elemösszetételét figyelembe véve megállapítható, hogy a Cd kivételével mindegyik kimutatott nehézfém koncentrációja magasan a Szamos hazai szakaszán volt a legmagasabb. A Szamosban mért értékekhez hasonló eredményeket kaptunk közvetlenül a Szamos-torkolat alatti (Tisza 005) Tisza szakaszon. A legalacsonyabb nehézfém tartalmat a „felső” Felső-Tisza-i szakaszon mértünk. Összességében tehát megállapítható, hogy a mintavétel idején (2013. május 24-26.) jelentős nehézfém tartalmú szennyezés folyt a Szamoson keresztül a Tiszába, amelynek felhígulását sikerült megfigyelni az alsóbb szakaszokon.

Az üledék- és a makroszkópikus vízi gerinctelen minták elemzése alapján hasonló, egymással jól korreláló eredményeket kaptunk.

Eredményeink azt mutatják, hogy a Felső-Tisza legjelentősebb nehézfém szennyezője a Szamos folyó. Megállapítható továbbá, hogy a Felső-Tisza „felső” szakaszán jóval magasabb volt az Al, a Ba és az Fe koncentráció az üledékben, mint a másik két szakaszon. Ezzel szemben viszont, a Szamoson határozottan magasabb Cr, Mn, Pb, Sr és Zn koncentrációkat találtunk, mint a Felső-Tisza torkolat feletti szakaszán. Ezek a megfigyelések egyeznek Woelfl és mtsai. (2006) által leírtakkal.

### Toxic element analysis on the Upper-Tisza and the river Szamos

#### Abstract:

The aim of our study was to analyse the heavy metal concentrations in water-, sediment- and macrozoobenthos (*Gomphus flavipes* larvae) samples from 12 sites of the Upper-Tisza, and the river Szamos. The first aim of this study was to assess the current heavy-metal pollution status of the Upper-Tisza. On the other side, the applicability of the *Gomphus flavipes* larvae was tested as indicator. The heavy metal concentrations were measured with Microwave Plasma Atomic Emission Spectrometry method (MP-AES). Using Principal Component Analysis (PCA) based on the sediment and water toxic element content, we showed that the river Szamos is the main toxic element contamination sources of the Upper-Tisza. Our results demonstrated that the mean toxic element content of the *Gomphus flavipes* larvae shows significant correlation with the toxic element content of the sediment, but there was no correlation with the toxic element content of the water.

#### Keywords:

Heavy metals, MP-AES, Tisza, Szamos, *Gomphus flavipes*.

Végül megállapítható, hogy a *Gomphus flavipes* szelvények zatlakó lárvái jól alkalmazhatóak nehézfém szennyezések visszamenőleges bioindikátoraiként.

#### Irodalom

- Antal L (2013) A Szamos hazai szakaszának halkitobozógerinctelenközösségének változások a cianid- és nehézfém szennyezés hatására. Doktori disszertáció 204 pp.
- Braun M, Simon E, Fabián I, Tóthmérész B (2009) The effect of ethylene glycol and ethanol on the body mass and elemental composition of insects collected with pitfall traps, *Chemosphere* 77:1447-1452.
- Fleit E, Lakatos G (2003) Accumulative heavy metal pattern in the sediment and biotic compartments of the Tisza watershed, *Trópusi Ökológiai Közlemények* 140-141: pp. 323-332.
- Szabó K, Kiss K.T, Taba Gy, Ács É (2005) Epiphytic diatoms on the Tisza River, Kisköre reservoir and some outflows of the Tisza after the cyanide and heavy metal pollution in 2000. *Acta Oceanologica Croatia* 64 (1):1-46.
- Woelfl S, Mages M, Ovari M & Geller W (2006) Determination of heavy metals in macrozoobenthos from the rivers Tisza and Danube by total reflection X-ray fluorescence spectrometry, *Spectrochim. Acta B* 61, pp. 1153-1157 (2006).
- 10/2000. (VI.2.) KöM-EüM-FVM-KHVM együttes rendelet a felső Tisza alatti víz és földtani közeg minőségi védelméhez szükséges szabványokról. Magyar Közlöny. 000/53. sz. 3156-3167.

#### Köszönetnyilvánítás

Málnás Kristóf és Baranyai Edina publikációját megjelentetéséért a TÁMOP 4.2.4.A/1-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése országos programjának kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg. Málnás Edina köszöni a Bolyai János Kutatói Ösztöndíj és a TÁMOP 4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0043 pályázat támogatását. Köszönetet mondunk Agilent Technologies és NOVO-LAB Kft-nek, hogy eszközeiket használhatjuk.