

Acta Biol. Debr. Oecol. Hung 20: 165–179, 2009

**A BENTIKUS SZERVESANYAG ÉS A MAKROGERINCTELEN TÁRSULÁSOK
TÉR- ÉS IDŐBELI VÁLTOZÁSA A DUNA KISMAROS (1688 FKM) ÉS GÖD (1668
FKM) KÖZÖTTI SZAKASZÁN**

**NOSEK JÁNOS – OERTEL NÁNDOR – BÓDIS ERIKA – TÓTH
BENCE**

MTA ÖBKI Magyar Dunakutató Állomás, 2131 Göd, Jávorka S. u. 14.

**SPATIAL AND TEMPORAL CHANGES OF BENTHIC ORGANIC MATTER
AND MACROINVERTEBRATE COMMUNITIES IN THE KISMAROS (1688
RKM) – GÖD (1668 RKM) SECTION OF THE RIVER DANUBE**

J. NOSEK* – N. OERTEL – E. BÓDIS – B. TÓTH

HAS Hungarian Danube Research Station, Jávorka S. u. 14., H-2131 Göd,
Hungary, *Corresponding author, e-mail: nosek@botanika.hu

KIVONAT: A folyóvizekben a detrituszon alapuló táplálékhálózatok legfőbb energiaforrását a szervesanyag jelenti. Vizsgálataink során a Dunakanyar 20 km-es szakaszán, a váci főágban Kismarosnál (1688 fkm) és Gödnél (1668 fkm) a parti zónában depozíciós és eróziós szakaszokon kívántuk meghatározni a mederüledék szervesanyag tartalmát; a táplálékláncban döntő szerepet játszó makroszkopikus gerinctelen társulásokat (taxon- és egyedszám, funkcionális táplálkozási csoportba tartozást), valamint ezek tér- és időbeli változását. A depozíciós szakaszokra az ultra finom és nagyon finom üledékfrakciók dominanciája jellemző. Az eróziós szakaszon szignifikánsan megnő a durva frakció aránya. A mederüledék összes szervesanyag tartalma folyásirányban csökken, az értékek a kevésbé szennyezett angliai, hollandiai és tajvani síkvidéki folyókra ismert tartományba estek. A makrogerinctelen faunában összesen 30 faj és három magasabb rendű taxon képviselői fordultak elő. A mintavételi helyek között sem a csoport-, sem a fajszámokban nem volt szignifikáns különbség. A fajösszetétel alapján az eróziós partszakasz elválik az egymástól térben távoli, de fajösszetételében hasonló depozíciós partszakaszoktól. A funkcionális táplálkozási csoportok százalékos megoszlása hasonló elkülönülést mutat.

Kulcsszavak: bentikus szervesanyag, makrogerinctelen társulás, funkcionális táplálkozási csoportok, Duna, depozíciós és eróziós partszakasz

ABSTRACT: Spatial and temporal changes in benthic organic matter, composition and abundance of benthic macroinvertebrate communities and functional feeding groups were investigated on depositive and erosive riparian zones of River Danube between river kilometres 1688 and 1668 in 2005. Depositive zones were characterised by the dominance of ultra fine and very

fine sediment, while on erosive zone there was a significant amount of coarse bed material, too. The average organic matter content was 6,3 %. Regarding the macroinvertebrate fauna in a total representants of 30 species and three higher taxonomic groups were found. There were no significant differences between the depositive and erosive zones neither on the basis of the number of taxonomic groups nor on the basis of species number. Species composition of the two zones however was different, as well as the composition of functional feeding groups.

Key words: benthic organic matter, macroinvertebrate communities, functional feeding groups, Danube, depositive and erosive bank

Bevezetés

A folyóvizekben a detrituszon alapuló táplálékhálózatok legfőbb energiaforrását a szervesanyag jelenti (CUMMINS, 1974). Először a kisebb vízfolyások esetén igazolták, hogy a folyóvízi nyílt rendszer jelentős mértékben függ az allochton szervesanyagtól (MINSHALL 1966, KORMONDY 1996, WETZEL 1995). Bár a magasabb rendű folyóvizek esetében – elsősorban a középső és alsó szakaszokon – megjelenik az autochton (primer) produkció, a detritusz alapú táplálékhálózatok szerepe jelentősen növekszik, sokszor dominánssá válik (HYNES 1970, BAYLY és WILLIAMS 1973). Az európai nagy folyók változatos mikrohabitat diverzitással jellemezhető parti régiójában a makroszkopikus gerinctelen társulások denzitása többszöröse a mélységi régióban becsültnek, ami jelzi, hogy a parti régióknak a folyószakasz produkciójában döntő szerepe van (COGERINO et al. 1995, REMPEL et al. 2000).

A bentikus szervesanyag és a makroszkopikus gerinctelen társulások anyagforgalmi kapcsolatát is elsősorban a kisebb (1-6 rendű) vízfolyásokon vizsgálták. A nagyobb folyók, folyamok átfogó vizsgálata egy részről a módszertani nehézségek miatt, másrészt a folyamatok értelmezhetőségének korlátai – mint például az általános folyóvízi koncepció hiánya, skálafüggés – miatt még késik. Az adatok összehasonlítása és az eredmények interpretálása elsősorban közelítő jellegű, mert a legtöbb vizsgált vízfolyás eltérő rendű, eltérő klimatikus övben fekszik, eltérő az üledékfrakciók mérettartomány szerinti megkülönböztetése és a szervesanyag meghatározás módszere, valamint a makroszkopikus gerinctelen fajok eltérő funkcionális táplálkozási csoportba való besorolása, hogy csak a legfontosabbakat említsük (BARMUTA 1988, CORKUM 1992, MUNOZ és PRAT 1994, MARTINEZ et al. 1998, SHIEH et al. 1999, REMPEL et al. 2000, DOISY és RABENI 2001, PEETERS et al. 2004, EEDY és GIBERSON 2007).

A Duna, mint folyam, hazai szakaszán a bentikus anyagforgalom átfogó vizsgálata eddig még nem történt meg. Vizsgálataink során e hiány mérséklésére kívántuk első lépésben a detrituszalapú tápláléklánc egyes elemeit meghatározni (a mederüledék frakcióit és a frakciónkénti, ill. összes szervesanyag tartalmát; a táplálékláncban döntő szerepet játszó makroszkopikus gerinctelen társulásokat jellemző taxon- és egyedszámot, funkcionális táplálkozási csoportba tartozást), valamint lehetőség szerint jellemzőik térben és időben való változását és egymással való kapcsolatát értelmezni.

Anyag és módszer

Mintavételi helyek:

Az üledékvizsgálatokra a Dunakanyar 20 km-es szakaszán, a váci főágban Kismarosnál (1688 fkm) és Gödnél (1668 fkm) került sor a parti zónában. A szabályozott főág e szakaszon többé-kevésbé egyenes lefutású, változó mélységű, igen nagy különbségekkel. A keresztszelvény általában teknő alakú, egyes részekben mérsékelten aszimmetrikus. A meder anyaga kavicsra gömbölyített kőzetanyag, amelyhez mozaikos eloszlásban kőzetliszt, homok és iszap, valamint szerves üledék járul. A 185000 km² vízgyűjtővel rendelkező szakasz főága mérsékelten gyorsfolyású, vizére átlagosan 1-1,2 m sec⁻¹ sebesség, 7cm km⁻¹ esés és a 2300 m³sec⁻¹ vízhozam 2/3-a jellemző. A szakaszon belül kijelölt depozíciós és eróziós jellegű mintavételi helyek lokális jellemzőit az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat. A mintavételi helyek lokális környezeti jellemzői

	Kismaros	Göd	Göd
hely	Szentendrei-szigeten KIM1	Gödi-sziget alsó csúcsán, sodor felőli oldalon GOD1	Göd, kompátelés alatt GOD2
Folyamkilométer	1688	1669	1668
Koordináta (WGS-84)	47.49.05 N 19.01.61 E	47.40.94 N 19.07.56 E	47.40.64 N 19.01.51 E
Part	jobb part	bal part	bal part
Meder profil	aszimmetrikus	aszimmetrikus	(kissé) aszimmetrikus
Partszakasz jellege	feltöltődő	feltöltődő	erodeálódó
Aljzat összetétele	iszap, homok	finom homok, homok	homok, kavics, (kő)
Áramlási sebesség (m sec ⁻¹)	0,1	0,8	0,75

Mintavételi időpontok:

A mintavételekre 2005-ben 4 alkalommal került sor. A parti zónában történő mintavételek időpontjának kiválasztásánál a makroszkopikus gerinctelen társulások szezonális alakulása mellett a vízállás adta lehetőségeket kell mindenkor figyelembe venni. Korábbi tapasztalataink szerint ez a vizsgált szakaszon a budapesti vízmércén mért 200-250 cm közötti időszakban ideális (Oertel és Nosek 2000). Az átlagosan 264 cm-es (min: 84 cm, max: 629 cm) vízállású 2005. évben június 26.-án 231 cm, augusztus 15.-én 209 cm, szeptember 23.-án 221 cm és november 8.-án 104 cm-es vízállásnál vettünk mintákat. A júniusi mintavételt egy tavasztól folyamatosan csökkenő vízállású periódus, az augusztusit és szeptemberit egy-egy közbülső rövidebb árhullám, a novemberit egy másfél hónapos csökkenő vízállás előzte meg.

Mintavétel és feldolgozás:

A parti zóna kb. 50 m hosszú szakaszán, 20-30 cm-es vízmélységből vettünk mintákat a mederüledék szervesanyagának és a makroszkopikus gerinctelen társulásainak vizsgálatához. Minden esetben az üledék felszíni 5 cm-ét vizsgáltuk (MARIDET et al. 1996, BÓDIS 2007, OERTEL et al. 2007). A mederanyag üledékkémiai vizsgálatához egy 19 cm átmérőjű (283,4 cm² felületű) core-mintavevőt használtunk, amelyet fűrészszerű fogazata alkalmassá teszi a kemény aljzatokon is mintavételre. Az üledékbe süllyesztett mintavevőből a víz kiszivattyúzása azután emeltünk ki a felső 5 cm-es réteget. Minden alkalommal 3 párhuzamos mintát vettünk. A mélyfagyasztva tárolt mintákat laboratóriumban nedvesen 4 frakcióra szitáltunk: durva (C: 2360-710 µm), finom (F: 710-250 µm), nagyon finom (V: 250-63 µm) és ultra finom (U: 63-0,45 µm). Az üledék szervesanyag tartalmát (BOM) a négy frakcióban külön-külön határoztuk meg az izzítási veszteség (550 °C, 4 óra) módszerével (HEIRI et al. 2001). A felső 5 cm-es üledékrétegre vonatkozó eredményeket a hammentes száraz tömeg felületre számított egységében (AFDW g m⁻²) mind a négy frakcióra és a teljes üledékre (CBOM, FBOM, VBOM, UBOM és TBOM) is kiszámítottuk, ill. kiszámoltuk az üledékre jellemző átlagos százalékos szervesanyag tartalmat is. Az egyes mintavételi helyeken egy külön mintából 20 szűrőből álló szitasorozat segítségével (Keck® Sieve Shaker Kitt) meghatároztuk a mederanyagot jellemző szemösszetételi görbét.

A makrogerinctelenek mintavételéhez 25×25 cm élhosszúságú (625 cm² felületű) Surber-mintavevőt használtunk. Az alkalmanként vett 5 párhuzamos mintát egyesítettük a további feldolgozás előtt és 4 % formaldehiddel rögzítettük a terepen. A nagyobb rendszertani csoportokra történő szétválogatás után az állatokat 70 %-os alkoholban tároltuk a minőségi és mennyiségi meghatározásig. A mintákban előforduló taxonokat a kevéssertéjűek és árvaszúnyogok kivételével faji szintig határoztuk, a mennyiségi adatokat négyzetméterenkénti egyedszámban (ind m⁻²) adtuk meg. A funkcionális táplálkozási csoportok (FFG) kiszámításánál MOOG (2002) kategorizálását vettük alapul és a csoportok szerinti százalékos megoszlást a makrogerinctelen társulásokat reprezentáló mintákra a fajok egyedszámmal súlyozott értékei alapján számoltuk. Ez a módszerrel a tömegességi viszonyok mellett azt is figyelembe vehettük, hogy egyes fajok többféle táplálkozás típust képviselnek.

Az adatokat a grafikus értékelésen túl varianciaanalízissel, cluster- és főkomponens analízissel is értékeltük (PODANI 2001).

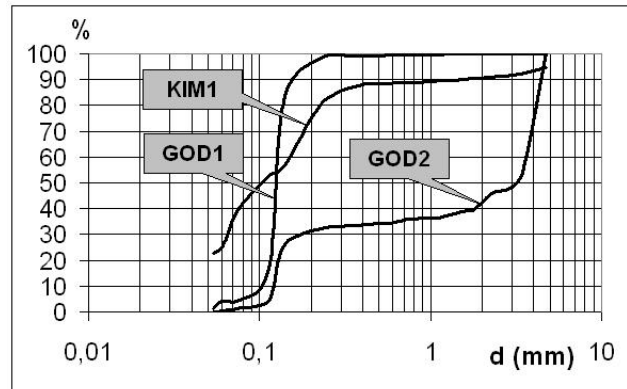
Eredmények

Mederanyag frakciók

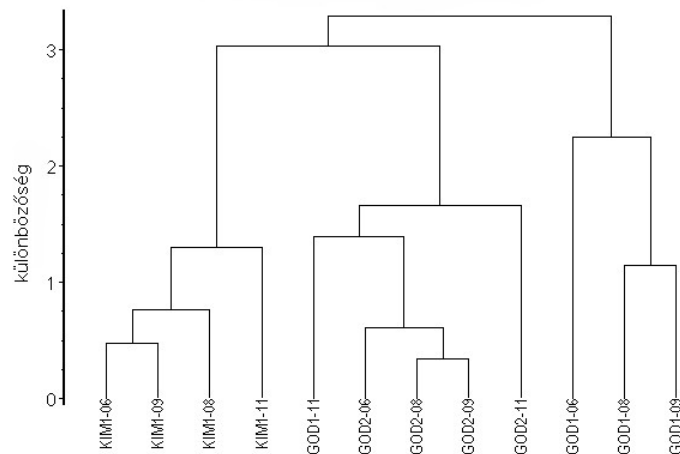
A depozíciós és eróziós mintavételi helyeket jellemzi mederanyaguk szemösszetételi görbéje (1. ábra). A görbéken az általunk vizsgált legnagyobb frakció szemméreténél (2360 µm) nagyobb méret szerepel a vizsgált partszakaszok jobb összehasonlítása érdekében.

Az éves átlagértékeket tekintve a depozíciós szakaszok közül Kismaroson (KIM1) frakciók 97 százalékát az ultra finom (U: 69%) és nagyon finom (V: 28%) adja, Gödön (GOD1) az U 12%-ra csökken és a nagyon finom és finom frakciók dominálnak (V: 41, F: 45 %). Mindkét depozíciós szakaszon a durva frakció (C) mindössze 1-2 %. Ez utóbbi – a szintén Gödön, de kb. 1 km-el lejjebb elhelyezkedő – eróziós szakaszon (GOD2) 13 %-ra nő, a három finom (F, V, U) frakció arányaikban hasonló eloszlással 3-5 %-al csökken (9. ábra).

Évszakos bontásban a minták három csoportot alkotnak (2. ábra). A kismarosi mintavételi hely teljesen elkülönül a két gödítől, ez utóbbiak is szétválnak a novemberi GOD1 mintától eltekintve, mely a GOD2 minták csoportjába kerül



1. ábra. A feltöltődő (KIM1, GOD1) és eróziós (GOD2) partszakaszok szemösszetételi görbéi (Az abszcisszán leolvasott szemcsenagyságnál kisebb szemcsék mennyisége az egész anyag súlyszázalékában kifejezve, ordinátán (d) szemátmérő mm-ben)



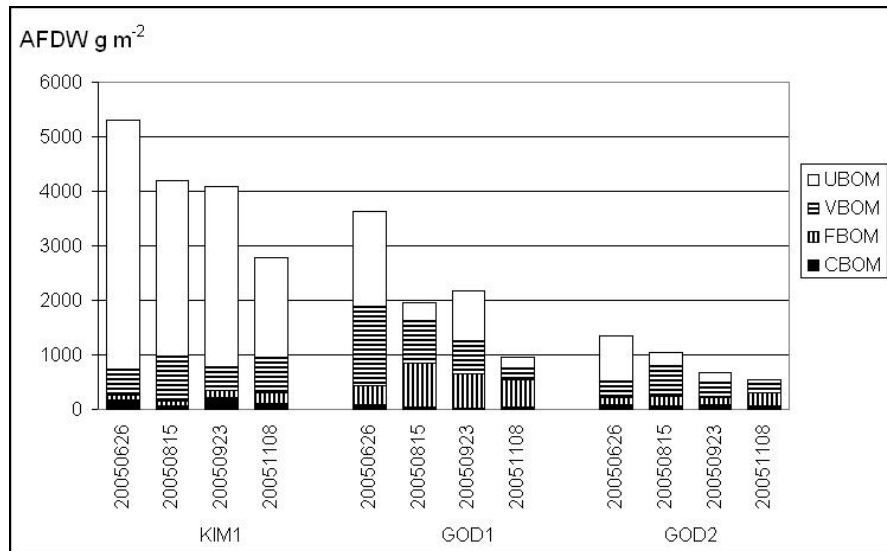
2. ábra. A frakciók megoszlása alapján végzett cluster-analízis dendrogramja (csoportátlag, Euklideszi távolság)

Mederanyag szervesanyag tartalma

A mederanyag összes, AFDW g m⁻²-ra számított szervesanyaga (TBOM) éves átlagban szignifikánsan csökken folyásirányban (KIM1: 4090, GOD1: 2178, GOD2: 898). Hasonló csökkenési trendet mutat a domináns ultra finom frakció szerves anyaga (KIM1: 3219, GOD1: 792, GOD2: 317).

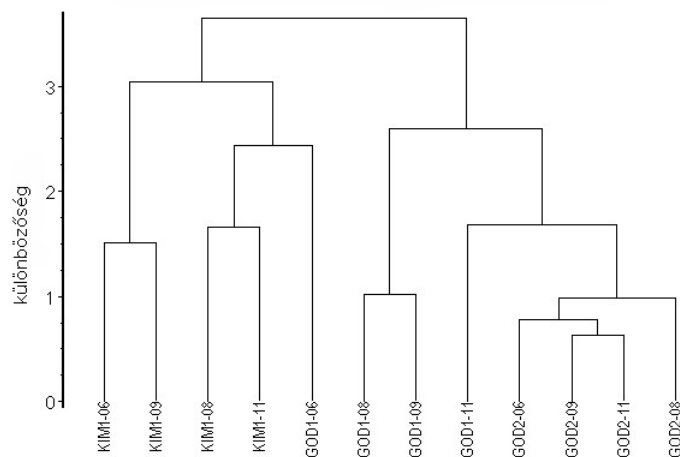
Időben – nyár elejétől késő őszig – minden helyen csökkenő tendenciát mutat a TBOM, VBOM és UBOM (3. ábra).

Az egyes frakciók szervesanyag tartalmának százalékos megoszlása térben hasonló, mint a frakcióké (9. ábra).



3. ábra. A négy frakció alkotta összes bentikus szervesanyag (AFDW gm^{-2} egységben kifejezett) időbeli változása KIM1, GOD1 és GOD2 mintavételi helyeken

Évszakos bontásban a minták két jól elváló csoportot alkotnak (4. ábra). A gödi minták közül az eróziós partszakasz mintái önálló alcsoportot képeznek, a depozíciós szakasz mintái zömében ide kapcsolódnak, kivéve a kora nyári mintát, mely a kismarosi minták csoportjában található.



4. ábra. A frakciók szervesanyag tartalma (AFDW gm^{-2}) alapján végzett cluster-analízis dendrogramja (csoportátlag, Euklideszi távolság).

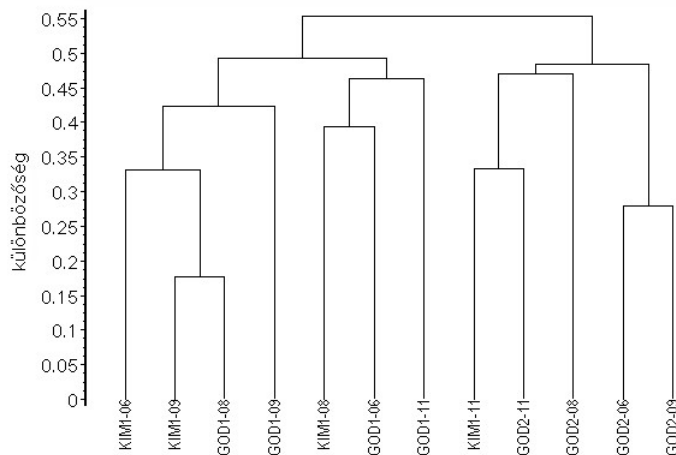
A mederüledék felső 5 cm-ének százalékos szerves anyag tartalmának éves átlaga a kismarosi depozíciós szakaszon szignifikánsan ($p < 5\%$) nagyobb (11,7), mint a két gödi mintavételi helyen (GOD1: 3,9, ill. GOD2: 3,2). A gödi eróziós és depozíciós szakasz között nincs szignifikáns különbség.

Időben minden helyen csökken a felső 5 cm-es réteg százalékos szervesanyag tartalma.

Rendszertani csoportok és fajok száma

A 2005-ben 4 alkalommal gyűjtött mintákban 10 magasabb rendszertani csoport került elő, zárójelben a faji szintig határozott taxonok: Gastropoda (8), Lamellibranchiata (15), Polychaeta (1), Oligochaeta, Isopoda (1), Amphipoda (3), Trichoptera (1), Diptera (lárva és báb), Chironomidae (lárva), Nematomorpha (1). KIM1, GOD1 és GOD2 sorrendben az éves kumulatív csoportszám: 9, 8 és 8; az átlagos csoportszám 6,25, 5,25 és 5,75. Az éves kumulatív fajszám 24, 25 és 24, az átlagos fajszám 10,5, 11,0 és 11,0. Sem a csoport-, sem a fajszámokban nincs szignifikáns különbség a mintavételi helyek között.

Az évszakos fajlisták alapján végzett cluster-analízis dendrogramján (5. ábra) két különálló csoport jelenik meg, a nagyobbik – egy minta kivételével – egymással keveredve tartalmazza a két szedimentálódó partszakasz mintáit. A másik, kisebb csoportban van a gödi eróziós partszakasz összes mintája, és a kismarosi késő őszi minta. A kumulatív éves fajlisták alapján kapott kép hasonló, az eróziós partszakasz elválik az egymástól térben távoli, de fajösszetételében hasonló depozíciós partszakaszoktól.



5. ábra. Az évszakos fajlisták alapján végzett cluster-analízis dendrogramja (csoportátlag, Sørensen hasonlóság)

Egyedszám

A négyzetméterre vonatkoztatott egyedszámokat a 2. táblázat tartalmazza. A mintánkénti összegyedszám 2835 és 122 ind m⁻² között változik. Folyásirányban az éves átlag csökkenő tendenciát mutat (KIM1: 1132, GOD1: 918 és GOD2: 893), de a helyek közti különbség nem szignifikáns.

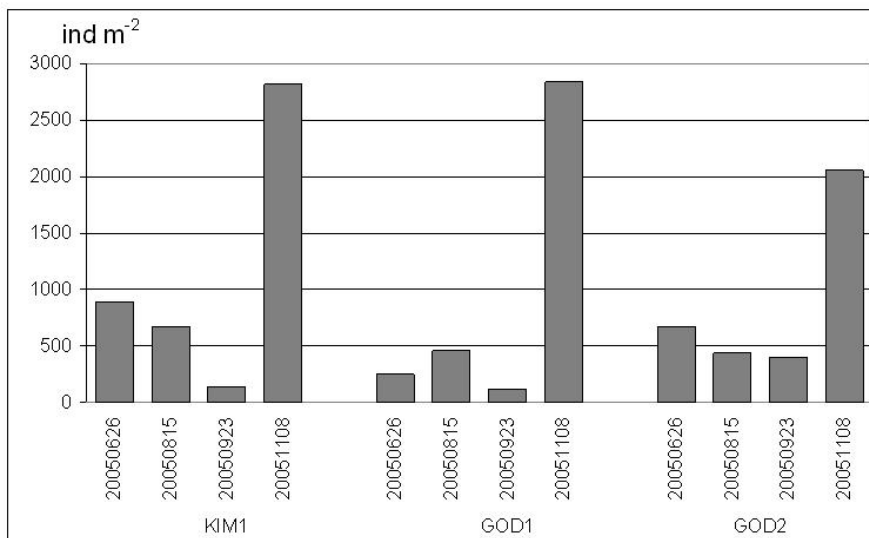
Az összegyedszám alakításában a következő 5 rendszertani csoport játszik szerepet, a felemáslábú rákok (Amphipoda), a kagylók (Lamellibranchiata), az árvaszúnyogok (Chironomidae), a kevésértéjű gyűrűsférgek (Oligochaeta) és a csigák (Gastropoda). Az egyes csoportok százalékos megoszlásából látszik, hogy a szedimentálódó szakaszokon (KIM1, GOD1) a kagylók (41-39 %) és az árvaszúnyogok (24-34 %) dominálnak, a csigák pedig 9-10 %-ban vannak jelen (9. ábra). Ezekhez jönnek KIM1 helyen 16 %-ban a felemáslábú rákok, GOD1 helyen pedig 11 %-ban a kevésértéjű férgek.

2. táblázat. A KIM1, GOD1 és GOD2 mintavételi helyen, 2005 négy mintavételi időpontjában talált rendszertani csoportok, fajok és négyzetméterre vonatkoztatott egyedszámuk.

rendszertani csoport	ind/m ² fa]	Kismaros (KIM1)				Göd (GOD1)				Göd (GOD2)			
		20050626	20050815	20050923	20051108	20050626	20050815	20050923	20051108	20050626	20050815	20050923	20051108
GASTROPODA	<i>Fagolia acicularis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,6	0,0	9,6	0,0
	<i>Fagolia esperi</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	9,6	0,0
	<i>Lithoglyphus naticoides</i>	19,2	19,2	41,6	22,4	16,0	19,2	28,8	60,8	12,8	0,0	3,2	0,0
	<i>Physa acuta</i>	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Potamopyrgus jenkinsi</i>	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	3,2	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Theodoxus danubialis</i>	0,0	3,2	0,0	48,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,2	6,4	0,0	3,2
	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	3,2	22,4	16,0	144,0
LAMELLIBRANCHIATA	<i>Valvata naticina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Anodonta cf. anatina</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Corbicula fluminea</i>	22,4	25,6	48,0	736,0	67,2	9,6	51,2	278,4	112,0	12,8	108,8	38,4
	<i>Dreissena polymorpha</i>	0,0	3,2	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	3,2
	<i>Musculium lacustre</i>	0,0	3,2	0,0	0,0	3,2	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Pisidium amnicum</i>	6,4	0,0	6,4	0,0	22,4	9,6	6,4	19,2	0,0	0,0	3,2	0,0
	<i>Pisidium casertanum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Pisidium casertanum var. ponderosum</i>	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	12,8
	<i>Pisidium henslowianum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	35,2	3,2	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Pisidium moitessierianum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Pisidium nitidum</i>	0,0	25,6	0,0	6,4	0,0	3,2	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	3,2
	<i>Pisidium subtruncatum</i>	0,0	12,8	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	6,4	6,4
	<i>Pisidium supinum</i>	6,4	371,2	22,4	108,8	12,8	44,8	6,4	259,2	25,6	25,6	112,0	457,6
	<i>Sinanodonta woodiana</i>	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Sphaerium rivicola</i>	0,0	41,6	0,0	35,2	3,2	0,0	0,0	41,6	0,0	0,0	0,0	0,0
	<i>Unio tumidus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	6,4	0,0	0,0	0,0	6,4
	<i>Hypania invalida</i>	25,6	48,0	9,6	0,0	9,6	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
POLYCHAETA	<i>Oligochaeta spp.</i>	0,0	0,0	0,0	291,2	0,0	0,0	0,0	1209,6	0,0	3,2	0,0	0,0
OLIGOCHAETA	<i>Jaera istri</i>	3,2	28,8	0,0	144,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	12,8	0,0	48,0
ISOPODA	<i>Chelichorophium curvispinum</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	12,8
AMPHIPODA	<i>Dikerogammarus villosus</i>	16,0	3,2	0,0	25,6	3,2	0,0	0,0	0,0	48,0	230,4	22,4	16,0
	<i>Dikerogammarus haemobaphes</i>	0,0	25,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,8	0,0	0,0	0,0
TRICHOPTERA	<i>Gammarus spp. juv.</i>	0,0	38,4	3,2	1382,4	0,0	3,2	0,0	176,0	304,0	0,0	102,4	1264,0
	<i>Brachycentrus subnubilus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,4
DIPTERA (egyéb)	<i>Trichoptera sp.</i>	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0
	lárva	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0	0,0	6,4	0,0	0,0
CHIRONOMIDAE	báb	0,0	3,2	0,0	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0
	<i>Chironomidae spp.</i>	793,6	9,6	9,6	0,0	48,0	364,8	16,0	726,4	44,8	108,8	3,2	0,0
NEMATOMORPHA	<i>Gordius aquaticus</i>	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Az eróziós (GOD2) szakaszon 63 %-ban a felemáslábú rákok vannak, őket a kagylók követik 28 %-al, és 8-8 %-al a csigák és árvaszúnyogok. Az ábra jól mutatja a tömegességi viszonyoknak az egyes rendszertani kategóriák szerinti eltérő megoszlását a mintavételi helyek között.

Időben az összegyedszámok minden mintavételi helyen kora nyártól kora őszig folyamatosan csökkennek, késő őszre azonban ugrásszerűen megnőnek (6. ábra). A fajok évszakos abundancia értékei alapján sem időbeli, sem térbeli csoportosulást nem lehet megállapítani.

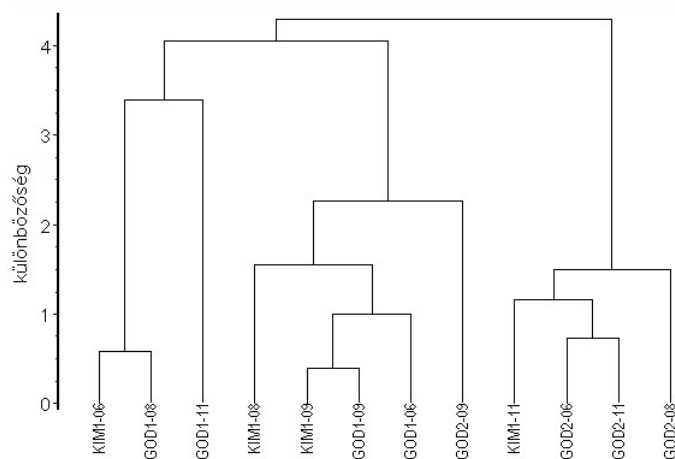


6. ábra. Az összegyedszámok időbeli változása az egyes mintavételi helyeken

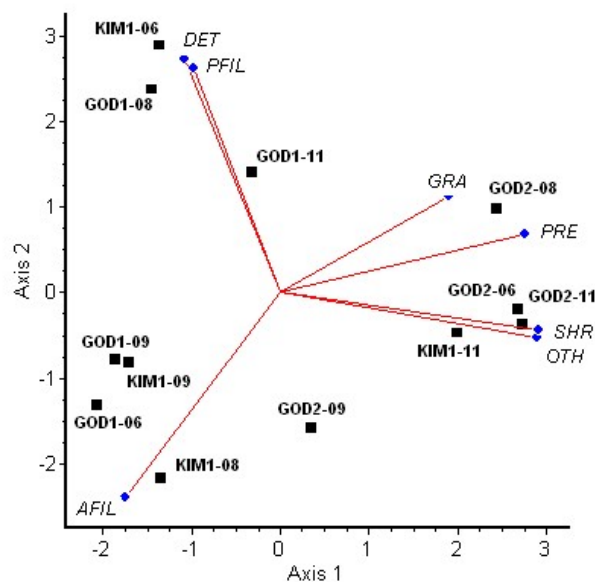
Funkcionális táplálkozási csoportok

A talált fajokat a következő 7 funkcionális táplálkozási csoportba lehetett sorolni: aprítók (SHR), legelészők (GRA), aktív filtrálók (AFIL), passzív filtrálók (PFIL), detrituszevők (DET), ragadozók (PRE) és egyéb táplálkozásúak (OTH). A funkcionális táplálkozási csoportok éves megoszlását az egyes mintavételi helyeken a 9. ábra mutatja. Ránézésre is látszik a hasonlóság a két szedimentálódó szakasz között (KIM1, GOD1) és az eltérés az eróziós szakasztól (GOD2). KIM1 és GOD1 helyen az aktív filtrálók dominálnak (48-46 %), őket követik a detrituszevők (26-34 %) és a aprítók (10-11 %). A GOD2 eróziós szakaszon ugyan domináns az aktív filtráló csoport (30%), de a többi csoport is közel hasonló – 10-17% közötti – arányban képviselve van.

A funkcionális táplálkozási csoportok évszakos spektrumai alapján végzett cluster-analízis dendrogramja (7. ábra) igen hasonló az évszakos fajlisták alapján kapott képhez. A szedimentálódó partszakaszok mintáit a detrituszevő és a passzív szűrő, ill. aktív szűrő táplálkozású szervezetek arányában lévő különbségek osztják további két csoportra (8. ábra).



7. ábra. A funkcionális táplálkozási csoportok évszakos spektrumai alapján végzett cluster-analízis dendrogramja (csoportátlag, Euklideszi távolság)



8. ábra. A mintavételi helyek és időpontok ordinációja a funkcionális táplálkozási csoportok évszakos spektrumai alapján

Következtetések

A Duna mederanyagának szervesanyagtartalmára és makroszkopikus gerinctelen társulásaira vonatkozó eredményeink a folyó Magyarországi szakaszára mindenképpen újak. Adatainkat – a bevezetőben már említett eltérő vizsgálati körülmények miatt – nem könnyű összehasonlítani az irodalmi adatokkal. Két –

módszertani, ill. értékelési – szempontot részletesebben is ki kell emelnünk, melyek alapvetően megnehezítik az eredmények összehasonlíthatóságát.

Az egyik szempont, hogy az üledékfrakciók és szervesanyag tartalmuk mérettartomány szerinti elválasztása nagyon különböző, gyakran csak a durva (> 1 mm), ill. finom (< 1 mm) frakció szétválasztása történik meg (REECE és RICHARDSON 2000, REMPEL et al. 2000). Más vizsgálatokban részletesebben több, de eltérő mérettartományú és eltérően definiált frakcióra bontva vizsgálták a bentikus szervesanyagot (MARTINEZ et al. 1998, EEDY és GIBERSON 2007). Mi a mederanyag szervesanyag tartalmának frakciónkénti meghatározásához alkalmazott eljárásban négy frakciót vizsgáltunk, figyelembe véve, hogy a minél részletesebb és szakmailag megalapozott mérettartományok szerinti frakciókra bontás jobban közelít a bentikus társulásokban megjelenő funkcionális táplálkozási típusok táplálék-felvételi spektrumához, ahogy arra más szerzők is felhívják a figyelmet (DRAKE 1984, BARMUTA 1988).

Kisebbséget okozhat még az összehasonlításban, hogy a „standard” szitasorozatok között is van eltérés az egyes szemölcsös tartományokban. A szitasorozatok használatakor figyelembe veendő gerinctelen állatok méretbeli beosztása, elkülönítése, ill. gyűjtésénél használatos hálók szemölcsösége is.

A másik szempont, hogy a makroszkopikus gerinctelen fajok funkcionális táplálkozási csoportba való besorolása jelentősen eltérő. Sok esetben csak két-három csoportra koncentrálnak a kutatók azok alacsonyabb rendű vízfolyások, forrásvidéki patakok táplálékhálózatában játszott domináns szerepe miatt, de az egyes csoportok besorolása, elnevezése is igen változatos, sokszor egyéni, a vizsgálati objektumtól függően (MARTINEZ et al. 1998, MUNOZ és PRAT 1994, PALMER et al. 1996, REMPEL et al. 2000). Figyelembe véve a Duna-medence zoogeográfiai adottságait, fajkészletét mi a kellően részletes MOOG (2002) féle beosztást vettük alapul a makroszkopikus gerinctelenek funkcionális táplálkozás csoportba sorolásánál.

A mederüledék frakcióinak, azok területegységre eső tömegben kifejezett szervesanyagtartalmának összehasonlítása a fent említett eltérő kiindulási módszerek miatt csak közelítő lehet. A folyóvizekben tapasztalható mozaikosság miatt a kapott értékek elsősorban a vett mintákat, skálafüggően azok környezetét jellemzik. Az üledék meghatározott rétegének (esetünkben ez a felső 5 cm) hosszabb időszakra vonatkozó és több mintavételi hely átlagából számolt százalékos szervesanyagtartalma jellemző a folyószakaszra és összehasonlítható más szakaszokkal, más folyókkal. A Dunakanyarra kapott eredmény ($6,3 \pm 4,3$ %, min: 1,5, max: 14,2 %) a kevésbé szennyezett angliai, hollandiai és tajvani síkvidéki folyókra ismert tartományba (0,6-21 %) esik (LIN és CHEN 1998, POOT et al. 2000, CLARKE és WHARTON 2001, HOUSE és DENSION 2002).

A bentikus makrogerinctelen társulások fajkészletében és tömegességi viszonyaiban tapasztalható évszakos változások mellett évek közötti eltérések is megfigyelhetők. Az általunk vizsgált Duna-szakasz esetében is tapasztaltunk ilyen eltéréseket a 2000-ben és 2005-ben azonos időben vett nyáreleji kismarosi (KIM1) és gödi (GOD2) minták összehasonlításakor. Az azonos módszerrel (Surber-mintavevő) vett mintákban a magasabb rendszertani csoportok száma mind a szedimentálódó (KIM1), mind pedig az erodálódó (GOD2) partszakaszon magasabb volt 2000-ben. Akkor az előbbi helyen kettővel (Hirudinea és Mysidacea), míg az utóbbin négyvel (Bryozoa, Epheroptera, Odonata és Trichoptera) több csoport fordult elő, igaz csak néhány egyeddel. Hasonlóképpen az összegyedszám is 10, ill. 5-szörös volt.

2005-ben térbeli állandóságot tapasztaltunk az éves kumulatív és átlagos csoportszámban és fajszámban. Fajösszetételük alapján azonban évszakosan különbséget mutattak a feltöltődő és az eróziós partszakaszok.

A vizsgált Duna-szakaszra jellemző a nagyon finom és az ultrafinom (250-0,45 μm) tartomány közötti szervesanyag dominanciája mind a feltöltődő, mind az erodeálódó partszakaszokon (éves átlagban KIM1: 92 %, GOD1: 63 %, GOD2: 68 %). Ez a tulajdonság jellemző a nagy folyók középső és alsó szakaszára, ill. a tározók alatti térségekre (MUNOZ és PRAT 1994).

Esetünkben a rendelkezésre álló táplálékforrást elsősorban a finom szerves frakciók alkotják, mellyel párhuzamosan és dominánsan a bentikus társulást 50, 49 és 31%-át a filtráló szervezetek – elsősorban a kagylók – alkotják (KIM1, GOD1 és GOD2 helyen). Mellettük 17-34 %-ban a csigák, felemáslábú rákok, valamint az árvaszűnyogok detritusz fogyasztása is jelentős. A durva frakciók igen kis százaléka (az erodeálódó partszakaszon maximálisan 10 %) magyarázza az aprító szervezetek hasonlóan 10 %-nyi arányát. Viszonylag stabil 10-14 %-át alkotják a bentikus társulásnak a legelészők, a szakaszra jellemző térben és időben közel állandó faj- és egyedszámban előforduló csigafajok.

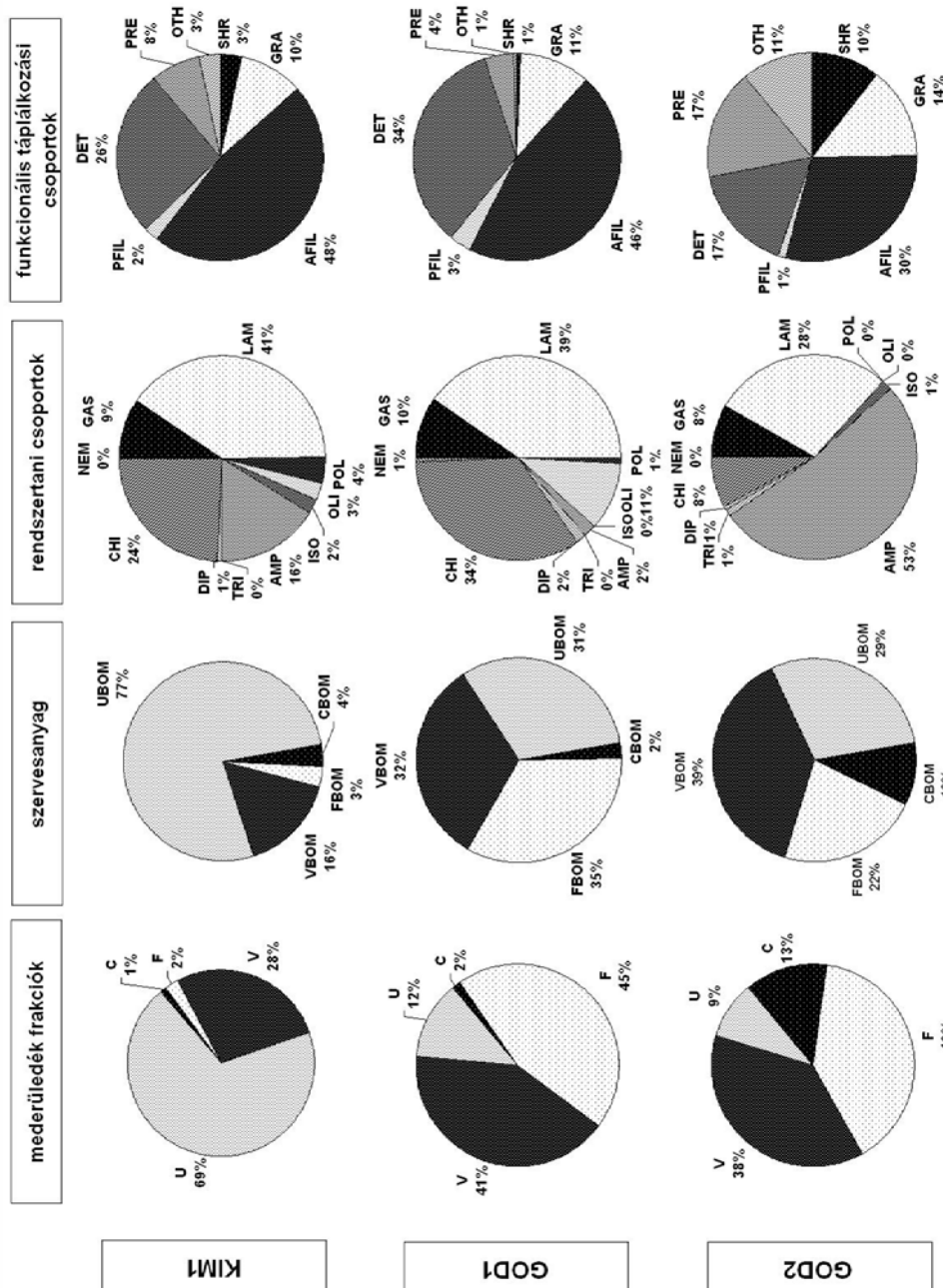
Bár évszakosan változás tapasztalható az egyes taxonok megjelenésében, a szedimentálódó és erodeálódó helyeken a társulások funkcionális táplálkozási csoportok szerinti megoszlása egyfajta térbeli állandóságot mutat (PALMER et al. 1996).

A bentikus szervesanyag csökkenése késő ősze magyarázható a nagyságrendileg megnövekvő összegyedszámú makroszkopikus gerinctelen szervezet által elfogyasztott mennyiséggel. A fennmaradó szervesanyag mennyiség is még jelenthet túlkínálatot. Ez utóbbit támaszthatja alá, hogy szoros korrelatív összefüggés nem mutatható ki a bentikus szerves anyag összes, ill. frakcióinak mennyisége és a bentikus szervezetek (összegyedszám, funkcionális táplálkozási csoportok) között (BARMUTA 1988, MARTINEZ et al. 1998).

A bentikus régió vizsgálata során kapott általános megfigyeléseink a nagy folyókra, folyamokra jellemző diszkontinuitást, a földdinamikák jelentőségét támasztják alá

A folyam középszakaszán folyásirányban váltakozó sorrendben a feltöltődő és eróziós partszakaszok szervesanyagának és társulásainak mennyiségét, összetételét elsősorban a lokális környezet hidrodinamikai és velük szoros összefüggésben az aljzat tulajdonságai alakítják (KIM1 vs GOD1/GOD2).

A mintavételi helyek a mederanyag texturális tulajdonságai alapján elsősorban térbeli elkülönülést mutatnak, ugyanakkor a szervesanyagtartalom, fajösszetétel, ill. funkcionális táplálkozási csoportok esetében a partszakasz depozíciós-eróziós jellege szabja meg a hasonlóságot (KIM1/GOD1 vs GOD2).



9. ábra. A mederüledék és a szervesanyag frakciók, a rendszerinti csoportok és a funkcionális táplálkozási csoportok éves átlagának százalékos megoszlása KIM1, GOD1 és GOD2 mintavételi helyeken

Felhasznált irodalom

- BARMUTA, L.A. (1988): Benthic organic matter and macroinvertebrate functional feeding groups in a forested upland stream in temperate Victoria. – *Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Limnologie* 23: 1394–1397.
- BAYLY, I.A.E. – WILLIAMS, W.D. (1973): *Inland waters and their ecology*. – Longmann Australia Pty Limited. 314. pp.
- BÓDIS, E. (2007): Spatio-temporal pattern of the small-sized mussel fauna in the Danube above Budapest. – *Acta biologica Debrecina, Supplementum oecologica hungarica* 16: 21–32.
- COGERINO, L. – CELLOT, B. – BOURNAUD, M. (1995): Microhabitat diversity and associated macroinvertebrates in aquatic banks of a large European River. – *Hydrobiologia* 304: 103–115.
- CLARKE, S. J. – WHARTON, G. (2001): Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers. – *Science of the Total Environment* 266: 103–112.
- CORKUM, L.D. (1992): Relationship between density of macroinvertebrates and detritus in rivers. – *Archiv für Hydrobiologie* 125(2): 149–166.
- CUMMINS, K.W. (1974): Structure and function of stream ecosystems. – *BioScience* 24: 631–641.
- DOISY, K.E. – RABENI, C.F. (2001): Flow conditions, benthic food resources, and invertebrate community composition in a low gradient stream in Missouri. – *Journal of the North American Benthological Society* 20(1): 17–32.
- DRAKE, J.A. (1984): Species aggregation: influence of detritus in a benthic invertebrate community. – *Hydrobiologia* 112: 109–118.
- EEDY, R.I. – GIBERSON, D.J. (2007): Macroinvertebrate distribution of a north temperate eastern Canadian river: Relative importance of detritus, substrate and flow. – *Archiv für Hydrobiologie* 169/2: 101–114.
- HEIRI, O.L. – LOTTER, A.F. – LEMCKE, G. (2001): Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. – *Journal of Paleolimnology* 25: 101–110.
- HOUSE, W.A. – DENSON, F.H. (2002): Total phosphorus content of river sediments in relationship to calcium, iron and organic matter concentrations. – *Science of the Total Environment* 282/283:341–351.
- HYNES, H.B.M. (1970): *The Ecology of Running Waters*. – Toronto, University of Toronto Press, 555. pp.
- LIN, J.-G. – CHEN, S.-Y. (1998): The relationship between adsorption of heavy metal and organic matter in river sediments. – *Environment International* 24: 345–352.
- KORMONDY, E.J. (1969): *Concepts of ecology*. – Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 559 pp.
- MARIDET, L.M. – PHILIPPE, M. – WASSON, J.G. – METHIEU, J. (1996): Spatial and temporal distribution of macroinvertebrates and trophic variables within bed sediment of three streams differing by their morphology and riparian vegetation. – *Archiv für Hydrobiologie* 136(1): 41–64.
- MARTINEZ, B. – VELASCO, J. – SUÁREZ, M.A. – VIDAL-ABARCA, M.R. (1998): Benthic organic matter dynamics in an intermittent stream in South-East Spain. – *Archiv für Hydrobiologie* 141: 303–320.
- MINSHALL, G.W. (1966): Role of allochthonous detritus in the trophic structure of woodland springbrook community. – *Ecology* 48: 139–149.

- MOOG, O. (szerk.) (2002): Fauna Aquatica Austriaca, Edition 2002. – Wasserwirtschaftskataster, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Vienna.
- MUNOZ, I. – PRAT, N. (1994): Macroinvertebrate community in the lower Ebro river (NE Spain). – *Hydrobiologia* 286: 65–78.
- OERTEL, N. – NOSEK, J. (2000): Bioindikáció vízi gerinctelenekkel a Dunában. 1. Bevezetés - elvi és módszertani kérdések. – *Hidrológiai Közöny* 80: 336–338.
- OERTEL, N. – NOSEK, J. – PONYI, J. (2007): Meiofauna kutatások a Duna hiporheális zónájában. – *Acta biologica Debrecina, Supplementum oecologica hungarica* 16: 175–186.
- PALMER, C.G. – MAART, B. – PALMER, A.R. – O'KEEFFE, J.H. (1996): An assessment of macroinvertebrate functional feeding groups as water quality indicators in the Buffalo River, eastern Cape Province, South Africa. – *Hydrobiologia* 318: 153–164.
- PEETERS, E.T.H.M. – GYLSTRA, R. – VOS, J.H. (2004): Benthic macroinvertebrate community structure in relation to food and environmental variables. – *Hydrobiologia* 519: 103–115.
- PODANI, J. (2001): SYN-TAX 2000. Computer Programs for Data Analysis in Ecology and Systematics. User's Manual. Scientia Publishers, Budapest.
- POOT, A. – GILLISEN, F. – KOELMANS, A.A. (2000): Effects of low regime and flooding on heavy metal availability in sediment and soil of a dynamic river system. – *Environmental Pollution* 148: 779–787.
- REMPEL, L.L. – RICHARDSON, J.S. – HAELEY, M.C. (2000): Macroinvertebrate community structure along gradients of hydraulic and sedimentary conditions in a large gravel-bed river. – *Freshwater Biology* 45: 57–73.
- REECE, P.F. – RICHARDSON, J.S. (2000): Benthic macroinvertebrate assemblages of coastal and continental streams and large rivers of southwestern British Columbia, Canada. – *Hydrobiologia* 439: 77–89.
- SHIEH, S.-H. – KONDRATIEFF, B.C. – WARD, J.V. (1999): Longitudinal changes in benthic organic matter and macroinvertebrates in a polluted Colorado plains river. – *Hydrobiologia* 411: 191–209.
- WETZEL, R.G. (1995): Death, detritus, and energy flow in aquatic ecosystems. *Freshwater Biology* 33: 89–89.

