



Bentikus élőhelyek halbiológiai vizsgálatai a 3. Nemzetközi Duna-expedícióban

Biological surveys of benthic fish habitats in the Joint Danube Survey 3 (JDS 3)

Szalóky Z.¹, György Á. I.¹, Weiperth A.¹, Erős T.²

¹MTA ÖK, Duna-kutató Intézet, Budapest

²MTA ÖK, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany

Kulcsszavak: bentikus fajok, elektromos húzóháló, tipológia, nagy folyó, VKI

Keywords: benthic species, trawling, typology, large rivers, WFD

Abstract

Within the framework of the Third Joint Danube Survey in 2013, fish assemblages of deep-water benthic habitats were examined by our newly developed electrified benthic frame trawl. At the same time, sampling of fish in shoreline habitats was done as well, with a consistent sampling design. As a result, for the first time, we obtained a more complete and more accurate picture of the attributes of benthic fish assemblages, and also of the habitat usage and longitudinal distribution of Danube fishes. All together more than 4200 individuals of 37 fish species were caught at 22 sampling sites during the surveys of benthic habitats in the main stem of the river. The most widespread species of benthic habitats were whitefin gudgeon and round goby. Striped ruffe, streber, zingel and Balon's ruffe which are all protected species in Hungary, were relevant and wide spread too. Based on their number of individuals, protected species make up 30% of the benthic fish assemblages. Breams and younger pikeperch were also frequent. Based on the longitudinal distribution of benthic fish species, four main types can be distinguished on the River Danube. Types were not sharply bordered. Distinction has been based on the differences in the number of individuals of frequently occurring species and on rare species that are characteristic for each type. Towards the mouth the number of species and the number of individuals rose significantly. In contrast, the strictly protected streber and zingel populations were uniformly distributed and their number, compared to our previous knowledge, was high. Our results suggest that the longitudinal distribution of fishes is determined, besides by the ecoregional location and natural zonation, primarily by the longitudinal and lateral hydrological and morphological regulations.

Kivonat

A Harmadik Nemzetközi Duna-expedíció keretein belül a 2013-ban a mélyvízi bentikus élőhelyek halállományát vizsgáltuk az általunk kifejlesztett elektromos bentikus keretes húzóhálóval. Ezzel párhuzamosan a parti élőhelyek halainak mintázása is megtörtént, az egységes mintavételi módszertan szerint. Ennek következtében először kaphattunk teljesebb és pontosabb képet a bentikus halállományok tulajdonságairól, illetve a dunai halak élőhelyhasználatáról és hosszirányú elterjedéséről. A bentikus élőhelyek vizsgálata során, kizárólag a főágban kijelölt 22 mintavételi helyszínen összesen 37 faj több mint 4200 egyede került a mintáinkba. A bentikus élőhelyek két legelterjedtebb halfaja a halványfoltú küllő és a feketeszájú géb. Jelentős állományalkotó, széles elterjedésű fajok a Magyarországon védeltségi státusszal rendelkező selymes durbincs, német és magyar bucó, valamint a széles durbincs. Egyedszámuk alapján a bentikus állomány közel 30%-át adják a védett fajok. Gyakoriak a keszégfélék és a fiatalabb életkorú süllők. A bentikus halak hosszirányú eloszlása alapján, a Dunán négy fő típust különíthetünk el. Az egyes típusok között éles elválás nem tapasztalható. A különbségeket a gyakori fajok egyedszámviszonyainak eltérései és a ritkább, de az egyes típusokra jellemző fajok adják. A torkolat felé a fajszám és az egyedszám is szignifikánsan emelkedik. Ezzel szemben a fokozottan védett német és magyar bucó állományainak eloszlása egyenletes, és egyedszámuk az eddigi ismereteinkhez képest magas. Eredményeink alapján a halak hosszirányú elterjedését az ökorégiók, illetve a természetes zonációk mellett a longitudinális és laterális hidrológiai és morfológiai szabályozások határozzák meg elsősorban.

Bevezetés

A folyóvizek tipológiai besorolásával kapcsolatban több összefoglaló értekezés született (Hynes 1970, Holčík 1989). A folyószakaszok felosztását elsősorban a természetes halállomány összetétel mennyiségi és minőségi mutatóin keresztül közelítik meg a korábbi leírások. Például Huet (1959), aki a domináns fajok alapján négy zónát különít el vagy Illies (1962) aki rhitrális és potamális zónát, előbbit további négy, utóbbit további három alegységre bontva. Az egyes szakaszok (zónák) elkülöníthetősége, elválásuk mértékének meghatározása fontos gyakorlati jelentőséggel bír. A Víz Keretirányelv megvalósításánál pl. típusokon belül történik meg a mintavételi helyek ökológiai állapotának meghatározása, ezzel is csökkentve az élőlényegyüttesek természetes variabilitásából adódó „zajt” az emberi hatások mértékének megállapításánál. Jelenleg azonban hiányos ismeretek állnak rendelkezésre a dunai halegyüttesek összetételéről a folyam hosszanti gradiense mentén, ami megnehezíti egy halegyütteseken alapuló osztályozási rendszer (tipológia) létrehozását.

Az Első Nemzetközi Duna Expedíció (Joint Danube Survey 1 – JDS1; 2001) során halbiológiai felmérések nem történtek (Literáthy et al. 2002). A második JDS (2007) hivatalos mintavételi eljárásai már a halbiológiai felméréseket is megcélolták (Wiesner et al. 2007, Liška et al. 2008). Azonban a terepi vizsgálatok a part menti élőhelyek halainak megismerésére szorítkoztak, az akkor rendelkezésre álló mintavételi módszerek, szabványok előírásai szerint (pl.: MSZ EN 14011). A folyóvízi élettájék jelentős részét adják a területileg jelentős kiterjedésű, de kevésbé kutatott bentikus élőhelyek. Ezeket olyan kisebb testméretű fajok is használják élő- és szaporodó helyül, amelyekről a hagyományos mintavételi eljárások alkalmazása mellett kevés információval rendelkezünk (Murphy & Willis 1996, Herzog et al. 2005, Freedman et al. 2009). A bentikus halközösségek tudományos igényű vizsgálatát elsőként a Dunán az úgynevezett elektromos bentikus keretes hűzőháló (továbbiakban: EBKH) segítségével végezték (Szalóky et al. 2011).

Bebizonyosodott, hogy nagy folyam esetén a halállományok szerkezetének pontosabb megismeréséhez szükséges a mélyvízi bentikus élőhelyek vizsgálata is. Számos bentikus halfaj (köztük védett és fokozottan védett fajok, Natura 2000 jelölő fajok is, mint például a német bucó (*Zingel streber*) és a magyar bucó (*Zingel zingel*)) elterjedéséről, tömegességéről nyerhetünk pontosabb képet az EBKH módszerét alkalmazva. Korábban ezeket a fajokat a kutatók igen ritka előfordulásúnak tartották a Dunában és kizárólag a parti sávra alapuló felmérések eredményei alapján torz információ alakult ki állományaik nagyságáról és elterjedési területeikről (Szalóky et al. 2014).

A Harmadik Nemzetközi Duna-expedíció (Joint Danube Survey 3 - JDS3) célja volt, hogy egységes módszertan szerint, térben és időben összehasonlítható adatokat gyűjtve nyerjen információt a Duna élővilágáról és számos fizikai és kémiai komponensről a folyam hosszanti gradiense mentén. A világ legnagyobb folyam-kutató expedícióját a bécsi székhelyű Nemzetközi Duna-védelmi Bizottság (International Commission for the Protection of the Danube River – ICPDR) szervezet koordinálta. A 2375 fkm hosszúságú Duna szakaszt vizsgáló program 2013. augusztus 14-én indult Regensburgból (Németország), hogy 10 országon keresztül vezető útján elérje a Duna-deltát. A fizikai, kémiai és biológiai (összesen, több mint 400 komponens) vizsgálatokban 8 ország 33 kutatója vett részt, amelyet kiegészítettek a Duna menti országok által delegált szakértők vizsgálatai. A hat hétig tartó út során összesen 68 helyszín vizsgálata történt meg (URL1). A JDS3-ban a parti tájék halegyütteseinek vizsgálata mellett először került sor a mélyvízi élettájék halegyütteseinek vizsgálatára is.

Dolgozatunk célja, hogy összefoglalja a JDS3 mélyvízi bentikus élőhelyek halállományára vonatkozó eredményeit. A Duna kutatás történetében először adunk képet a mélyvízi területek halállományairól a folyam hosszanti gradiense mentén és teszünk javaslatot a folyam tipizálására e mélyvízi területek halegyütteseinek összetétele alapján.

Anyag és módszer

Vizsgált terület

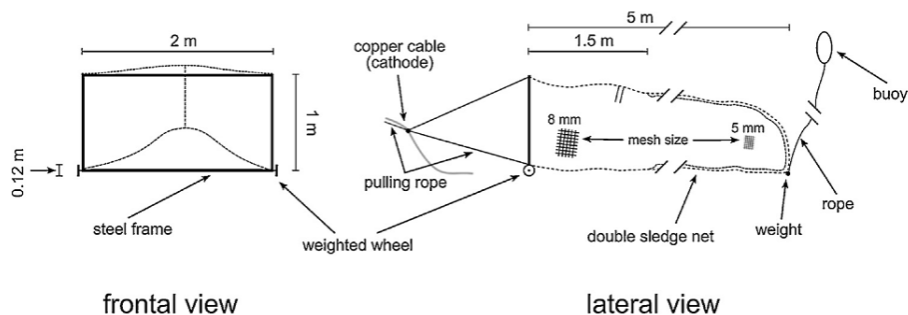
A Duna vízgyűjtő területe 817 ezer km², hossza 2850 km, Európa második leghosszabb folyama. Vízgyűjtője 17 ország területét foglalja magába, közvetlenül 10 országon folyik keresztül. A Duna hidromorfológiailag három fő szakaszra osztható: a felső, középső és alsó szakaszra (Tóry 1952). A *felső szakaszon*, amely a Morva folyó torkolatáig (1880 fkm) tart 49 duzzasztómű található, kiépítésük főbb céljai a hajózási feltételek biztosítása és az energiatermelés voltak. A duzzasztóművek által létrehozott tározóterek hatásai összeérnek, megváltoztatva így a felső Duna szakasz természetes jellegzetességeit (mederesés, vízsebesség, mederanyag összetétel). A tározóterek között összesen kettő olyan hosszabb, egybefüggő szakasz található, ahol a Duna szabadon folyhat természetes medrében. Ezek közül az első, fentebb található szakasz kb. 40 km hosszú, a 2038 fkm-nél épített duzzasztó és a kb. 2000 fkm-es szelvény között található. A második, lentebbi, kb. 50 km hosszúságú szabadon folyó szakasz pedig az 1921 fkm-nél, Bécs térségében épített duzzasztómű és Pozsony (1865 fkm) között helyezkedik el. A két szakasz együttes hossza (kb. 90 fkm) a felső Duna szakasz kevesebb, mint 10 százaléka. Élőhelyeik megőrzése kulcsfontosságú a felső Dunára jellemző áramlásokvelő karakterfajok, például a dunai galóca (*Hucho hucho*) állományainak fenntartása érdekében. A Duna *középső szakasza* a Kárpátok medencéjének területére esik. A Morva folyó torkolat és Pozsony közötti szelvényénél (1865 fkm) kezdődik. Területe egészen addig tart, amíg a Vaskapu I. és II. (942 fkm, 863 fkm) duzzasztóműnél a folyam elhagyja a Kárpátok hegyeit. A Duna erre a szakaszára az aránylag természetes viszonyok jellemzőek, amelyeket azonban megzavarnak a mesterséges, a hajózóút biztosítása érdekében épített partvédő kőművek és a vízkormányzást elősegítő terelőművek. A Kárpát-medence területére érve a Duna mederanyagát dominánsan durva kavics alkotja. A mederesés, illetve a víz elragadó erejének csökkenése következtében a paksi szakaszon (1526 fkm) a mederanyag összetételében a homok, finom homok válik uralkodóvá. A mederanyag változás fontos szerepet tölt be a halfajok élőhely választásában, meghatározza a fajok elterjedést ezért fontos típus elválasztó hatása van. A középső és az alsó Duna szakasz közé ékelődnek a Vaskapu I. és II. erőművek által képzett tározóterek. A tározóterekben az élőhelyek környezeti adottságai inkább állóvíz természetűek. Az erőművek visszaduzzasztó hatása egészen a belgrádi Duna szelvényig (1165 fkm) érvényesül, összesen kb. 300 fkm hosszú állóvíz jellegű, tározott szakaszt alakítva ki. Az *alsó szakasz* a Vaskapu II. erőműtől egészen a Duna-deltáig tart, ahol a Duna eléri a Fekete-tengert. A 863 fkm át szabadon folyó Dunát eddig elkerülték a jelentősebb mederátalakító munkálatok, így a folyása és az élőhelyei természetesek. Halállományának összetételében megjelennek a pontokaszpikus eredetű fajok, mint például a fekete-tengeri túhal (*Syngnathus abaster*), a Fekete-tengerből érkező, szaporodási helyet kereső heringfélék, vagy az alózák (pl.: *Alosa tanaica*).

Mintavétel

A bentikus fajok gyűjtéséhez keretes húzóhálót alkalmaztunk. A mintavétel hatékonyságának növelése érdekében a keretes húzóhálót, elektromos halászgéppel kombináltuk (elektromos bentikus keretes húzóháló, EBKH). A keret 1 m × 2 m nagyságú rozsdamentes acélból készült, amihez egy 6 m hosszú hálót rögzítettünk. Az EBKH a kerettől távolabbi kétharmadban 5 mm, az első egyharmadban 8 mm szembőségű hálóból állt, amely megkönnyítette a háló húzását. Az 5 mm-es szembőség viszont biztosította, hogy a kisebb testméretű bentikus fajokra és az ivadéokra is érzékeny legyen a módszer, így kiküszöbölve a módszer méret szelektivitását nagyobb testméretű fajokra. Úgynevezett szoknyahálót is alkalmaztunk (5 mm-es szembőséggel) a külső hálón belül, annak anyagához varrva, amivel csökkentettük a hálóba került halak elszökésének esélyét. A keret alsó részére egy-egy kerék nehezéket rögzítettünk, amely a tömegénél fogva az EBKH-t a meder alján tartotta, illetve 6 cm távolságban emelte az aljzat felszínétől, elkerülve a mederanyag hálóba

kerülését. A húzóháló végéhez egy nehezéket és hosszabb kötélnek keresztül egy bóját kötöttünk. A nehezék a háló szabályos kinyílását (kifeszülését) segítette elő, a bója a mintavételi eszköz pozícióját és mozgásának irányát tette láthatóvá (1. ábra). A rozsdamentes acélkeret anódként funkcionált, amit egy kutatási célra fejlesztett elektromos halászgép biztosított 40 m hosszúságú kábelen keresztül. A katódot, egy 6 m hosszú fonott réz vezetőt 2 m-rel az EBKH előtt szabadon húztuk. A halászgép típusa Hans-Grassl EL65 IIGI, VANGUARD HP21 14.9 kW generátorral, az alkalmazott feszültség kb. 340 V, az áramerősség pedig kb. 31 A volt. Az eszközt és a halászgépet 2 fő kezelte, a motorcsónakot pedig (6,3 m hosszú csónak, négyütemű 50 LE Mercury csónakmotorral meghajtva) 1 fő irányította (Szalóky et al. 2014).

A húzóhálót a folyásiránynak megfelelően húztuk a mederfenéken, az áramlási sebességnél kicsit magasabb sebességgel (kb. 60 cm s^{-1}). Egy mintavételi szakasz felméréseinek a kezdetét az EBKH mederfenékre érése és az elektromos tér kialakításának kezdete jelentette. Az elektromos erőteret 3-5 másodperces szünetek között 5-8 másodpercig tartottuk fenn, a módszer hatékonyságának növelése (zavaró hatás csökkentése) és a halak sérüléseinek elkerülése miatt. A mintázott területek vízmélységét az elektromos erőter minden egyes bekapcsolásának pillanatában mértük (Lowrance X50 DS). Minden egyes húzás 500 m hosszúságú volt, amelyeknek a helyzetét GPS navigációs készülékkel (Garmin 60 csx) rögzítettük. A mintavételek a nappali órákban történtek.



1. ábra. Vázlat a bentikus fajok felméréseihez használt elektromos bentikus keretes húzóhálóról (EBKH).
 Fig. 1. Schematic picture and parameters of the electrified benthic framed trawl.

A mélyvízi bentikus felmérések során összesen 22 helyszínen 154 db 500 m-es szakaszt vizsgáltunk (2. ábra). Egy helyszín halállományának jellemzésére átlagosan két keresztszelvényben 6 db 500 m-es szakaszt jelöltünk ki, 3-3-at párhuzamosan (helyszínenként minimum egy keresztszelvényben 3 db 500 m-es szakasz, maximum három keresztszelvényben 9 db 500 m-es szakasz). A szakaszok kijelölésekor figyelembe vettük a meder vízmélységének a változatosságát (2 m-nél sekélyebb vizű területeken nem mintáztunk). A kijelölt mintavételi helyszínek mindhárom (felső, középső és alsó, lásd a Bevezetést) Duna szakaszt reprezentálták, a 2214. fkm-től egészen a Duna-deltáig. A felső-, középső és az alsó szakaszon egyenként 5 (349 fkm hosszú szakasz), 10 (701 fkm hosszú szakasz), illetőleg 7 (604 fkm hosszú szakasz) helyszín bentikus halbiológiai felmérését végeztük el.

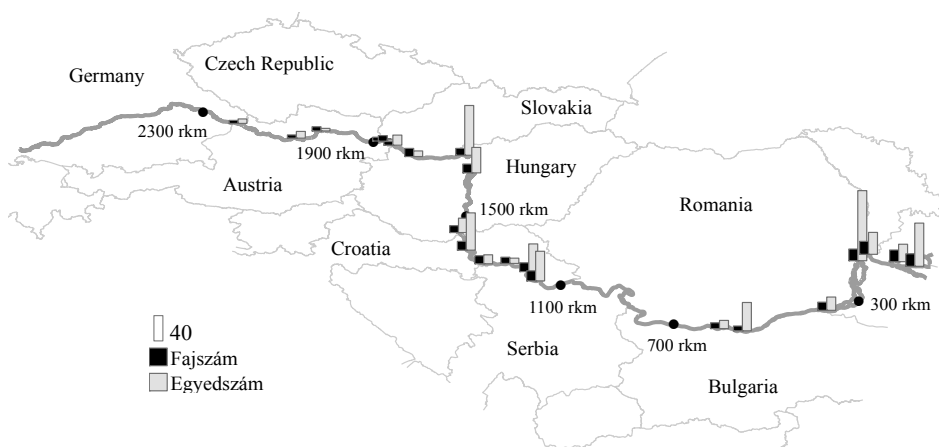
Adatok elemzése

Az adatok értékeléséhez csak a főágból (hajózóút) származó mintákat használtuk fel, elkerülve a mellékágak eltérő szerkezetű halállományainak zavaró hatásait. Az adatokat 500 m-es egységekre standardizáltuk (Catch Per Unit Effort, CPUE), az egyes mintavételi helyek összehasonlíthatóságának érdekében. Az adatokat $\log_{10}(x+1)$ szerint transzformáltuk a korrelációval, a tömegesség-előfordulás gyakorisággal és a tipizálással kapcsolatos számításokban. A hosszirányú mintázat különbségek értékeléséhez, a folyamkilométer

változásának és a biológiai tulajdonságok közötti kapcsolat leírásához Spearman rangkorrelációt ($p < 0,05$) használtunk. A halállomány összetétel alapján elvégzett hosszirányú tipizálását, egyes típusok elkülönítését SIMPER elemzéssel végeztük (Similarity Percentages - species contributions, Transform: Presence/absence, Algorithm: Euclidean). Az eredmények térképes bemutatásához ArcMap 10.2 verzió számú térinformatikai programot alkalmaztunk. A víztípusok elnevezésében a Tóry-féle hagyományos nevezéktant vettük alapul, mivel azzal a beosztással összevethető a halak eloszlása alapján javasolt tipológia. Halnevek tekintetében Harka (2011) munkáját tekintettük irányadónak.

Eredmények

A 22 mintavételi helyszín vizsgálata során összesen 37 faj több mint 4200 egyede került a mintáinkba a Duna főágából (hajózóút). Helyszínenként az átlagos fajszám 12 és az átlagos egyedszám 192 egyed volt, a fajszám 5 és 21, az egyedszám 21 és 679 között változott. A hosszirányú mintázat különbségeket, CPUE (ind. 500 m^{-1}) adatok alapján vizsgálva szignifikáns növekedés figyelhető meg a fajszámban és az egyedszámban egyaránt a folyamkilométer csökkenésével, a torkolat felé (2. ábra).



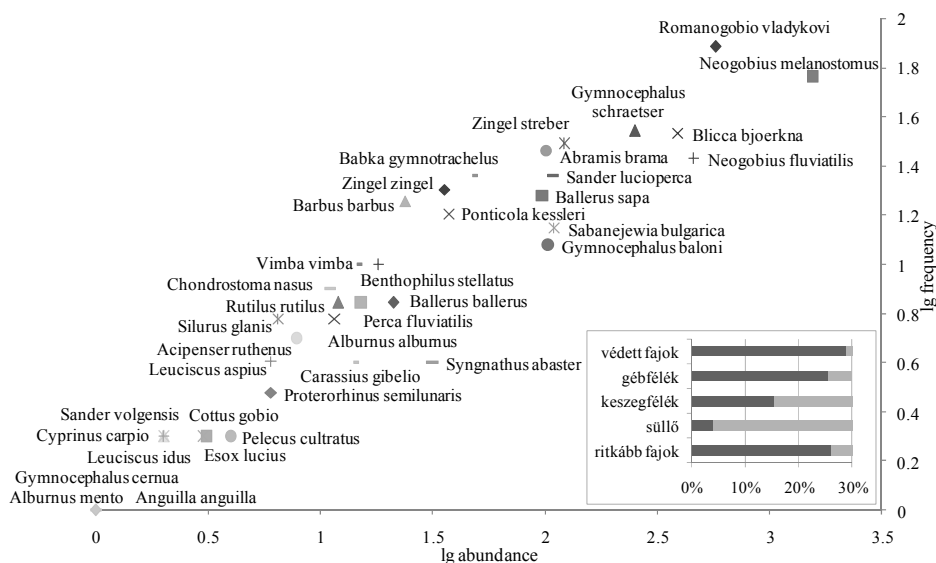
2. ábra. Bentikus élőhelyek vizsgálatának helyszínei. Faj- és egyedszám eloszlások, CPUE adatok alapján (ind. 500 m^{-1}).

Fig. 2. Sampling location of investigation of benthic fish. Species and individual distribution based on CPUE data (ind. 500 m^{-1}).

A bentikus élőhelyek domináns fajainak megállapításához közösen értékeltük az egyes fajok tömegességét és előfordulási gyakoriságát (3. ábra). A feketeszájú géb (*Neogobius melanostomus*) relatív tömegessége 36,9 %, relatív előfordulási gyakorisága 41,1 %. A halványfoltú küllő (*Romanogobio vladykovi*) relatív tömegessége 13,6 % és a relatív előfordulási gyakorisága 54,6 %. A több mint 2200 fkm-en elhelyezkedő mintavételi helyszínek vizsgálata alapján megállapítható, hogy a bentikus élőhelyek benépesítésében a feketeszájú géb és a halványfoltú küllő szerepe a legjelentősebb, széles elterjedésűek és magas egyedszámú állományokkal rendelkeznek. Jelentős állományalkotó fajok továbbá még a karikakeszeg (*Blicca bjoerkna*), a selymes durbincs (*Gymnocephalus schraetser*), a folyami géb (*Neogobius fluviatilis*), a dévérkeszeg (*Abramis brama*), a német bucó és a süllő (*Sander lucioperca*), a csupasztorkú géb (*Babka gymnotrachelus*), a bagolykeszeg (*Ballerus sapa*), a magyar bucó, a Kessler-géb (*Ponticola kessleri*), a márna (*Barbus barbus*), a bolgár törpecsík (*Sabanejewia bulgarica*) és a széles durbincs (*Gymnocephalus baloni*). Ezen fajok tömegessége szélesebb, előfordulási gyakorisága szűkebb sávban változik. Ritkább fajok közül fontosnak tartjuk kiemelni a szilvaorrú keszeget (*Vimba vimba*), a laposkeszeget

(*Ballerus ballerus*), a botos köllöntét (*Cottus gobio*), a gardát (*Pelecus cultratus*) és a kecségét (*Acipenser ruthenus*).

A Duna medrének élőhelyeire jellemző a védett (a magyar jogszabályokat figyelembe véve), ritkuló félben lévő fajok egyedeinek magas száma. Ezért fontos feladat a mélyvízi bentikus vizek alapos felmérése és védelme. Mára a pontokaszpikus eredetű gébfélék is domináns halai lettek ezen élőhelyeknek. Jelentős állományalkotók továbbá a keszegfélék is (karikakeszeg, dévérkeszeg, bagolykeszeg). Ragadozó táplálkozás módú fajok közül legelterjedtebb a süllő (3. ábra), amelynek elsősorban a fiatalabb példányai kerültek a hűzőhálóba (átlagosan 125 mm testhosszúságúak, minimum: 26 mm, maximum: 240 mm).

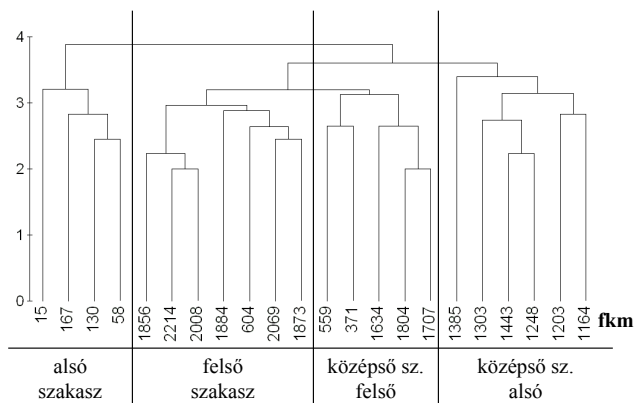


3. ábra. Fajok elterjedtsége tömegességük és előfordulási gyakoriságuk alapján
Fig. 3. Dominance of fish from abundance and frequency of occurrence data

Értékelés

A bentikus élőhelyek halfajainak hosszirányú eloszlása alapján négy víztípus különíthető el (4. ábra). A felső szakasz (típus) a Gabcikovo erőmű (1821 fkm) tározóteréig tart. A Duna ezen szakaszán összesen 49 erőművet építettek, ezzel megváltoztatva a Duna természetes folyását. Ezért javasoljuk a felső szakasz bontását további két alszakaszra. Az egyik alszakaszt a tározóterek lassabban áramló, feliszapolódó élőhelyei jelentik, ahol limnofil fajok is megjelennek. A másik alszakaszt a tározóterek közötti szabadon folyó területek jelentik, ahol még megtalálhatóak azok a reofil faunaelemek, amelyek a szabályozás előtti környezeti viszonyokra utalnak, ilyen például a galóca, a botos köllönté, a paduc (*Chondrostoma nasus*) vagy a márna. A Gabcikovo erőművet elhagyva a középső szakasz szintén két alszakaszra osztható. A szakaszolás határát a paksi Duna szelvény területe jelenti. Erre a szakaszra jellemző, hogy a durva mederanyag (kavics) helyét lassan a homok váltja fel (mederanyag váltás). A típus elválás mögött a folyó esésének csökkenése, illetve az ennek köszönhető ún. mederanyag váltás áll. Mindez jelentős hatással bír, mint élőhelyet befolyásoló a halak számára releváns környezeti tényezők, a fajok élőhely választására és elterjedésére. Az alsó középső szakasz alvízi határát a Vaskapu duzzasztó visszaduzzasztott Duna szakasza jelöli ki. A Duna elhagyva a Kárpátok déli vonulatait és a Vaskapu erőműveket lép a Havas-alföld területére. Ezen alsó szakasz egészen a deltáig, illetve a Fekete-tengerig tart, folyását még természetes környezeti viszonyok jellemzik. Javasoljuk az alsó szakaszt három további alszakaszra osztani. Az erőművek alvízi területeire jellemző a víz nagy átlátszósága, a tározókban történő lebegtetett hordalék kiülepedése miatt. A

második Vaskapu duzzasztó után több mint 260 kilométerrel a 600. fkm-nél is, 8-9 m vízmélység mellett, a fény lehatol a mederfenéig, olyan mennyiségben, hogy ott fonalas alga szőnyeg tudjon kialakulni. Részletesebb vizsgálattal lehetne kimutatni a fonalas alga szőnyeg pontos halbiológiai hatásait. Javaslatunk szerint második alszakasz egészen a Duna-deltáig tart, míg a harmadik pedig maga a Duna-delta, annak sajátos helyzete, tulajdonságai miatt. A Duna-deltában erősebben érvényesül a Fekete-tenger hatása is, több olyan halfaj megtalálható itt (például számos gébféle), amik a Dunában máshol nem fordulnak elő (Otel, 2007). A finomabb szakaszolás validálásához azonban további vizsgálatok szükségesek.



4. ábra. A bentikus élőhelyek halállományon alapuló tipizálása a Duna hossz szelvénye mentén. Az ábrán feltüntetett folyamkilométerek az egyes mintavételi helyeket jelentik

Fig. 4. Danube typology based on composition of benthic fish assemblages

Az egyes fajok tömegességének és elterjedésének tulajdonságaiból arra lehet következtetni, hogy a meder gyakori fajai a vizsgált Duna szakasz teljes hosszában dominánsak (3. ábra és 1. táblázat). A felső, középső és az alsó szakaszokat a mindhárom szakaszon előforduló fajok egyedszámainak változásai, valamint adott szakaszra jellemző, de ritkább fajok jelenléte különbözteti meg. A felső szakasz állományaiban domináns a feketeszájú géb, elsősorban a területileg kiterjedt partvédő kövezéseknek köszönhetően. Fontos állományalkotó faj a német bucó, a selymes durbincs, a magyar bucó, a küsz (*Alburnus alburnus*), a szilvaorrú keszeg és a dévérkeszeg. A felső szakaszra jellemző ritkább fajok a botos kölönte, amelyet a Pozsony feletti (1865 fkm), szabadon folyó szakaszokon mutattunk ki. Vagy például a galóca (*Hucho hucho*), amely szintén szabadon folyó szakaszok jellemző faja. Ugyan az EBKH-val nem sikerült kimutatni, de a part menti vízi élőhelyek vizsgálata során előkerült, például az ausztriai Oberloiben település (2008 fkm) mentén, ahol természetes ívóhelye is található. A középső szakasz felső alszakaszának domináns fajai a csupasztorkú géb, a feketeszájú géb, a német bucó, a karikakeszeg és a halványfoltú küllő. Jelentősebb állományalkotó fajok továbbá a selymes durbincs, és a márna. Valamint gyakorinak mondhatók a Kessler-géb, a magyar bucó és a folyami géb példányai. A középső szakasz alsó alszakaszának domináns fajai a süllő, a laposkeszeg, a dévérkeszeg, a bagolykeszeg és a halványfoltú küllő. Gyakran előkerülő fajok még a karikakeszeg, a selymes durbincs, a feketeszájú géb, a márna és a széles durbincs. A középső szakasz alsó alszakasza a Vaskapu I. erőmű tározó teréig tart, a visszaduzzasztás egészen Belgrádig (1165 fkm) érezteti hatását. Technikai problémák miatt a tározótérben nem tudtunk mintát venni, de feltételezhető, hogy a duzzasztómű által módosított élőhelyek halállományában a limnofil fajok jelentős szerepet kapnak. Ezt támasztja alá a második Nemzetközi Duna-expedíció eredményeinek tipizálás szempontú értékelése is. Az alsó alszakaszon a keszegfélék és a süllő magas egyedszámmal népesítik be a bentikus élőhelyeket. A középső szakasz halállomány összetételére jellemző, hogy a felső és az alsó szakasz fajai egyaránt

megtalálhatóak benne, még ha alkalmoszerűen is. Az alsó szakasz bentikus élőhelyei a leggazdagabbak faj- és egyedszám tekintetében is. A csoport elválásáért sok faj jelenléte felelős, de egyes fajok csak kis mértékben felelősek a típus kialakításáért. Jelentős állományalkotó fajok a selymes durbincs, a folyami géb, a csupasztorkú géb, a Kessler-géb, a fekete-szájú géb, a bolgár törpecsík, a süllő, a karikakeszeg, a dévérkeszeg, a bagolykeszeg, a fekete-tengeri nagyfejű géb (*Benthophilus stellatus*) és a halványfoltú küllő. Gyakori fajai az alsó szakasz bentikus élőhelyeinek továbbá a magyar bucó, a tarka géb (*Proterorhinus semilunaris*), a bodorka (*Rutilus rutilus*) és a német bucó. Az alsó szakaszon a pontokaszpikus eredetű fajok jelenléte gyakori. Például a magyarországi Duna szakaszon is előforduló gébfélék mellett, kizárólag a Vaskapu duzzasztók alatti területek jellemző gébféléje a fekete-tengeri nagyfejű géb. Az alsó szakasz érdekes hala a fekete-tengeri túhal (*Syngnathus abaster*), amely a Vaskapu duzzasztó feletti Kazán-szoros területén is gyakori, sőt a horvát Duna szakaszon is kimutatták (Sevcsik András szóbeli közlése), így magyarországi megjelenésére is számítani lehet. A középső szakasz alsó területeinek és az alsó szakasz fontos karakter faja a kecsge a mintáink alapján. A kecsgét a Duna-expedíció során csak az EBKH-val sikerült kimutatni.

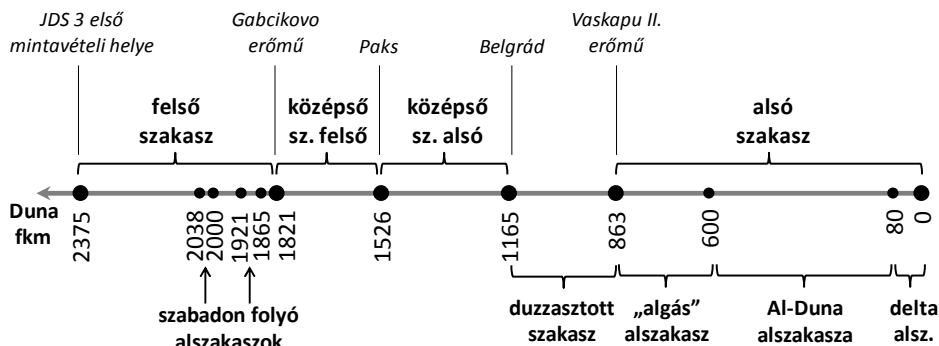
1. táblázat: Típus specifikus fajösszetétel (SIMPER módszer alapján)
Table 1. Type specific species composition (based on SIMPER method)

felső szakasz		középső szakasz felső		középső szakasz alsó		alsó szakasz	
Average similarity: 40,63		Average similarity: 63,69		Average similarity: 62,74		Average similarity: 77,64	
faj	Contrib%	faj	Contrib%	faj	Contrib%	faj	Contrib%
Neogobius melanostomus	37,51	Babka gymnotrachelus	13,48	Sander lucioperca	12,38	Gymnocephalus schraetser	6,53
Zingel streber	16,04	Neogobius melanostomus	13,48	Ballerus ballerus	12,38	Neogobius fluviatilis	6,53
Gymnocephalus schraetser	12,32	Zingel streber	13,48	Abramis brama	12,38	Babka gymnotrachelus	6,53
Zingel zingel	9,53	Blicca bjoerkna	13,48	Ballerus sapa	12,38	Ponticola kessleri	6,53
Alburnus alburnus	5,89	Romanogobio vladkovi	13,48	Romanogobio vladkovi	12,38	Neogobius melanostomus	6,53
Vimba vimba	5,09	Gymnocephalus schraetser	7,41	Blicca bjoerkna	8,39	Sabanejewia bulgarica	6,53
Abramis brama	4,65	Barbus barbus	7,41	Gymnocephalus schraetser	8,26	Sander lucioperca	6,53
		Ponticola kessleri	3,73	Neogobius melanostomus	4,86	Blicca bjoerkna	6,53
		Zingel zingel	3,73	Barbus barbus	4,86	Abramis brama	6,53
		Neogobius fluviatilis	1,5	Gymnocephalus baloni	4,48	Ballerus sapa	6,53
						Benthophilus stellatus	6,53
						Romanogobio vladkovi	6,53
						Zingel zingel	3,33
						Proterorhinus semilunaris	3,28
						Rutilus rutilus	3,28
						Zingel streber	3,22
Cum	90%	Cum	90%	Cum	90%	Cum	90%

A fajok hossz szelvény menti (folyamkilómeter, fkm) elterjedés mintázatának különbségeit korrelációs vizsgálatokkal is elemeztük. Az elemzések robusztusságának és megbízhatóságának növelése érdekében csak a gyakrabban előkerülő fajokat vontuk be a számításokba (azokat a fajokat, amelyek több mint 8 mintavételi helyen előfordultak). A német és a magyar bucó nem mutatott szignifikáns kapcsolatot a fkm változásával, tehát mennyiségi viszonyaiban nincs jelentős eltérés az egyes szakaszok között. A típus specifikus fajösszetétel elemzése is rámutatott, hogy mindkét bucó faj az alsó szakasz halállományának is a jellemző eleme. A halványfoltú küllő, amelyet a felső szakaszon nem tudtunk az EBKH-val kimutatni, de a többi Duna szakaszon rendszeresen előkerült, pozitív szignifikáns kapcsolatot mutat a fkm csökkenésével, azaz egyedszáma nőtt a torkolat felé. Hasonló kapcsolatot mutat a selymes durbincs mennyiségi eloszlása is, azzal a különbséggel, hogy egyedei gyakorta előkerültek a felső szakasz élőhelyeiről is. Az áramlást kedvelő márna egyedszám eloszlása egyenletes, nincs szignifikáns kapcsolatban a fkm változásával. A bolgár törpecsík a felső szakaszokra nem jellemző. Jelentősebb mennyiségben az alsó szakasz élőhelyein található, pozitív szignifikáns kapcsolatban van a fkm csökkenésével. A süllő egyedszáma is szignifikánsan emelkedik a torkolat felé. A keszegfélék közül a karika-, a dévér- és a bagolykeszeg egyedszám viszonyai szignifikáns növekedést mutatnak a torkolatvidék felé, a középső szakasz alsó alszakaszának és az alsó szakasz gyakori halai. A

Duna bentikus élőhelyeire jellemző gyakori gébfélék közül (feketeszájú géb, folyami géb, csupasztorkú géb, Kessler-géb) egyedül a folyami géb mutat szignifikáns pozitív kapcsolatot a fkm csökkenésével.

Általánosságban megállapítható, hogy a feketeszájú géb és a halványfoltú küllő mind mennyiségi eloszlása, mind pedig előfordulási gyakorisága alapján a Duna medrének legdominánsabb fajai. A domináns fajok egyenetlen mennyiségi eloszlása és a ritka fajok szakasz specifikus jelenléte miatt, a mélyvízi bentikus élőhelyek négy fő típusra különíthetők el (5. ábra). Javaslatunk szerint a felső szakasz további kettő alszakaszra osztható: állóvíz jellegű tározott vízterekre és szabadon folyó szakaszokra. A Pannon medencébe érve a Duna mederanyag váltás (1526 fkm, Paks) miatt két fő típusra különül el: középső-felső és középső alsó szakaszokra. A középső szakasz alsó végét a Vaskapu I. erőmű tározott részének felső vége jelenti. A mintavételek nem terjedtek ki a tározó terére, de feltételezhetően a megváltozott hidrológiai és morfológiai tulajdonságok alapján külön típusba sorolható. A Vaskapu II. erőmű alvívénél kezdődő alsó szakasz három további alszakaszra osztható, az úgynevezett „algás” alszakaszra, a természetes folyású Al-Dunára és a Duna-deltára. Az „algás” alszakasz élőhely típusainak elválását a sajátos hidro-fizikai tulajdonságok, míg a Duna-delta megkülönböztetését az eltérő ökorégiális elhelyezkedés (Illies 1978) magyarázza. A fő szakaszok tagolásának igazolásához azonban további, részletesebb felmérésekre van szükség.



5. ábra: A Duna javasolt tipizálása bentikus élőhelyek halfajai alapján.
Fig. 5. Scheme of proposed typology of Danube according to benthic fish species

A második expedíció által vizsgált biológiai komponensek (makrofiták, fitoplankton, fitobenton és makrogerinctelenek) hossz-szelvény menti eloszlását Birk és munkatársai (2012) foglalták össze tipológiai szempontból. Moog és munkatársai (2008) az ökorégió alapú VKI tipizálást (5 ökorégió, 5 típus) hasonlították össze, validálták vízi makroszkópikus gerinctelenek hosszirányú eloszlásával. Eredményeik igazolták a VKI szempontrendszer szerint leírt 5 fő típust, de azokon belüli, további osztályozást javasolnak. A bentikus élőhelyek halösszetétele alapján javasolt tipológia fő szakaszolása részben átfed a VKI által javasolt tipológiával. A halak eloszlását azonban a Dunát érintő longitudinális és laterális hidrológiai és morfológiai beavatkozások következtében megváltozott környezeti feltételek határozzák meg elsősorban, és kevésbé az ökorégiók határai, illetve a halak természetes folyami zonációjá. Ezt alátámasztja és erősíti a második Duna-expedíció vízi makroszkópikus gerinctelenek és a parti élőhelyek halállományainak tipizálása is (saját ordinációs- és klaszterelemzések alapján). Eredményeink alapján továbbá megállapítható, hogy a bentikus élőhelyek domináns halainak hosszirányú eloszlása aránylag egyenletes, ezért különböző élőlénycsoportok eloszlásának közös vizsgálata szükséges, egy egységes, biológiai szempontból validált Duna tipológia kidolgozásához.

Köszönetnyilvánítás

A 3. Nemzetközi Duna-expedíció mélyvízi bentikus élőhelyek halbiológiai felméréseinek költségvetését a Vidékfejlesztési Minisztérium biztosította. Köszönettel tartozunk a minisztérium munkatársainak, Kovács Péternek és Horváthné Kiss Ildikónak a szervező munkáért és a biztatásért. Köszönjük Sály Péternek az elektromos bentikus keretes húzóhálóról készített tervrajzot.

Irodalomjegyzék

- Birk, S., van Kouwen, L., Willby, N. (2012): Harmonising the bioassessment of large rivers in the absence of near-natural reference conditions - a case study of the Danube River. *Freshwater Biology* 57: 1716–1732.
- Freedman, J. A., Stecko, T. D., Lorson, B. D., Stauffer, J. R. (2009): Development and efficacy of an electrified benthic trawl for sampling large-river fish assemblages. *North American Journal of Fisheries Management* 29: 1001–1005.
- Herzog, D. P., Barko, V. A., Scheibe, J. S., Hrabik, R. A., Ostendorf, D.E. (2005): Efficacy of a benthic trawl for sampling small-bodied fishes in large-river systems. *North American Journal of Fisheries Management* 25: 594–603.
- Harka Á. (2011): Tudományos halnevek a magyar szakirodalomban. *Halászat* 104/3-4: 99–103.
- Holčík, J. (1989): *The Freshwater Fishes of Europe*, Vol. 1/2. General introduction to fishes Acipenseriformes. Aula-Verlag, Wiesbaden, Germany, pp. 469.
- Huet, M. (1959): Profiles and biology of western European streams as related to fisheries management. *Transactions of the American Fisheries Society* 88: 155–163.
- Hynes, H. B. N. (1970): *The ecology of running waters*. Univ. Press Liverpool, pp. 555.
- Illies, J. (1962): Die Bedeutung der Strömung für die Biozönose in Rithron und Potamon. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 24: 433–435.
- Illies, J. (ed.) (1978): *Limnofauna Europaea*. A checklist of the Animals inhabiting European Inland Waters, with Account of their Distribution and Ecology. Second revised and enlarged Edition. G. Fischer, Stuttgart and Swets & Zeitlinger, Amsterdam, pp. 532.
- Liška, I., Wagner, F., Slobodnik, J. (2008): *Joint Danube Survey 2*, Final Scientific Report. International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna, pp. 242.
- Literáthy, P., Koller-Kreimel, V., Liška, I. (eds.) (2002): *Joint Danube Survey*. Technical Report of the International Commission for the Protection of the Danube River. International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna, pp. 261.
- Moog, O., Sommerhäuser, M., Robert, S., Battisti, T., Birk, S., Hering, D., Ofenböck, T., Schmedtje, U., Schmidt-Kloiber, A., Vogel, B. (2008): Typology of Danube River sections based on environmental characteristics and benthic invertebrate assemblages. *Fundamental and Applied Limnology/Archiv für Hydrobiologie Suppl. Large Rivers* 166: 127–144.
- Murphy, B. R., Willis, D. W. (eds.) (1996): *Fisheries Techniques*, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 732.
- MSZ EN 14011 (2003): *Water quality – Sampling of fish with electricity (CEN 2003)*. Magyar Szabványügyi Testület, pp. 16.
- Otel, V. (2007): *Atlasul peștilor din Rezervatia Biosferei Delta Dunării*. Editura Centrul de Informare Tehnologică Delta Dunării, INCDDD, Tulcea, pp. 481.
- Tóry K. (1952): *A Duna és szabályozása*. Akadémiai kiadó, Budapest, pp. 454.
- Szalóky Z., György Á. I., Csányi B., Tóth B., Sevcsik A., Szekeres J., Erős T. (2011): Elektromos kecével végzett vizsgálatok első eredményei a Duna monitorozásában. *Pisces Hungarici* 5: 37–42.
- Szalóky, Z., György, Á.I., Tóth, B., Sevcsik, A., Specziár, A., Csányi, B., Szekeres, J., Erős, T. (2014): Application of an electrified benthic frame trawl for sampling fish in a very large European river (the Danube River) – Is offshore monitoring necessary? *Fisheries Research* 151: 12–19.
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummings, K. W., Sedell, J. R., Cushing, C. E. (1980): The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130–137.
- Wiesner, C., Schotzko, N., Cerny, J., Gutí G., Davideanu, G., Jepsen, N. (2007): *Technical report with results from the Fish Sampling and Analyses from the Joint Danube Survey 2007*. International Commission for the Protection of the Danube River, Vienna, pp. 73.

URL1: <http://www.icpdr.org/jds/> (letöltve: 2014.09.06.)

Authors:

Zoltán SZALÓKY (szaloky.zoltan@okologia.mta.hu), Ágnes Irma GYÖRGY, András WEIPERTH, Tibor ERŐS