

A Tisza vízminőségi adatsorainak vizsgálata többváltozós adatelemző módszerekkel

Tanos Peter¹, Kovács József¹, Magyar Norbert¹, Hatvani István Gábor¹, Kovácsné Székely Ilona²

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117, Budapest, Pázmány P. sétány 1/C.

²Budapesti Gazdasági Főiskola, Módszertani Intézet, 1054. Budapest, Alkotmány u. 9 - 11.

Kivonat: A dolgozat egy példát mutat be a feltáró adatelemző módszerek alkalmazására a folyók vízminősítése területén. A kutatás a Tiszán mért fizikai-, kémiai-, és biológiai paramétereket ölelte fel az 1974-2005-ös időintervallumra, a Tisza teljes magyarországi szakaszának nyolc mintavételi pontján. Ez mintegy ~500.000 adatot eredményezett. Ez a jelentős adatmennyiség indokolta, hogy a bennük rejlő információt egy- és sokváltozós adatelemzési módszerek használatával nyerjük ki. A hosszú távú többváltozós adatelemzés lehetőségét alá kell támasztani az alapstatisztikák eredményeivel, valamint ha lehetséges hatásidő becsléssel. A kutatás során a leíró statisztikák értékelése után, első lépésként korreláció analízist, majd főkomponens analízist végeztünk. A korreláció analízis során külön vizsgálat tárgyai voltak a változópaírok sztochasztikus kapcsolatai télen illetve nyáron. Eredményei jelentős különbségeket azonosítottak. A főkomponens analízis (PCA) segítségével néhány látens hatás által létrehozott folyamatok vizsgálhatók. Az eredmények alapján ezek mind időben, mind a folyó hosszában változnak, továbbá mutatják, hogy a folyamatok alakulásában nyáron illetve télen mely különböző változók játszanak kiemelkedő szerepet. Nyáron a nitrogénhez köthető paraméterek míg télen az egyéb szerves komponensek a főszerep. A vizsgálatok azt bizonyítják, hogy a téli, illetve a nyári adatok nem kezelhetők egyszerre, továbbá a vízminőséget alakító folyamatok vizsgálatakor figyelembe kell venni a Tisza antropogén változásainak következményeit és a nagyobb mellékfolyóinak hatását is.

Kulcsszavak: Tisza, adatelemzés, vízminőség, variogram, sztochasztikus kapcsolatok, főkomponens analízis-

Bevezetés

Magyarország legtöbb felszíni vizén évtizedek óta folyik a vízminőséget jellemző fizikai, kémiai és biológiai paraméterek mintavételezése, kevés kivételtől eltekintve ezeket az így létrejött adatokat rövid időskálán vizsgálják és leggyakrabban az adatfeldolgozás metodikáját szinte kizárólagosan a leíró statisztikák és kétváltozós adatelemző módszerek használata jellemezi. Kutatásunk alapját képezték ezek közül az alábbiak: Csépes és társai (2000) fontos megállapításokat tettek az árvizek tekintetében, miszerint az áradások idején először egy nagy fajlagos vezetőképességű hullám vonul le a folyón, ami a későbbiekben az olvadékvizek hatására egyre hígul. Szabó és társai (2004 a, b) a vízhozam és fajlagos vezetőképesség illetve vízhozam és klorofill-a külön- illetve együttváltozásait elemzik. Kettőnél több többváltozós adatelemző módszer használatával csak nagyon kevés publikáció foglalkozik, Lajter és társai (2009) „tíz ökológiailag fontos” változót vizsgált. Ugyancsak elenyésző számban készültek hosszú távú vizsgálatok a vízminősítésben. Hatvani és társai (2011) 13 éves időskálán vizsgálja a Kis-Balaton vízminőségi adatait többváltozós és idősoros adatelemző módszerekkel.

A Tisza a Kárpát-medence keleti részének vizeit gyűjti össze. Vízigyűjtő területe 157.186 km² (Lászlóffy W. 1982). A Tisza a Máramarosi Havasoktól Titelig (torkolatáig) 966 km-t (Teplán I. 2003) tesz meg. Vízigyűjtőterületének kevesebb, mint egyharmada, található Magyarország határain belül, ezért a magyarországi Tisza szakasz vízminősége a mellékfolyóin és a határon túli szakaszán keresztül ki van szolgáltatva a szomszédos országok ipari, mezőgazdasági és egyéb tevékenységének.

Jelen közlemény célja, hogy folyóvízi vízminőségi adatok hosszú távú elemzésének lehetőségét mutassa be matematikai statisztikai módszerek felhasználásával a Tisza adatsoraiban, különös tekintettel a többváltozós adatelemző módszerekre.

Felhasznált adatok és az adathalmaz előkészítése.

A magyarországi Tisza szakasz (Törzshálózati Rendszerben rögzített) 8 mintavételi pontjának 1974-2005-ig rögzített adatai kerültek elemzésre (**1. ábra**).

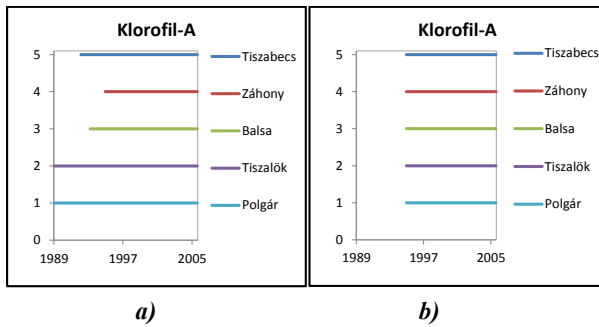
A vizsgált időtartam elején, a '70-es években a KGST előírásai, majd 1994-től a máig hatályos Magyar Szabvány (MSZ 12749:1993) előírásai szerint történt a mintavételezés. Elmondható, hogy mintavételi helyenként illetve évente átlagosan 26 mintát vettek, több mint 54 változóból, melyek körét a későbbiekben leírtak szerint szűkítettük.



1. ábra. A magyar Tisza és a vizsgált mintavételi pontjai.

Mint ismeretes a hosszú távú adatfeldolgozáson alapuló vizsgálatokkor sajátos problémák adódnak, ezeket részletesen T. Nagy Mariann és munkatársai foglalták össze (2004). Az elsődleges nehézség hogy a vizsgált 31 év alatt mind a mintavételi, mind a mintakezelési módszerek változtak. Változott továbbá némely paraméter definíciója is. Továbbá az összehasonlíthatóság szempontjából az is problémát jelent, hogy nem egyetlen laboratóriumból származnak az adatok. Ekkora adatmennyiség esetén óhatatlanul hibás adatok is belekerülhetnek az adatsorokba. Matematikai szempontból az adathalmazban mind a négy hibafajta megtalálható (*abszolút-, relatív-, szisztematikus- és véletlen hiba*). Ezek matematikai módszerekkel nem küszöbölhetők ki, ezért az adathalmaz előzetes, „manuális” vizsgálata elengedhetetlen. Az ilyen extrém kiugró értékek (függetlenül attól, hogy pozitív vagy negatív irányúak) megkeresése és eltávolítása nagyon fontos, mert ezek egyértelműen rontanak a statisztikai adatelemző módszerek eredményét és azok hatékonyságát.

Több változó esetében adódott adathiány. Például a KOI^{d} és az $\text{NO}_2\text{-N}$ idősora Záhonyánál hiányzott, ezért az eredmények összehasonlításakor ezek a változók a többi mintavételi ponton sem vehetők figyelembe. Jó példa az adathiányra a klorofill-a, amelyet csak az 1990-es évek elejétől mértek rendszeresen, de az egyes mintavételi pontokon eltérő időben (**3/a ábra**). Ezért csak attól az időponttól használható, ahonnan az összes mintavételi ponton mérték (**3/b ábra**). Az adatelőkészítés elvégzése ezt a nagyfokú gondosságot az eredmények összehasonlíthatósága miatt igényli. E megállapítás háttérében az áll, hogy a miért adatok alapján kapott statisztikák valószínűségi változók, ugyanis azok a mintavételezéstől függenek (Kovács J. és Kovácsné Székely I. 2006a, 2006b).



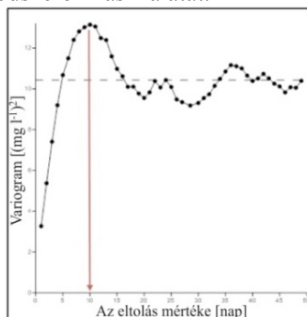
2. ábra. A klorofil-a mérési intervallumai a) az adathalmaz szerint, b) a figyelembevett mérési intervallum.

A paraméterkör kialakításánál alapvető szempont volt, hogy a vízminősítés szempontjából a legfontosabb fizikai, kémiai, és biológiai változók szerepeljenek a vizsgálatokban. Ezeknek a változóknak azonban meg kellett felelniük a statisztikai módszerek követelményeinek is. Mindezen követelményeknek 24 változó tett eleget: vízhozam [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$], pH, oxigén telítettség, vezetőképesség [$\mu\text{S cm}^{-1}$], metilnaranx lúgosság [mval l^{-1}], oldott oxigén, ötnapos biológiai oxigénigény, dikromátos kémiai oxigénigény (KOI^d), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , HCO_3^- , karbonát keménység, összes keménység, NH_4 nitrogén, NO_2^- nitrogén, NO_3^- nitrogén, ásványi nitrogén [mg l^{-1}], PO_4^- foszfor, klorofil-a [$\mu\text{g l}^{-1}$].

Alkalmazott matematikai módszerek

Az adathalmaz előkészítése után fontos és szükséges az adatok áttekintése és vizsgálata egyváltozós statisztikákkal. Ezek használata során a továbblépést jelentő sokváltozós, feltáró adatelemzés szempontjából is célszerű elemezni az egyes valószínűségi változók leíró statisztikáit és eloszlásait, sztochasztikus kapcsolatait. Jelen dolgozat, terjedelmi okokból, a fentiek közül csak a korrelációanalízis eredményeire tér ki.

Az alkalmazható adatelemző módszerek kiválasztásához, illetve a kapott eredmények pontos értelmezéséhez szükséges a változók hatásidejének ismerete. Így meghatározható milyen időskálán vizsgálhatók az adatok. A vízi rendszerekben mért változók hatástávolságának becslésére többek között az általunk alkalmazott variogram függvény (3. ábra) is alkalmas (Füst és Geiger, 2010, Kovács et al., 2011). A vizsgálat elvégzéséhez minél gyakoribb mintavétel – lehetőség szerint napi – szükséges. Ez Tápé mintavételi ponton teljesült 1970-ben. Az ammónium-nitrogén esetében kapott variogram függvény alapján a legritkább mintavételezés négy nap volt. Mivel a mintavételi pontokon, átlagosan évi 26 minta állt rendelkezésre, a variogram vizsgálat eredményei szerint ezek kellő időbeli távolságban voltak ahhoz, hogy az időszori realizáció egyes mért értékei függetleneknek tekinthetők. Ez a tény teszi lehetővé a sokváltozós adatelemző módszerek használatát.



3. ábra. A kalcium paraméter variogram függvénye

Korreláció-analízis

A korreláció a paraméterek közötti lineáris kapcsolatot méri. Ez a módszer a sztochasztikus folyamatok vizsgálatának egyik alapvető eszköze. A korrelációs együttható ($\text{cor}(\xi, \eta)$) értéke -1 és $+1$ között változhat. Ha a korrelációs együttható nulla, ebből nem következik, hogy a két paraméter független egymástól. Csak annyi igaz, hogy a kapcsolat nem lineáris. Abban az esetben, ha a két paraméter független, akkor köztük a korreláció zérus. Más szavakkal, a függetlenségből következik a korrelátlanság, de a korrelátlanságból nem következik a függetlenség. (Reimann J. és V. Nagy I. 1984)

Főkomponens analízis (PCA)

A PCA az eredeti változók lineáris transzformációjával olyan hipotetikus változókat, főkomponenseket hoz létre, amelyek lényeges információvesztés nélkül jellemzik az induló rendszert. Teljesül rájuk, hogy:

- a) a megfigyelt változók lineáris kombinációi,
- b) korrelátlannak, és komponensenként rendre az együtthatók négyzetösszege 1,
- c) a komponensek szórása monoton csökkenő” (Füstös L. et al. 1986)

Eredmények

Sztochasztikus kapcsolatok

A vizsgálat szempontjából akkor tekintettük két változó között a kapcsolatot erősnek, ha korrelációs együtthatójuk abszolút értéke meghaladja a 0,7-et. A paraméterek közötti sztochasztikus kapcsolatok többféle megközelítésben is vizsgálhatók. Ennek megfelelően vizsgálhatók az egész év adatai egyszerre, illetve külön-külön az egyes évszakok korrelációs viszonyai. A közlemény a téli és a nyári időszakok sztochasztikus kapcsolatát hasonlítja össze a teljes évre vonatkozó eredményekkel (1. táblázat).

1. táblázat. Az erős lineáris kapcsolatok száma mintavételi helyenként, időbeli bontásban

	Az erős lineáris kapcsolatok száma [darab]		
	Éves	Tél	Nyár
Tiszabecs	7	5	7
Záhony	14	17	9
Balsa	17	18	10
Tiszalök	37	37	14
Polgár	36	41	18
Tiszafüred	33	40	17
Tiszaug	38	45	23
Tápé	36	43	24

Az összes megközelítés (éves, tél, nyár) alapján általánosságban elmondható, hogy a folyásiránnyal megegyezően az erős korrelációs kapcsolatok száma növekszik, illetve az alsóbb mintavételi pontokon stabilizálódni látszik (1. táblázat). Éves viszonylatban Tiszabecsnél a $|0,7|$ -nél nagyobb korrelációs együtthatóval jellemezhető kapcsolatok száma mindössze 7. Tiszalöknél (a duzzasztómű után) ez a szám 37-re ugrik, majd e szám körül stabilizálódik.

A két évszak összehasonlítása szerint a nyári hónapokban gyengébb a lineáris kapcsolat a paraméterek között, mint a téli időszakban. Összehasonlítva az évszakonkénti eredményeket az éves eredményekkel jól látszik, hogy a téli sztochasztikus kapcsolatok jobban hasonlítanak az éves átlaphoz.

Az évszaki eltéréseken túl, Tiszalök térségében hirtelen megugrik az erősen korreláló paraméterpárok száma az 1. táblázat tanulsága szerint.

Az egyes változók szintjén, példaként az organogén elemekhez kapcsolódó jelentős sztochasztikus kapcsolatokat emeljük ki. Télen kisebb az organogén változók közötti kap-

csolatok száma, mint nyáron. Az ásványi nitrogéntartalom, és a különböző nitrogén-formák változói között gyakran van erős pozitív lineáris kapcsolat. Előfordul az is, hogy csak az ammónium ionnal korrelál egy adott mintavételi ponton az ásványi nitrogén.

Főkomponens analízis

A PCA arra keresi a választ, hogy milyen háttér-folyamatok alakítják a Tisza vízminőségét és folyamatait. A nyári illetve a téli, valamint a teljes év adatainak vizsgálata külön-külön történt a sztochasztikus vizsgálatok eredményeinek megfelelően. Az adott változót jelentősnek tartottuk egy főkomponensen belül, ha együtthatójának abszolút értéke meghaladta a 0,7-et. Az első főkomponens a mintavételi pontokon végighaladva, az adatok varianciájának egyre nagyobb hányadát magyarázta. A vizsgálat eredményét a 2. táblázat foglalja össze.

Nyáron Tiszabecs, Záhony és Balsa mintavételi pontokon az első főkomponensben a leghangúlyosabb változók a fontosabb nitrogénformák voltak. A második főkomponensben a halobitását felelős ionok (Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^-) jelennek meg. Balsa után markáns változás történik a háttér-folyamatokban. A további mintavételi pontokon, nyáron (az első főkomponens alapján) a főbb ionok (Na^+ , Cl^-) veszik át a "főszerepet" a folyamatok irányításában.

Télen – Tiszabecs kivételével – leginkább az ionok befolyásolják a folyó vízminőségét alakító folyamatokat. Fontos megjegyezni, hogy télen a nitrogénformák a második főkomponensben jelennek meg.

Végül, a teljes év adatsorain elvégzett PCA alapján kijelenthető, hogy az éves állapot jobban hasonlít a téli állapotra (akárcsak a sztochasztikus kapcsolatok esetén). Az első főkomponensben az ionok, a második főkomponensben a nitrogénformák dominálnak.

2. táblázat. A PCA vizsgálat összesített eredménye

	Nyár		Tél		Éves	
	Első főkomp.	Második főkomp.	Első főkomp.	Második főkomp.	Első főkomp.	Második főkomp.
Tiszabecs	N-form.	Főbb ionok	N-form.		Főbb ionok	N-form.
Záhony	N-form.	Főbb ionok	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.
Balsa	N-form.	Főbb ionok	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.
Tiszalök	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.
Polgár	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.
Tiszafüred	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.
Tiszaug	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.
Tápe	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.	Főbb ionok	N-form.

Az eredmények értelmezése

Sztochasztikus kapcsolatok

Mint már bemutattuk a változók sztochasztikus kapcsolatai télen és nyáron eltérőek. Tehát a korrelációs viszonyok változása szoros kapcsolatban van a hőmérsékleti állapotokkal. Vagyis ha a teljes évet vizsgáljuk, elvesznek az amúgy meglévő jelentős különbségek a téli és a nyári időszak között.

A hőmérsékleti állapotok mellett az áramlási viszonyok is jelentősen befolyásolhatják a paraméterek kölcsönhatásait. A duzzasztómű térségében, illetve az alsóbb szakaszokon lelassuló áramlás kedvező hatással van a paraméterek sztochasztikus kapcsolatainak erősségére.

Amennyiben az ásványos nitrogén csak az ammóniával korrelál erősen, az az ammónia nagyobb mértékű változását jelzi (a többi nitrogénformához képest). Mindez szervesanyag-terhelést, illetve a szaprobitás növekedését jelentheti. Ilyen mintavételi pont például Záhony. Ennek lehetséges magyarázata a Szamos által szállított jelentős szerves anyag terhelés. Tehát a sztochasztikus kapcsolatokra a nagyobb mellékfolyók jelentős hatással vannak.

Főkomponens analízis

Nyáron Tiszabecs és Balsa között a nitrogénformák dominanciája a biológiai folyamatok jelentőségére utal vízminőséget alakító háttér-folyamatok terén. Majd Tiszalök mintavételi ponttól a biológiai folyamatok felől a szervesanyag-folyamatok (például beoldódás vagy kicsapódás) irányába tevődik át a hangsúly.

Télen Tiszabecs Kivételével ugyancsak a szervesanyag-folyamatok dominanciája jelentik meg, tehát a leghidegebb évszakban a szervesanyag-folyamatok befolyásolják a legjobban a Tisza vízminőségét.

Végül a PCA eredménye is megerősítette azt a tényt, miszerint nem lehet egyszerre vizsgálni a teljes évet, mert így számos információt elveszítünk a jelentős évszakos eltérésekről.

Összefoglalás

A dolgozat a magyarországi Tisza 8 mintavételi pontjának 24 változójának hosszú távú (1974-2005 között) többváltozós adatelemzésének eredményét mutatja be. Az adatelemzés elvi lehetőségét a nagy mennyiségű adat és a több elvezetés vizsgálat támasztotta alá. A leíró statisztikák és a határidő becslés alapján éves és évszakos felbontásra volt lehetőség a többváltozós adatelemzés során. Összefoglalva a korreláció vizsgálat eredményét, az erős lineáris kapcsolatok száma a folyás irányával növekvő tendenciát mutatott, illetve stabilizálódott. Az éves, illetve a téli és a nyári korrelációs viszonyok eltérőek, mind a kapcsolatok számát, mind a kapcsolatban lévő paramétereket tekintve. Nyáron kevesebb az erős lineáris kapcsolat, mint télen. Ugyanakkor az organogén elemekhez köthető paraméterek között nyáron van több jelentős korreláció. A teljes év korrelációs viszonyai eltérnek mind a nyári, mind a téli állapottól, de a télivel mutatnak nagyobb hasonlóságot. A korreláció vizsgálat rávilágított, hogy a változók sztochasztikus kapcsolatai függenek a hőmérsékleti viszonyoktól, az áramlási sebességtől, az antropogén hatásoktól és a mellékfolyóktól. A folyó vízminőségét alakító lehetséges háttér-folyamatokat a főkomponens analízissel vizsgáltuk, mely rámutatott, hogy a folyamatok mind térben mind évszakonként eltérő mintázatot mutattak a mintavételi pontokon, így a PCA szempontjából sem kezelhetőek együttesen az eltérő évszakok adatai.

Tehát az évszakos felbontás minden vizsgálat során plusz információt eredményezett. Mindazonáltal a vízminőséget alakító folyamatok minél pontosabb leírásához az adatelemzés során figyelembe kell venni a Tiszára gyakorolt antropogén hatások következményeit, és nem tekinthetünk el a nagyobb mellékfolyók hatásának együttes vizsgálatától sem.

Irodalom

- Csépes, E., T. Nagy M., Bancsi, I., Vévári, P., Kovács, P., K. Szilágyi, E. (2000): A vízminőségi jellemzők alakulása az évszázad egyik legnagyobb árvízének tükrében. – Hidrológiai Közl. 5-6., pp. 285-287.
- Füst A., Geiger J. (2010): Monitoringtervezés és -értékelés geostatistikai módszerekkel I: Szakértői véleményen alapuló, "igazoló" mintázás geostatistikai támogatása. – Földtani Közl., 140.3., pp 303-312
- Füstös L., Meszéna Gy., Simonné Mosolygó N. (1986): A sokváltozós adatelemzés statisztikai módszerei. – Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Hatvani, I. G., Kovács, J., Kovácsné, Székely, I., Jakusch, P., Korponai, J., (2011): Analysis of long term water quality changes in the Kis-Balaton Water Protection System with time series-, cluster analysis and Wilks' lambda distribution. Ecological Engineering. Vol. 37. 4 pp. 629-635.
- Kovács J., Hatvani I.G., Kovácsné Székely I., Tanos P., Korponai J., 2011. Key question of sampling frequency estimation during system calibration, on the example of the Kis-Balaton Water Protection System's data series. Georgikon for Agriculture Vol. 14. 1 pp. 53-68.
- Kovács J., Kovácsné Székely I. (2006a): A minta értelmezési problémái: elmélet és gyakorlat. – Földtani Közlöny, 136. pp. 139-146.

Kovács J., Kovácsné Székely I. (2006b): A földtani adatok adatelemzésének nehézségei. – *Karsztfeloldás*. XI., pp. 25–35.

Kovács, J., Hatvani, I. G., Korponai, J., Kovácsné Székely, I. (2010): Morlet wavelet and autocorrelation analysis of long-term data series of the Kis-Balaton water protection system (KBWPS). – *Ecological Engineering*. Vol. 36. 10., pp. 1469–1477.

Lajter I., Schnitch Cs., Dévai Gy., Nagy S. A. (2009): Hosszú távú adatainak felhasználási lehetőségei vízfolyások ökológiai minőségében a Tisza vízrendszerének példáján. – *Hidrológiai Közlöny*. 89. 6., pp. 141–144.

Lászlóffy W. (1982): A Tisza, vízi munkálatok és vízgazdálkodás a tiszai vízrendszerben. – Akadémiai Kiadó, Budapest.

Reimann J., V. Nagy I. (1984): *Hidrológiai statisztika*. – Tankönyvkiadó, Budapest.

Szabó A., Dévai Gy., Zsuga K. (2004a): Javaslat a vízjárás és a vízminőségi mutatók összefüggésének egy lehetséges hosszú távú elemzési módszerére a Tisza példáján. – *Hidrológiai Közlöny*. 84. 5–6., pp. 139–142.

Szabó A., Dévai Gy., Zsuga K., Kaposvári K. (2004b): A vízjárás, az elektromos vezetőképesség és a kémiai oxigénigény összefüggésének elemzése a szolnoki Tisza-szakasz napi adatsorai alapján. – *Hidrológiai Közlöny*. 84. 5–6., pp. 143–146.

T. Nagy M., Csépes E., Aranyiné Rózsavári A., Bancsi I., Kovács P., Végvári P., Zsuga K. (2004): A hosszú-távú adatsorok értékelésének korlátai. – *Hidrológiai Közlöny*, 84. 5–6., pp. 162–165.

Teplán I. szerk. (2003): *A Tisza és vízrendszere I-II. kötet*. – MTA Társadalomkutató Központ, Budapest.

Multivariate and time series analysis on the data series of the River Tisza Tanos, P. – Kovács, J. – Magyar, N. – Hatvani, I. G. – Kovácsné Székely, I.

Abstract: The study gives an example on using explorative data analysis methods in the area of fluvial water quality analysis. The measured physical, chemical and biological parameters of the River Tisza's eight sampling sites were analyzed for the time interval 1974–2005. The dataset consisted of approximately 500,000 data, which made the use of multi variate data analysis methods relevant in exploring the "information within". As a first step correlation, then principal component analysis was applied to the data. During the analysis of the stochastic connections winter and summer data were handled separately. On one hand these results indicated significant difference between the linear connections of the two seasons' parameters. On the other hand PCA pointed out that the background processes in the river vary to a large extent in time and space as well, meaning that there are different driving processes in summer and winter. In summer primarily nitrogen while in winter other inorganic parameters dominate. The results proved that summer and winter data cannot be dealt with together either in case of stochastic, either in case of principal component analysis and that the sidearms and anthropogenic activity along the river should be considered as highly influencing.

Keywords: River Tisza, water quality, variogram, stochastic connections, principal component analysis.

A Morgó-patak (Börzsöny-hg.) élőhelyi sokfélesége és makrogerinctelen együttese Tarjányi Nikolett MTA Duna-kutató Intézet, 2163. Vácrátót, Alkotmány u. 2–4.

Kivonat: A kisvízfolyások vizsgálata egyre sürgetőbb, egyrészt, mert szinte már nincs is érintetlen állapotú patak, másrészt mert a fokozódó emberi beavatkozások (tájhasználat) hatásainak ismerete nélkülözhetetlen. Ehhez szükség van hosszú távú állapotváltozások regisztrálására, mind a környezeti adottságokat (hidrológia, vízkémia, stb.) mind az élővilág összetételét illetően. Kutatásomat a Börzsöny-hgs.-i Morgó (Török)-patakon folytattam. Célom a patak hidroökológia és hidrozoológiai állapotának felmérése volt. Vizsgálataimat 2008 márciusától egy éven keresztül, havi rendszerességgel végeztem, környezeti adottságokra és zoológiai viszonyokra kiterjedően. Törekedtem a különböző jellegű élőhelyek feltárására a patak hossz-szelvénye mentén, majd ezek összehasonlítására mind időben, mind pedig térben. A kimutatott 118 gerinctelen taxon közül 68 a Morgó-patak faunájára újnak számít. Legjelentősebb az *Atrichops crassipes* (Meigen, 1820), mely Magyarország, illetve az *Oulimnius tuberculatus* (P. J. W. Müller, 1806), mely a Börzsöny faunájára nézve új előfordulás. Bizonyos csoportoknál a denzitás- és diverzitásmintázatban jellegzetes tér- és időbeli különbségek rajzolódtak ki. Mindezek alakulását az alapvető környezeti tényezők változásai mellett a területet érő, nagymértékű emberi hatások is befolyásolják.

Kulcsszavak: Morgó-patak, kisvízfolyás, makrogerinctelen, tér-idő mintázat.

Bevezetés

A kisvízfolyások faunisztikai, vízminőségi és ökológiai állapotának feltárása az utóbbi évtizedek növekvő vízminőségi gondjai (környezeti zavarások, vízszennyezés stb.) miatt egyre sürgetőbbé váltak. A megfelelő alapkép kielégítő feltáráshoz átfogó tér- és időbeli vizsgálatok szükségesek.

Egy-egy kisvízfolyásnak fontos a szerepe, mint egy nagyobb vízfolyás adottságainak alapítója, mint egy tározó vagy horgásztó tápvize, mint tájképi elem, vagy mint a befogadóra ható ökológiai, vízminőségi tényező. A terület- és tájhasználat különböző fajtái, mint pl. a mezőgazdasági és ipari termelés, a település és üdülőterület fejlesztés, egyre nagyobb terhet rónak a kis és nagyobb vízfolyásokra.

A vízminőség biológiai értékelésére és a kémiai illetve egyéb szennyezések hatásainak becslésére gyakran az édesvízi ökoszisztémák makroszkópikus gerinctelen együttesinek összetételét és szerkezetét használjuk. Emiatt a kisvízfolyások, mint nagy biodiverzitású területek iránt napjainkban növekvő az érdeklődés (Hellawell, 1986; Rosenberg & Resh, 1993; Metcalf-Smith, J. L., 1996). A makrogerinctelenek ismertén érzékenyek az élőhely abiotikus jellemzőire, mint pl. hőmérséklet, oxigén mennyiség, szuszpendált üledék, turbulencia, áramlás, fény mennyiség, vízmélység és az aljzat minősége (Southwood, 1977; Statzner et al., 1988; Townsend, 1989; Ward, 1992; Evan & Norris, 1997). Mindemellett a makrogerinctelenek képesek gyorsan reagálni a

vízminőség változásaira is (Rosenberg and Resh, 1993; Richards et al., 1997). Ezért a bentikus makrogerincteleneket, mint biológiai indikátorokat, sok országban használják patakok és folyók vízminőségének értékelésére. (Woodiwiss, 1964, Chester, 1980, Wright et al., 1984; Barbour et al., 1999; Smith et al., 1999;).

Kutatásom célja volt: a) növelni a Morgó-patak faunisztikai feltártságát; b) kimutatni és magyarázni a makrogerinctelen együttesek denzitás és diverzitás mintázatának tér-idő változásait.

Anyag és módszer

Kutatási terület

A Morgó-patak (é. sz. 47° 46' k. h. 18° 57', Duna-Ipoly Nemzeti Park) a Börzsöny-hgs. DK-i területének vízszállítója, a Duna bal parti mellékveze. A patak teljes hossza 16 km, a vizsgált szakasz ebből kb. 12 km.

A patak esése a forrástól a torkolatig (Duna 1689 folyamkilométer) 623 méter, a vízgyűjtő területe 78,8 km².

A patak vízhozama középvíz: 1,14 m³/s, kisvíz 0,069 m³/s és nagyvíz esetén 16 m³/s (Juhász, 2011).

Mintavételi helyek

Szempon volt a Morgó-patak kiválasztásakor, hogy turisztikailag egyre erősebben igénybe vett terület, valamint, hogy a meder lényeges változáson nem esett át.

A patak teljes hosszán eltérő jellegű szakaszokon arányosan elosztva jelöltem ki öt mintavételi helyet (MOR 1 -

MOR 5; **1. táblázat**). A kiválasztásban fontos szempont volt, hogy az 1, 2 és 5. számú helyről, ugyancsak Intézetünk szervezésében korábbi vizsgálati eredmények is ismeretese, amelyek esetleg hosszabb idejű változások felismerésére, értékelésére is lehetőséget adnak (Csuták, 1973; Lien, 1984).

A mintavételi helyek jellemzése:

MOR 1: A Nagyvasfázék patak gyors folyású szakasza, benne kisebb-nagyobb kövek, a vízsodrás erős, a víz tiszta, emberi szennyező hatás alig éri.

MOR 2: Királyrét, a Nagyvasfázék-patak és a Szén-patak összefolyása, a kisvasút végállomása alatt. A vízsodor erős, az aljzat köves.

MOR 3: A paphegyi vasúti rakodó alatti hídnál található, a patak gyors folyású, iszapos, a mederben elszórtan nagyobb kövek, egyedül itt jellemző 1-1 vízinövény a patakban, egyes részek árnyékmentesek.

MOR 4: Szokolya alatti, hétvégi házak által szegélyezett szakasz. A patak egyik oldalát a házak, másikat az út határolja. A meder széles, gyors folyású, viszonylag mély, fák szegélyezik. Az aljzat enyhén köves.

MOR 5: A kismaros kisvasúti végállomás előtti híd feletti szakasz. A meder széles, viszonylag mély, fákkal szegélyezett, erősen árnyékos, az aljzat kissé köves.

1. táblázat: Mintavételi helyek és időpontok

Hely		MOR 1	MOR 2	MOR 3	MOR 4	MOR 5
Tszf.	m	334	253	204	151	111
	N	N 47° 54,201'	N 47° 53,599'	N 47° 52,728'	N 47° 51,486'	N 47° 49,751'
	E	E 18° 57,288'	E 18° 58,768'	E 18° 59,317'	E 18° 01,144'	E 19° 00,777'
2008	03.06.	x	X	x	x	x
	04.22.	x	x	x	x	x
	05.27.	x	x	x	x	x
	07.15.	x	x	x	x	x
	08.12.	x	x	x	x	x
	09.22.	x*	x*	x*	x*	x*
	10.28.	x*	x*	x*	x*	x*
2009	12.10.	x*	x*	x*	x*	x*
	02.03.	x*	x*	x*	x*	x*

Vizsgálati módszerek

2008. március és 2009. február között végeztem helyszíni és laboratóriumi vizsgálataimat. Összesen 9 alkalommal vettem zoológiai mintát és ezek közül 6 alkalommal került sor vízkémiai elemzésekre is.

A makrogerinctelenek gyűjtése minden alkalommal kétféle módon történt. Először 20 db, kb. ökölnyi nagyságú követ mostam egy műanyag edénybe, majd az átszűrt és a hálóban maradt mintát 85%-os alkoholban tartósítottam. Ezt követően a kb. 5 méteres patakszakasz végiggyűjtöttem (0,5 mm-es lyukbőségű D-keretes kézi-hálóval, élhossz 30 cm).

A zoológiai adatok elemzéséhez az R statisztikai programcsomagot, a diverzitás jellemzésére a Shannon-Weaver diverzitási indexet használtam fel (Magurran 1988; Southwood 1987). Ezek kiszámításához a Past programot alkalmaztam (Hammer et al. 2001).

Eredmények és diszkusszió

1. Kimutatott gerinctelen taxonok

Munkám során, 90 mintából 6535 egyedet gyűjtöttem. Ezek megoszlása: Trichoptera 7 genus, 32 faj; Ephemeroptera 11 genus, 7 faj; Plecoptera-5 genus, 7 faj; Coleoptera-1 fajcsoport, 6 faj; Diptera-Simuliidae-1 genus, 1 fajcsoport, 5 faj; Ceratopogonidae-1 genus, Odonata-1 genus, 2 faj; Crustacea-Gammarus-3 faj; Mollusca-2 genus, 3 faj; Athericidae-1 genus, 1 faj; Neurpotera-1 faj; Megaloptera-1 faj; és 5

további család: Limoniidae; Tubificidae; Tipulidae; Tabaniidae; Rhagionidea.

2. táblázat: A Morgó-patak faunájára új fajok

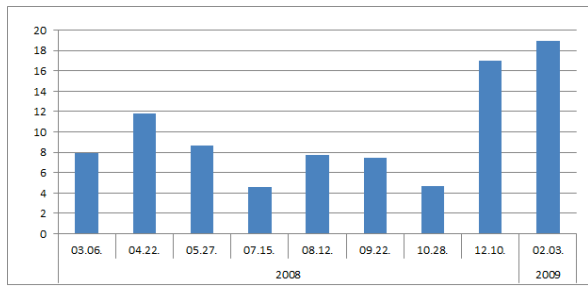
Agapetus ochripes, Curtis 1834
Anabolia furcata Brauer, 1857
Athripsodes bilineatus (Linnaeus, 1758)
Athripsodes cinereus (Curtis, 1834)
Cyrnus trimaculatus (Curtis, 1834)
Ecclisopteryx dalecarlica Kolenati, 1848
Ecclisopteryx madida (McLachlan, 1867)
Goera pilosa (Fabricius, 1775)
Halesus tessellatus (Rambur, 1842)
Hydropsyche bulbifera McLachlan, 1878
Hydropsyche saxonica McLachlan, 1884
Lepidostoma hirtum (Fabricius, 1775)
Lithax obscurus (Hagen, 1859)
Lype reducta (Hagen, 1868)
Mystacides azureus (Linnaeus, 1761)
Plectrocnemia conspersa (Curtis, 1834)
Potamophylax cingulatus (Stephens, 1834)
Rhyacophila tristis Pictet, 1834
Silo pallipes (Fabricius, 1781)
Synagapetus mosely Ulmer, 1938
Tinodes rostocki McLachlan, 1878
Tinodes unicolor (Pictet, 1834)
Caenis luctuosa (Burmeister, 1839)
Caenis robusta Eaton, 1884
Epeorus assimilis (Eaton, 1871)
Procladius bifidus (Bengtsson, 1912)
Elmis maugetii (Latreille, 1802)
Esolus parallelepipedus (P.J.W. Müller, 1806)
Limnius perrisi (Dufour, 1843)
Limnius volckmari (Panzer, 1793)
Oulimnius tuberculatus (P.J.W. Müller, 1806)
Pomatinus substriatus (P.W.J. Müller, 1806)
Prosimulium tomosvaryi (Enderlein, 1921)
Simulium (Nevermannia) costatum (Friedrichs, 1920)
Simulium (Simulium) argyreatum (Meigen, 1838)
Simulium (Simulium) argyreatum/variegatum
Simulium (Simulium) ornatum (Meigen, 1818)
Simulium (Simulium) trifasciatum (Curtis, 1839)
Calopteryx virgo (Linnaeus, 1758)
Onychogomphus forcipatus (Linnaeus, 1758)
Bithynella austriaca (Frauenfeld, 1857)
Lymnea stagnalis (Linné, 1758)
Atrichops crassipes (Meigen, 1820)
Osmylus fulvicephalus (Scopoli, 1763)
Sialis lutaria (Linnaeus 1758)
Eiseniella tetraedra (Savigny, 1826)

A Morgó-patakból általam kimutatott 118 taxon közül 50, más szerzők korábbi, e patakra vonatkozó munkáiban is szerepelt (Újhelyi, 1969; Csuták, 1973; Lien, 1984; Boncz, 1992; Kriska et al. 2005). A 68 új taxon közül 46 faj új volt a patak faunájára (2. táblázat).

2. Denzitásmintázat

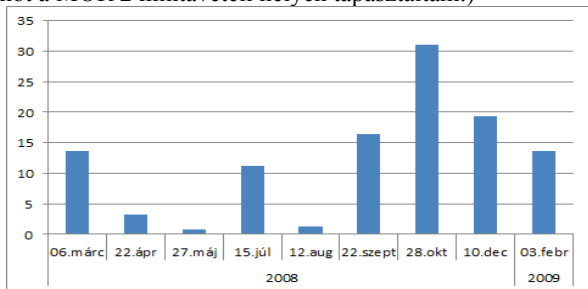
Az öt legnagyobb faj- és egyedszámú csoport: Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera, Simuliidae, Coleoptera.

A tegzesek (Trichoptera) átlagos egyedszáma tavasztól nyár elejéig csökken (11,8-4,6), augusztusban újra nagyobb volt (7,7), majd télen érte el a maximumát (17-18,9) (**1. ábra**). Ezt a hazai fajok repülési idejével illetve életmentével magyarázhatjuk. A legnagyobb egyedszámmal előforduló tegzes fajok a *Chaetopreys fusca* Brauer, 1857; *Ecclisopteryx madida* (McLachlan, 1867); *Lepidostoma hirtum* (Fabricius, 1775); *Polycentropus flavomaculatus* (Pictet, 1834); *Synagapetus mosely* Ulmer, 1938 voltak. A *Synagapetus mosely* a forrás közeli, köves aljzatú mintavételi helyeken tömegesen fordult elő.



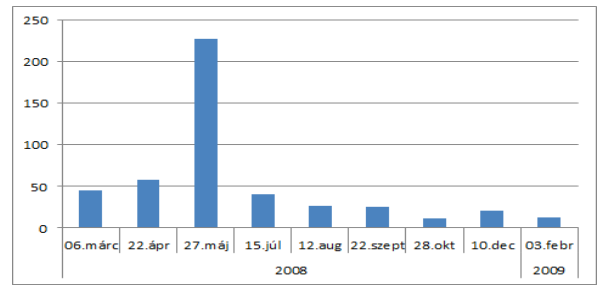
1. ábra. Trichoptera fajok denzitás mintázata mintavételi időpontok szerint

Az álkérész (Plecoptera) rend fajainak átlagos denzitása márciustól májusig csökkent (13,6-0,8), majd júliusban ismét nagyobb (11,2) volt az egyedszám. Augusztusban feltűnően kis érték (1,2). Októberben érte el a maximumot (31) majd a téli hónapok alatt ismét csökkent a denzitás értéke (19,4-13,6) (2. ábra). Ezt a hazai fajok repülési idejével illetve életmentével magyarázható. Minden mintavételi helyen a legnagyobb egyedszámmal előforduló fajok: *Capnia bifrons* (Newman, 1839); *Leuctra hippopus* Kempny, 1899; *Nemoura cinerea* (Retzius, 1783). A *Brachyptera* fajok csak a Szokolya feletti, három mintavételi helyről (MOR 1-3) kerültek elő. Szórványosan fordultak elő a *Protonemoura intricata* és *P. praecox* fajok, amelyek csak a MOR 1 és MOR 2 helyekről kerültek elő, kis relatív gyakorisággal. Összességében mind egyedszám, mind taxonszám tekintetében a felső három mintavételi helyen jóval nagyobb értékeket kaptam, mint lent. (A legnagyobb egyedszámot és a fajszámot a MOR 2 mintavételi helyen tapasztaltam.)



2. ábra. Plecoptera fajok denzitás mintázata mintavételi időpontok szerint

A kérész (Ephemeroptera) fajok átlagos egyedszáma márciusban 44,6 volt. Az érték májusban érte el a maximumát (227,8). A nyári (40,6; 26) és őszi (25,2; 11,4) hónapok alatt folyamatos volt a csökkenés, majd télen kis mértékű egyedszám emelkedés volt megfigyelhető (3. ábra). Mint az előző két rend esetében, itt is a hazai fajok életciklusával magyarázható. A legnagyobb egyedszámmal előforduló fajok: *Baetis rhodani* (Pictet, 1843); *Caenis robusta* Eaton, 1884; *Ephemerella danica* Müller, 1764; *Ephemerella ignita* (Poda, 1761). A *Baetis rhodani* mind az öt mintavételi helyen, az *Ephemerella ignita* a MOR 1 kivételével mindenhol tömeges volt. Az *Epeorus assimilis* (Heptagenidae) és a *Procladius bifidus* (Baetidae) csupán a forrás közeli (MOR 1, MOR 2) helyekről kerültek elő. A legtöbb egyedet a MOR 4-en gyűjtöttem. Az Ephemeroptera-kat tekintve a MOR 2 volt a legfajgazdagabb mintavételi hely

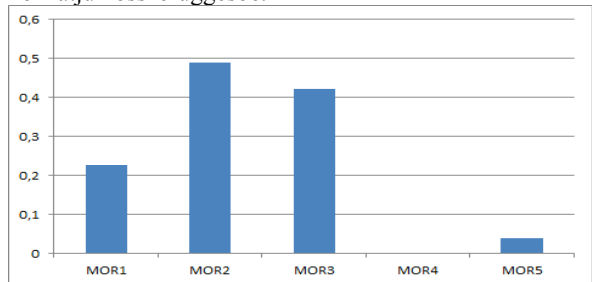


3. ábra. Ephemeroptera fajok denzitás mintázata mintavételi időpontok szerint.

3. Diverzitásmintázat

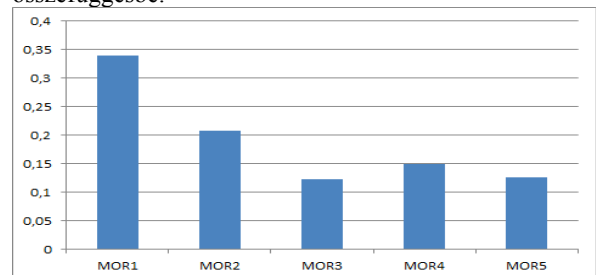
A legnagyobb faj- és egyedszámmal előforduló 2 rend (Plecoptera, Ephemeroptera) diverzitásmintázatát a széleskörűen használt, ezért más munkákkal való összevetésre alkalmas a Shannon-Weaver (továbbiakban: S-W) diverzitási index-szel jellemeztem (Magurran, 1988).

A *Plecoptera* (álkérész) rend tagjai a MOR 2 mintavételi helyen fordultak elő a legnagyobb diverzitással (0,49). A MOR 4 és MOR 5 mintavételi helyeken a S-W diverzitás jóval kisebb, mint a felsőbb (MOR 1-MOR 3) szakaszokon (0,00 és 0,04) (4. ábra). A MOR 5 mintavételi hely esetén a különbség szignifikáns ($t(1) = -2,11$; $p < 0,05$). A rend taxonszámai az egyes mintavételi helyeken nagy mértékben különböztek. A legmagasabb értéket a MOR 2 mintavételi helyen (2,28) kaptuk. A MOR 4 (0,22) és a MOR 5 (0,28) helyek taxonszám értékei alacsonyabbak (MOR 4: $t(1) = -3,026$, $p < 0,01$; MOR 5: $t(1) = -2,932$, $p < 0,01$) (4. ábra). A torkolat közeli mintavételi helyek alacsonyabb diverzitását és fajszámát a folyásirányba növekvő növényi tápanyagterheléssel hozhatjuk összefüggésbe.



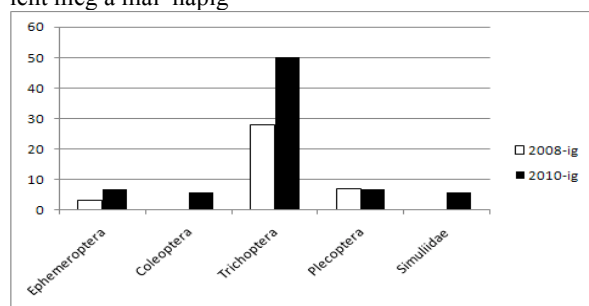
4. ábra. Plecoptera fajok diverzitás mintázata mintavételi helyek szerint

Az *Ephemeroptera* (kérész) rend esetén a S-W diverzitás értékek csökkenő tendenciájúak a folyás irányában, bár a MOR 4 helyen (0,15) valamivel nagyobb ez az érték, mint a MOR 3 helyen (0,12) (5. ábra). Az rend taxonszámai a MOR 1 helytől (3,39) a MOR 5 felé (1,56) csökkennek (5. ábra). A kapott fajszám a MOR 5 mintavételi helyen a legkisebb ($t(1) = -3,112$, $p < 0,01$). A torkolat közeli mintavételi helyek alacsonyabb fajszámát és diverzitását jelen esetben is a folyásirányba növekvő tápanyag-terheléssel elhozhatjuk összefüggésbe.



5. ábra. Ephemeroptera fajok diverzitás mintázata mintavételi helyek szerint

Az öt legnagyobb egyedszámmal jelen lévő csoport közül négyenél (az álkérészek kivételével) fajszám növekedés volt megfigyelhető (6. ábra). Ennek valószínűleg az az oka, hogy a Morgó-patak makrogerinctelen faunájáról eddig elég szegényes volt az ismeretünk, kevés átfogó tanulmány jelent meg a mai napig



6. ábra. A legnagyobb egyed- és fajszámú taxonok fajszám-növekedése.

Köszönetnyilvánítás

Munkámat az MTA Magyar Dunakutató Állomás tette lehetővé. Az állomás több munkatársának, elsősorban Dr. Dinka Máriának és Dr. Schöll Károlynak köszönöm mindenkorai segítségét. A különböző gerinctelen csoportokhoz tartozó anyag határozásában nyújtott segítségükért dr. Csabai Zoltán, dr. Deák Csaba, Hordós Nóra, dr. Kálmán Zoltán, dr. Móra Arnold, dr. Murányi Dávid, Papp Júlia, Szivák Ildikó specialistákat illeti nagy köszönetem.

Irodalom

- BARBOUR M. T., J. GERRITSEN, B. D. SNYDER & J. B. STRIBLING, (1999). Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish 2nd edn. EPA 841-B-99-002, U.S-Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- BONCZ A. (1992): Két magyarországi patak faunisztikai és vízminőségi összehasonlítása (Visegrádi-hegység: Bükkös-patak, Börzsöny-hegység: Szén-patak). - szakdolgozat (ELTE-TTK, Bp.) 1-87.
- CSUTÁK J.-né (1973): A Morgó-patak (Börzsöny-hegység) hidrológiai viszonyairól -szakdolgozat (ELTE-TTK, Bp.) 1-39.
- EVANS, L. J. & R. H. NORRIS, (1997): Prediction of benthic macroinvertebrate composition using microhabitat characteristics derived from stereophotography. *Freshwater Biology* 37:621-633.
- CHESTER, R. K., (1980). Biological Monitoring Working Party. The 1978 national testing exercise: Technical Memorandum 19.
- HAMMER R., HARPER D.A.T., RYAN P.D. (2001) PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologica Electronica*, 4/1:1-9.

Diversity of habitats and assemblages of macroinvertebrates of Brook Morgó (Börzsöny mts.)

N. Tarjányi

Abstract: The investigation of low streams' are more and more urgent. On the one hand, because there is hardly any untouched streams and on the other hand, it is indispensable to know the results of the increasing human interventions. For this, we need to register the long term changes from the aspect of the environmental endowments, water chemistry and of the fauna. Our research was made along the 11 km long brook Morgó in Börzsöny mountain. My aim was to investigate the hydroecological and hydrozoological conditions of Brook Morgó. The investigation began in March 2008; and has been carried out for a year now, with monthly regularity, embracing water chemical and zoological terms. The aim is to explore the different kinds of habitats, to adopt distinct ways of sampling and to compare all the results both in time and space. I have found 118 new taxons and there have been 68 new ones revealed to the brook's fauna. One of these was new to the hungarian fauna (*Atrichops crassipes* (Meigen, 1820)), and one was new to the fauna of Börzsöny (*Oulimnius tuberculatus* (P. J. W. Müller, 1806)) as well. There are typical differences between the patterns of certain taxons' diversity and density. Nevertheless, these patterns are influenced by human factors as well.

Keywords: Brook Morgó, low stream, macroinvertebrate, spatio-temporal pattern.

- HELLAWELL, J. M., (1986). *Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management*. Elsevier, London: 546 pp.
- JUHÁSZ J. (2011):Kisvízfolyások vízhozam adatai. – *Hidrológia Közönlöny*, 91/1:51-61.
- KRISKA GY., GYÖRGY K.; BARDÓCZYNÉ SZ.E: (2005): Pontszerű gázolajszennyezés hatására bekövetkezett változások a makrogerinctelen élőlényegyüttes szerkezetében (Morgó-patak, Börzsöny-hegység, Kismaros). - *Hidrológiai Közönlöny*, 85/6:84-85.
- LIEN, P.N. (1984): Környezet és mezofauna - Rithron tanulmány. – *Kandidátusi értekezés* (MTA, Bp.), 1-114.
- MAGURRAN A.E. (1988): *Ecological Diversity and its measurement*. – Princeton University Press, Princeton, NJ, 1-192.
- METCALFE-SMITH, J. L., (1996). Biological water-quality assessment of rivers: use of macroinvertebrate communities. In Petts, G. & P. Calow (eds), *River Restoration*. Blackwell Science, Oxford, UK, 17
- RICHARDS, C., R. J. HARO, L. C. JOHNSON & G. E. HOST, (1997). Catchment and reach-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits. *Freshwater Biology* 37: 219-230.
- ROSENBERG, D. M. & V. H. RESH, (1993). *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates*. Chapman&Hall, NewYork:488 pp
- SMITH, M. J., W. R. KY, H. D EDWARD, P. J. PAPAS, K. ST J. RICHARDSON, J. C. SIMPSON, A. M. PINDER, D. J. DALE, P. H. J. HORWITZ, J. A. DAVIS, F. H. YUNG, R. H. NORRIS & S. A. HALSE, (1999). Aus-RivAS: using macroinvertebrates to assess ecological condition of rivers in Western Australia. *Freshwater Biology* 41: 269-282.
- SOUTHWOOD, T. R. E., (1977). Habitat, the templet for ecological strategies. *Journal of Animal Ecology* 46: 337-365.
- SOUTHWOOD T.R.E. (1987): The concept and nature of the community, pp. 3-27. In: Gee J.H.R., Giller P.S. (eds), *Organization of Communities. Past and Present*, Blackwell Sci. Publ., Oxford.
- STATZNER, B.; GORE J. A.; RESH V. H. (1988): Hydraulic stream ecology: observed patterns and potential implications. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 307-360.
- ÚJHELYI S. (1969): Data to the knowledge of the distribution of stone flies (Plecoptera) in Hungary. – *Opuscula Zoologica*, 9/1:171-182.
- TOWNSEND, C. R., (1989). The patch dynamics concept of stream community ecology. *Journal of the North American Benthological Society* 8: 36-50.
- WARD, J. V., (1992). *Biology and Habitat*. In *Aquatic Insect Ecology* 1. John Wiley & Sons Publishers, New York.
- WOODIWISS, F. S., (1964). The biological system of stream classification used by Trent River Board. *Chemistry and Industry* 83: 443-447
- WRIGHT, J. F., P. D. ARMITAGE, M. T. FURSE & D. MOSS, (1984). The classification of sites on British rivers using macroinvertebrates. *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* 22: 1939-1943.