

## Vízi élőlényközösségek jellemzése szerkezeti és funkcionális jellemvonások alapján: hasonlóságok és különbségek

A posztdoktori OTKA pályázathoz kapcsolódó kutatások a vízi élőlények taxonómiai és funkcionális szerveződését meghatározó tényezők feltárására irányultak. A pályázat megírását elsősorban a következő gondolatok vezérelték. Az élőlényközösségek sokféleségének, tér és időbeli szerveződésének megismerése döntően strukturális mutatókon (pl. fajszám, taxonok relatív mennyisége) alapul. Egyre több publikáció érvel azonban amellelt, hogy a közösségek és a környezeti tényezők kapcsolatának ún. funkcionális válasz változókon alapuló megismerése közelebb vihet az „ökoszisztémák” működésének hatékonyabb megértéséhez, a gyakorlatban pedig segítheti hatékonyabb környezet minősítő rendszerek fejlesztését és közösségi szintű konzervációs eljárások kialakítását. Ezekben az elemzésekben a közösségek építőelemei nem a fajok, hanem azok biológiai jellemvonásai (pl. életmenet, táplálkozás-ökológiai jellemzők). Azonban a funkcionális változókon nyugvó módszerek tudományosan megalapozott gyakorlati alkalmazása kiforratlan és számos kérdést vet fel. Például, nem kellően ismert milyen mértékű az átfedés a szerkezeti és a funkcionális változókon alapuló elemzések között, milyen mértékű és irányú kapcsolat áll fenn a funkcionális változók és egyedi környezeti tényezők vagy komplex környezeti gradiensek között. Ahhoz, hogy e kérdésekre választ találjunk, szükség van arra, 1) hogy részletesen megismerjük a közösségek szerveződését taxon-szerkezetük alapján, 2) hogy megismerjük a közösséget alkotó fajok biológiai jellemvonásait, 3) hogy hatékonyan jellemezzük a közösségeket e biológiai jellemvonások alapján, 4) hogy kidolgozzunk olyan módszereket, amivel a taxonómiai és a funkcionális sokféleség közötti összefüggések leginkább mérhetők. Pályázatunk e kérdéskomplexum köré épült, e kutatási terület fejlesztéséhez próbáltunk hozzájárulni kisebb, specifikus témáinkkal, amelyekhez a „modell szervezetek” a halak és a vízi makroszkópikus gerinctelenek voltak. A pályázat keretében számos SCI publikációt jelentettünk meg és még számosat tervezünk készíteni. Emellett, be kellett lássuk, hogy a pályázat kezdetén eltervezett kutatások és a tőlük várt eredmények némelyike „elavulttá” vált a kivitelezés időtartama alatt (sok hasonló jellegű publikáció született az adott témában), ezért a tervezett kutatást is valamelyest más, ígéretesebb irányba vittük tovább a pályázat keretében végzett gyűjtéseink anyagából. Összefoglalónkban röviden áttekintjük a kutatások főbb eredményeit és bemutatjuk azokat a munkákat, amelyeket a jövőben (egy-két éven belül) tervezünk megírni vagy megjelentetni. Ehelyütt csak kiragadott publikációkat idézünk, a teljes publikációs jegyzék az elektronikus rendszer e célra létrehozott részlegében található.

A kutatások első évének fő feladata a terepi mintavétel volt, de emellett számos, a vállalt feladatokhoz kapcsolódó publikáció is született. Módszertani elővizsgálatok keretében tanulmányoztuk kisvízfolyások halegyütteseinek szerkezetét és tettünk javaslatot a halegyüttesek viszonylag megbízható mintavételére (Sály et al., 2009a; megj.: a hivatkozások részletesen a csatolt publikációk között tekinthetők meg). A 2009. évben e módszertani javaslatokat szem előtt tartva végeztük el felméréseinket, amelyek elsősorban a Marcal és a Zagyva vízgyűjtőjén történtek, de emellett vizsgáltuk a Duna-Ipoly Nemzeti Park, valamint a Zempléni-hegység és a Csereháttól nyugatra eső területeket is. A terepi tapasztalatok alapján a 2009. év igen száraznak bizonyult. Számos mintavételi helyen kiszáradt patakmederrel találkoztunk vagy a rendkívül alacsony vízállás miatt, az elburjánzó növényzet nehezítette a hatékony mintavételt. Ennek ellenére számos tájegységben tudtunk gyűjteni és a felmérések fontos faunisztikai adatokat is eredményeztek (Sály et al. 2009b). A terepen felvett adatok számítógépes rögzítése megtörtént és egyéb (térinformatikai stb. adatbázisokból nyerhető) változók számítása is döntően elkészült. A 2010. évben tovább folytattuk a gyűjtéseket elsősorban a Marcal vízgyűjtő, a Dunántúli dombság és a Duna-Ipoly Nemzeti Park területén. E két éves felmérés keretében több mint 70 mintavételi helyről gyűjtöttünk adatokat a

halállományról és a vízfolyások környezeti jellemvonásairól. A teljes egészében a 2011. évre elkészült abiotikus adattábla a vízfolyás fizikai (pl. szélesség, mélység, aljzat összetétele) és kémiai változói (pl. pH, nitrát koncentráció) mellett a vízgyűjtőre jellemző tájhasználatról tájékoztató változókat is tartalmazza. Emellett használtuk fel a Balaton vízgyűjtőjének kisvízfolyásaihoz kapcsolódó adatokat is, amelyeket hasonló módszertan szerint gyűjtöttünk, azonban ezek az adatok egy korábbi OTKA pályázatnak köszönhetően évszakos gyűjtéseken alapulnak. Ez az országos léptékűvé vált adatbázis számos publikáció elkészítéséhez járult hozzá és járul hozzá a jövőben.

A vízfolyások halegyütteseinek szerveződését széles tér és időskálán, hierarchikus módon érvényesülő tényezők befolyásolják. Munkánk során értékeltük a térbeli strukturáltság, a tájléptékű és a szakasz szintű (lokális) környezeti tényezők jelentőségét kisvízfolyások halegyütteseinek szerveződésében (lásd első részjelentés). A Balaton teljes vízgyűjtőjén, 54 gázolható patakszakaszon egyszeri elektromos halászattal (150m) mintáztuk a halállományt, és emellett rögzítettük az élőhelyi jellemzőket. A vízgyűjtő terület tájborítását földrajzi információs rendszer (GIS) használatával a CORINE 2000 adatbázis alapján jellemeztük. A környezeti és térbeli változók jelentőségét a halegyüttesek szerkezeti variabilitásában parciális redundancia elemzést alkalmazva variancia felosztással vizsgáltuk. A halegyüttesek teljes variabilitását a környezeti és térbeli változók együttesen 30,5 – 56,7 %-ban magyarázták, a vizsgált közösség-szerkezeti változó (jelenlét/hiány vs relatív abundancia adatok), illetve közösség szinttől (teljes halközösség vs őshonos halfajok) függően. Ezen belül a tisztán környezeti változókkal (táji és lokális együtt) és a tisztán térbeli strukturáltsággal magyarázható variabilitás közel azonos volt. A tisztán környezeti változókkal magyarázott variabilitásban a szakasz szintű változók jelentősebbnek bizonyultak, mint a táji változók és alacsony volt e tényezők közös (egymástól szét nem válaszható) hatása. Eredményeink igazolták a térbeli tényezők (mintavételi helyek távolsága, topológiai helyzete), illetve a gátak (árvédelmi töltések) jelentőségét a halegyüttesek szerveződéséért felelős környezeti tényezők relatív jelentőségében (Sály et al., 2011). Jelenleg egy olyan kéziratot dolgozunk (pontosabban dolgozunk át bírálói javaslatok alapján), amely hasonló módon, de a funkcionális közösség szerkezet alapján értékeli a térbeli és a környezeti tényezők jelentőségét hal metaközösségek szerveződésében. Eredményeink szerint a funkcionális szerkezetet sokkal inkább meghatározzák a vízfolyás környezeti jellemvonásai, mint a térbeli tényezők (diszperzió limitáltság, térben eltérő extinkció-kolonizáció dinamika). A taxonómiai és a funkcionális eredményekben tapasztalt eltérések azzal magyarázhatók, hogy a különböző halfajokat (eltérő taxonómiai státusz) (közel) azonos funkciójú halfajok helyettesítene az egyes, környezeti jellemvonásaikban eltérő vízfolyásokban és vagy tájegységekben (Erős et al.).

A Kemence-patak (Börzsöny, Duna-Ipoly Nemzeti Park) vízrendszerében végzett, a halegyüttesek sokféleségére vonatkozó hosszú távú adatsorunkat a pályázat keretében gyűjtött adatsorral kiegészítve, igen gyorsan sikerült közlésre elfogadtatni rangos szakfolyóiratban (Erős és Schmera, 2010). A tanulmány a sokféleség tér és időbeli változásait elemzi, e két skála (tér és idő) viszonyának, jelentőségének meghatározásával. Hangsúlyozza a tér és az idő együttes figyelembevételét a biológiai sokféleség monitorozásában és rámutat a fajszám-idő összefüggés változására a mintavételi szakasz térbeli helyétől függően. A 2008-2011-es gyűjtésekkel kiegészített adatsor azonban lehetőséget teremtett arra is, hogy teszteljük a halegyüttesek taxonómiai és funkcionális variabilitása közötti kapcsolatokat. Ha a halegyüttes taxonómiai összetétele hosszú távon stabil, feltételezhető, hogy a halállomány funkciója is stabil marad hosszú távon, emiatt a halállomány ökológiai szerepe viszonylag egyenletes lehet a vizsgált ökoszisztémában. A halegyüttesek taxonómiai variabilitása azonban eredményezheti azt is, hogy (közel) azonos funkciójú fajok állománya változik időben, de azt is, hogy variabilis lesz a halegyüttes funkció szerinti összetétele. Ez az időbeli dinamika

azonban változhat a vízfolyás hosszanti gradiense mentén is, mert feltételezhető, hogy az alsó szakaszon nagyobb mértékű a kolonizációs folyamatok jelentősége. A funkcionális szerveződés jellemzéséhez az egyik legfontosabb, az ökoszisztéma „működést” közvetlenül befolyásolni tudó változót, a táplálkozási funkciót választottuk. Korábbi, hasonló jellegű tanulmányok kizárólag általános, igen durva szintű kategorizálás alapján határozták meg az egyes halfajok táplálkozás szerinti funkcióját (pl. omnivor, planktivor). Kutatásunkban közvetlen táplálékvizsgálatok eredményein alapulva súlyoztuk a fajok mennyiségét a fajra jellemző táplálék összetétellel. Kimutattuk, hogy a halállomány összetétele (fajkompozíció és relatív abundancia) hosszú távon összességében viszonylag stabil, de azért a halállomány variabilitása növekszik a hosszanti gradiens mentén. Köszönhetően azonban a részletes táplálkozásbiológiai vizsgálatoknak igazolhattuk, hogy az egyes fajok funkciója (fajtól függően), jelentős mértékű évszakos változásokat mutathat. Tavasszal a legtöbb fajra döntően a vízi makrogerinctelenek fogyasztása volt jellemző. Nyáron azonban, e szervezetek kirepülése miatt jelentős mértékben nő a perifiton (kövek felszínét borító, döntően fonalas algából álló, döntően növényi eredetű táplálékalkotó) fogyasztása. Emellett változó mértékben jelentősnek bizonyultak még a szárazföldi eredetű gerinctelen szervezetek is. Ezen évszakos változások pedig a halállomány funkció szerinti összetételének nagyobb mértékű variabilitását eredményezik, mint azt pusztán a taxonómia szerinti összetétel vagy a durva felbontású funkcionális kategorizálás alapján gondolnánk. Az előzetes eredményekből magyar nyelvű közlemény született eddig (Czeplédi és Erős, 2012) és most készül(t) el egy szakdolgozat a Debreceni Egyetem Hidrobiológiai Tanszékén. (Megj. A szakdolgozó hallgató a munkával a 2011. évi Hidrobiológus Napok konferencián a legértelmesebb poszter előadás díjában részesült.) A kutatás eddigi eredményeit, kiegészítő elemzéseket követően, még az idei évben szeretnénk SCI szaklaphoz közlésre benyújtani.

Korábbi kutatásainkban javaslatot tettünk egy új funkcionális diverzitási index alkalmazására. Az új indexet alkalmazva jelen kutatásaink keretében mutattunk rá arra, hogy az élőlény-közösségeket alkotó tagok hozzájárulása a közösségi szintű (teljes) funkcionális sokféleséghez az index segítségével egyszerűen meghatározható (Schmera et al., 2009). Ez a módszer egyszerűbbnek, de egyben hatékonyabbnak bizonyult más eljárásoknál.

A pályázat munkatervi pontjában (Mintázatok halegyüttesek faj és funkcionális diverzitásában – hasonlóságok és különbségek.) feltett kérdésre egyedülálló lehetőséget nyújtott egy finn kutatókkal való együttműködés is. Ennek keretében nemzetközi szinten is egyedülállónak tekinthető adatbázist használva elemeztük a halegyüttesek térbeli sokféleségét, összetételének változásait komplex környezeti gradiensek függvényében, a halak szerkezeti és funkcionális változói alapján (Erős et al., 2009). Rámutattunk, hogy boreális tavak halegyütteseinek a taxonómiai alapú és a funkcionális alapú közösség elemzések egymáshoz igen hasonló eredményt nyújtanak, azaz nagy mértékű az összhang a taxonómiai és a funkcionális szerkezet környezeti gradiensekre adott válaszreakciójában. Kimutattuk továbbá, hogy nagy térbeli léptéket (ökorégió, biom) felölelő közösségszerkezeti elemzéseknél a jelenlét/hiány és a biomassza adatokon alapuló elemzések gyakorlatilag azonos eredményt adnak (Heino et al., 2010), ezért elegendő lehet akár pusztán a fajkompozíció alapján végrehajtani az elemzéseket. Ez fontos szempont a makroökológiai kérdések megválaszolásához szükséges mintavételi eljárások optimalizálása szempontjából. Szintén e kérdéskörhöz kapcsolódóan és együttműködés keretében vizsgáltuk vízi makroszkópikus gerinctelen szervezetek taxonómiai és funkcionális (trait alapú) megoszlását három boreális vízgyűjtőben. Korábbi feltételezések szerint az élőlényegyüttesek trait alapú szerkezete stabilabb, mint a taxonómiai alapú, mert feltételezhető, hogy az egyes élőhelyeken/tájegységekben/régiókban más fajok töltik be ugyanazt a funkciót. Jelenleg átdolgozás alatt álló kéziratunkban (Schmera et al.) igazoljuk, hogy a trait alapú közösségszerkezet korántsem olyan stabil, mint azt korábban feltételezték; hasonló mértékű

variabilitást mutat a taxonómiaihoz (fajkompozíció, relatív abundancia adatok). Jelenleg pedig egy olyan review kéziratot dolgozunk, ami áttekinti az eddigi trait alapú kutatásokat vízfolyásokban, összehasonlítva a taxonómiai alapú elemzésekkel, különös tekintettel a halakra és a makrogerinctelen szervezetekre (Heino et al.).

Az idegenhonos és inváziós fajok ökológiai (funkcionális) szerepének jobb megismeréséhez kapcsolódott az a kutatásunk, amelynek keretében két inváziós gébfaj táplálékának összetételét és táplálékforrás átfedési viszonyait tanulmányoztuk a Duna parti sávjában (Borza et al., 2009). A vizsgálatok rámutattak arra, hogy a két gébfaj a bentikus makrogerinctelen szervezetek hatékony predátoraként fontos szerepet tölt be a dunai bentikus tápanyagforgalomban. A táplálékukat elsősorban a szájméretükből adódó morfológiai különbségeknek megfelelően, de generalista stratégiának megfelelően fogyasztják. A tanulmányban emellett elsőként szolgáltunk adatokkal természetes és mesterséges partszakaszok makrogerinctelen együtteseinek összetételéről, annak évszakos változásairól és halak általi fogyasztásáról a Duna hazai szakaszán. (Megj. A kézirat előszerzője a szakdolgozó hallgató, aki e munkából írt TDK dolgozatával OTDK elő helyezést és ProScientia aranyérmet nyert.)

Korábbi terepi vizsgálatainkhoz kapcsolódik az a tanulmány, amelyet a Bonni Egyetem Zoológiai Intézetének kutatóival együttműködve írtunk (Beckmann et al., 2010). Ennek keretében 12 európai halfaj specifikus áramlásérzékelő sejtcsoportjainak (superficial neuromasts – SN-s) anatómiáját tanulmányoztuk. Fluoreszcens festési eljárással és scanning elektron mikroszkópot alkalmazva meghatároztuk a SN-s testrészek szerinti számát és eloszlását. A korábbi feltételezésekkel ellentétben nem találtunk kapcsolatot a fajok élőhely preferenciáját leíró egyszerű funkcionális változók (reofil, limnofil, indifferens) és a SN száma és testrészhez köthető eloszlása között. Rámutattunk, hogy további részletes vizsgálatok szükségesek az áramlásérzékelő szervrendszer anatómiájának és élettanának megismeréséhez, valamint, hogy az élettani és a („trait-based”) biológiai jellemvonásokon alapuló ökológiai vizsgálatok összekapcsolása kulcsfontosságú a halak áramlásérzékelésének megértéséhez.

Vízi makroszkópikus gerinctelen együtteseken végzett kutatásaink keretében azt vizsgáltuk miként befolyásolja a mintavételi erőfeszítés, a taxonómiai felbontás és az abundancia adatok súlyozása az élőhelyek között mérhető közösségszerkezeti hasonlóságot/különbözőséget (Schmera és Erős, 2011). Igazoltuk, hogy a mintavételi eljárás és adatértékelés módja erősen meghatározza a többváltozós elemzések eredményét, ezért a mintavétel és az adatértékelés standardizálására célszerű nagy hangsúlyt fektetnie a kutatóknak. A biológiai sokféleség megoszlása nem egyenletes az élőhelyek között. Kevésbé ismert, hogy az egyes élőhely-szerveződési szintek milyen mértékben járulnak hozzá a biológiai sokféleséghez, akár taxonómiai akár funkcionális alapú indexel mérjük is a sokféleséget. Vízfolyásokban pl. a mikroélőhely, a gázló-medence, a szakasz, a szegmens, a vízfolyás, a részvízgyűjtő és a vízgyűjtő élőhely-szerveződési szintek a meghatározók a közösségek szerveződésében. Nem ismert azonban, hogy az egyes szintek milyen mértékben járulnak hozzá a sokféleséghez, legalábbis korábbi tanulmányok nem vették figyelembe a mintavételi egység méretét és a mintavételi erőfeszítés szerepét. Kutatásaink igazolták, hogy a mintavételi erőfeszítésnek döntő szerepe van abban, hogy miként értékeljük a sokféleség megoszlását a hierarchikus szerveződési szintek között (Schmera és Erős, 2012).

A közösségek funkcionális szerveződésével foglalkozó kutatások fontos kérdése, hogy az egyes fajok funkciója mennyire egyedi, azaz a fajok mennyire helyettesíthetőek más fajokkal bizonyos funkcióik alapján. A fajgazdagság emberi hatásokra történő, fokozatos csökkenése együtt járhat azzal, hogy funkciójukban közel azonos fajok tűnnek el a közösségből, de azzal is, hogy az egyedi funkciók nagyfokú csökkenése az ökológiai folyamatok megváltozásához/súlyos sérüléséhez vezethet. Vízi makroszkópikus gerinctelen

együttesek taxonómiai és funkcionális összetételét vizsgálva kimutattuk, hogy változatos emberi hatások (szervetlen tápanyag dúsulás [nitrogén és foszfor formák], tájhasználat módosulása, élőhely degradáció, idegen honos inváziós fajok jelenléte) különböző mértékben érintik a makrogerinctelen együttesek faj és funkcionális gazdagságát/összetételét (Schmera et al., 2012). Igazoltuk, hogy a fajgazdagság csökkenése nagy mértékben együtt jár az egyedi funkcionális fajok eltűnésével. Hiába tehát a makrogerinctelenek nagy fajgazdagsága, ez nem jelent biztosítékot arra, hogy az eltűnő fajokat más fajok helyettesíthetik a közösségben.

Az OTKA pályázat keretében végzett kutatásaink saját magunk számára is megvilágították azonban, hogy a taxonómiai és a funkcionális szerkezet közötti kapcsolatok számszerűsítése nagy mértékben függhet attól, hogy miként csoportosítjuk a fajokat a funkcióik alapján. A diverzitási index amit létrehoztunk és tovább fejlesztettünk (Schmera et al., 2009), az összes elemzés amit végeztünk ui. azon alapult, hogy a fajok bizonyos funkciói (trait jellemvonásai) alapján ún. egyedi trait kombinációk szerint csoportosítottuk a fajokat (Erős et al., 2009). Az egyedi trait kombinációk alkalmazásával ún. funkcionális fajokat hozhatunk létre (Ricotta, 2005), ahol a funkcionális fajt a minden trait változóban megegyező értéket felvevő fajok alkotják. Azonban a funkcionális fajok száma nagyban függhet attól, hogy milyen funkcionális csoportosítást alkalmazunk. A kapcsolat a taxonómiai és funkcionális mintázat között pedig attól, hogy milyen a fajszám és a funkcionális fajok számának viszonya. Például, minél kisebb fajszámú közösségeket elemzünk és minél több funkcionális változót vonunk be az elemzésbe, a funkcionális fajok száma annál hasonlóbb a fajszámhoz és mutat azzal azonos mintázatot. Ezért bármilyen elemzésnél (pl. ordináció) hasonló mintázatot adhat a taxonómiai és a funkcionális szerkezet. Nagy fajszámú közösségeknél és kevés funkcionális változónál azonban sok faj kerül azonos csoportba (funkcionális fajba) ezért ebben az esetben a mintázat eltérő lehet. Ez utóbbi esetben pl. az egyedi trait kombinációkon alapuló elemzések a variancia nagyobb részét magyarázhatják az első ordinációs tengelyeken, mint a taxonómiai alapú elemzések esetén. Ezért különös tekintettel kell eljárni, ha a taxonómiai és a funkcionális alapú elemzések közötti hasonlóságokat/különbségeket vizsgáljuk. Azonban még ha nagyfokú korrelációt tapasztalunk is a taxonómiai és a funkcionális elemzésekkel nyert mintázatelemzések során, a funkcionális (trait alapú) elemzések akkor is hasznosak lehetnek, mert közvetlen információt nyújtanak a vizsgált funkciók megoszlásáról.

A pályázatból tehát születtek inkább elméleti, a funkcionális sokféleség meghatározásához kapcsolódó publikációk. Születtek olyan munkák, amelyek a közösségek reprezentatív gyűjtésének témakörénél „leragadtak”; fontosak azonban ahhoz, hogy a jövőben megalapozottan értékelhessük akár a taxon akár a funkció alapú közösségszerveződési mintázatokat. Születtek (és kidolgozás alatt vannak) olyanok, amelyek egy-egy funkció pontosabb meghatározását tűzték ki célul egy-egy faj/közösség esetében. Születtek olyanok, amelyek a taxonómiai (strukturális) és a funkcionális alapú összetétel térbeli és időbeli változásaival foglalkoznak és vizsgálták a kapcsolatot (összhangot vagy eltérést) a taxonómiai és a funkcionális szerkezet között.

A pályázat időtartama alatt azonban több olyan cikk is megjelent más kutatócsoportoktól, ami a taxonómiai és funkcionális sokféleség/szerkezet összhangját értékeli igen impresszív adatbázisok alapján (pl. Ibañez et al., 2009; Devictor et al., 2010; Strecker et al., 2011). Ezekkel a munkákkal a mi gyűjtéseink „sajnos” nem vehették fel a versenyt. Emellett, mint fent röviden bemutattuk részleges zsákutcának értékelhetjük a taxonómiai és a funkcionális szerkezet közötti kapcsolatokat számszerűsítő kutatásainkat. (Ennek ellenére fontosak voltak e kérdéskör jobb megítéléséhez, fejlesztéséhez.) E kutatásaink és az ezekből szerzett tapasztalatok azonban új kérdések megfogalmazásához járultak hozzá, amit a pályázatból végzett gyűjtéseknek köszönhetően meg tudtunk valósítani.

A gráfelméleti módszerek alkalmazása növekvő népszerűségnek örvend a teresztris ökológiában, mert e módszerek segítségével hatékonyan jellemezhető az élőhelyek topológiai elhelyezkedése a tájban és a közöttük levő kapcsolatok (anyag és energiaáramlás, populációk, egyedek, genetikai állomány vándorlása). A módszer jelentősége különösen kiemelkedő a természetvédelmi biológiában, az egyes élőhelyek/populációk fontosságának rangsorolásához. A hálózatelemzési módszerek vízi rendszerekre való alkalmazására azonban alig találunk példát. Az OTKA pályázat keretében a Zagyva-Tarna vízgyűjtőn 2009-ben végzett felméréseink adatait felhasználva bemutattuk, miként használhatjuk a gráfokat vízfolyáshálózatok modellezésére és vízfolyás szegmensek természetvédelmi értékelésére (Erős et al., 2011). A Zagyva vízgyűjtő szerkezetének irányítatlan gráfként való felrajzolásával megállapítottuk az egyes szegmensek fontosságát a konnektivitás fenntartása szempontjából. Ezután a halegyüttesek természetvédelmi értéke, a vízfolyás mérete és a konnektivitásban fenntartott jelentősége alapján megkerestük a védelemre leginkább érdemes szegmenseket, ebben a cikkben még pusztán a taxonómiai szerkezet alapján. Eredményeink felhívták a figyelmet a gráfelméleti/hálózatelemzési módszerek alkalmazásának fontosságára vízi rendszerekben. (Megj. A publikáció úgy tűnik nagy nemzetközi érdeklődésre tart számot. Pl. Már számos hivatkozást kapott és több kutató jelezte az Egyesült Államokból, hogy tananyagként, szemináriumokon hasznosítja cikkünket.) E munka folytatásaként áttekintettük az eddig alkalmazott módszereket a konnektivitás mérésére édesvizekben és módszertani keretet adtunk a gráfelméleti módszerek alkalmazásra (Erős et al., 2012).

Szintén az OTKA pályázat keretében (alapkutatási céllal) végzett gyűjtéseink járultak hozzá ahhoz, hogy most adatokkal rendelkezünk a súlyos környezeti katasztrófát szenvedett Marcal vízgyűjtő halegyütteseiről. Emellett megismertük a vízgyűjtőt és a 2010. évi „vörösiszap katasztrófát” követően már célzott felmérés keretében vizsgáltuk a folyó halállományának visszatelepülését. A munkának nagy gyakorlati jelentősége van (revitalizációs munkák tudományos alapozása, horgász társadalom, civil szervezetek tájékoztatása stb.), de emellett lehetőséget teremtett arra, hogy megismerhessük a halállomány visszatelepülését egy olyan folyóba, amelynek élővilága szinte teljesen kipusztult. Kutatásunk fő témája meghatározni miként befolyásolja a térbeli pozíció, hogy milyen szerkezetű és funkciójú halegyüttesek alakulnak ki a vízfolyásban, különös tekintettel az őshonos és a vízgyűjtőn megtalálható inváziós fajok kapcsolatára.

Az OTKA pályázat tehát új kutatási kérdésekhez is vezetett, ezáltal újabb pályázatok alapjait teremtette meg. Felismerve, hogy a térbeli szerkezetnek mily nagy jelentősége van a vízi élőlényközösségek szerveződésében, új pályázati tervünkben a térbeli (topológiai kényszerek) és a környezeti tényezők hatásainak vizsgálatára tettünk kutatási javaslatokat.

## Irodalom

- Beckmann, M., Erős, T., Schmitz A., Bleckmann, H. (2010): Number and distribution of superficial neuromasts in twelve common European Cypriniform fishes and their relationship to habitat occurrence. *Int. Rev. Hydrobiol.* 95: 273-284.
- Borza, P., Erős, T., Oertel, N. (2009): Food resource partitioning between two invasive gobiid species (Pisces, Gobiidae) in the littoral zone of the River Danube, Hungary. *Int. Rev. Hydrobiol.* 94: 609-621.
- Czeglédi, I., Erős, T. (2012): Halak táplálékának összetétele egy közephegységi vízfolyásban. *Hidrológiai Közlöny.* (bírálat alatt)
- Devictor, V., Mouillot, D., Meynard, C., Jiguet, F., Thuiller, W., Mouquet, N. (2010) Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity: the need for integrative conservation strategies in a changing world. *Ecology Letters* 13: 1030-1040.

- Erős, T., Heino, J., Schmera, D., Rask M. (2009): Characterizing functional trait diversity and trait-environment relationships in fish assemblages of boreal lakes. *Freshwater Biology* 54: 1788-1803.
- Erős, T., Olden, J.D., Schick, R.S., Schmera, D., Fortin, M-J. (2012): Characterizing connectivity relationships in freshwaters using patch-based graphs. *Landscape Ecology* 27: 303-317.
- Erős, T., Schmera, D. (2010): Spatio-temporal scaling of biodiversity and the species-time relationship in a stream fish assemblage. *Freshwater Biology* 55: 2391-2400.
- Erős, T., Schmera, D., Schick, R.S. (2011): Network thinking in riverscape conservation – a graph-based approach. *Biological Conservation* 144: 184-192.
- Erős, T., Sály, P., Takács P., Specziár, A., Bíró P. (xxxx): Temporal variability in the spatial and environmental determinants of functional metacommunity organization: stream fish in a human modified landscape. *Freshwater Biology (átdolgozás alatt a bírálókat alapján)*
- Heino J., Schmera D., Erős T. (xxxx) A macroecological perspective of trait patterns across stream communities. *Készülő kézirat*
- Heino, J., Erős, T., Kotanen, J., Rask, M. (2010): Describing lake fish communities: Do presence-absence and biomass data show similar spatial and environmental relationships? *Boreal Environment Research* 15: 69-80.
- Ibañez C., Belliard J., Hughes R.M., Irz P., Kamdem-Toham A., Lamouroux N., Tedesco P.A. & Oberdorff T. (2009) Convergence of temperate and tropical stream fish assemblages. *Ecography* 32: 658-670.
- Ricotta, C. (2005) A note on functional diversity measures. *Basic and Applied Ecology* 6: 479-486.
- Sály, P., Erős, T., Takács, P., Specziár, A., Kiss I., Bíró, P. (2009a): Assemblage level monitoring of stream fishes: the relative efficiency of single vs. double pass electrofishing. *Fisheries Research* 99: 226-233.
- Sály, P., Takács, P., Erős, T. (2009b): Halfaunisztikai vizsgálatok Borsod-Abaúj-Zemplén megye északi térségében. *Állattani Közlemények* 94: 73-91.
- Sály, P., Takács, P., Kiss, I., Bíró, P., Erős, T. (2011): The relative influence of spatial context and catchment- and site-scale environmental factors on stream fish assemblages in a human-modified landscape. *Ecology of Freshwater Fish* 20: 251-252.
- Schmera, D., Erős, T. (2011): The role of sampling effort, taxonomical resolution and abundance weight in multivariate comparison of stream dwelling caddisfly assemblages collected from riffle and pool habitats. *Ecological Indicators* 11: 230-239.
- Schmera, D., Podani, J., Erős, T. (2009) Measuring the contribution of community members to functional diversity. *Oikos* 118: 961-971.
- Schmera, D., Erős, T. (2012): Spatial scale of the sampling influences the variation of invertebrate diversity among different levels of a stream habitat hierarchy. *Int. Rev. Hydrobiol.* 97: 74-82.
- Schmera, D., Baur B., Erős, T. (2012): Does functional redundancy of communities provide insurance against human disturbances? An analysis using regional-scale stream invertebrate data. *Hydrobiologia* DOI: 10.1007/s10750-012-1107-z
- Schmera, D., Erős, T., Heino, J. (xxxx): Spatial variation in the species traits of stream invertebrate communities reflects regional environmental differences at high latitudes. (kézirat átdolgozás alatt)
- Specziár, A., Takács, P., Czeglédi, I., Erős, T. (2012): The role of the electrofishing equipment type and the operator in assessing fish assemblages in a non-wadeable lowland river. *Fisheries Research* 125-126: 99-107.

Strecker AL, Olden JD, Whittier JB, Pauker CP. (2011) Defining conservation priorities for freshwater fishes according to taxonomic, functional and phylogenetic diversity. *Ecological Applications* [doi:10.1890/11-0599.1] in press