

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**Cladocera-közösségek abundanciájának és
diverzitásának változása különböző hasznosítású
holtmedrekben**

Berta Csaba

Témavezető: Dr. Nagy Sándor Alex egyetemi docens



DEBRECENI EGYETEM
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2020

Bevezetés

Magyarország számos, kisebb nagyobb kiterjedésű állóvizekhez köthető, természeti értékkel rendelkezik. Ezen állóvizek állapota az év döntő részében nem mutat megfelelő vízminőségű állapotokat. A Tisza folyó szabályozása következtében számos holtmeder alakult ki, amelyeket az utóbbi években egyre szélesebb körben kezdtek el kutatni (Dévai és mtsai., 2001;Pálfai, 2001). Ezek a kis kiterjedésű állóvizek fontos szerepet töltenek be az adott régió sokféleségének fenntartásában (Strayer és Dudgeon, 2010). Ezek a víztestek fontos részét képezik az adott ökoszisztémának és mindemellett szerepük van az adott terület gazdasági-társadalmi feladatok megoldásában (Limburg és Waldman, 2009).

Napjaink fokozódó antropogén hatásai befolyással vannak ezekre a vízterekre, legyenek azok a Föld bármelyik kontinensén. A különféle hatások vizsgálatára használhatunk ökológiai indikátorokat, amelyek segítségével pontosabb képet alkothatunk a hatás okairól és mértékéről (Dale és Beyeler, 2001). Kutatásunk során az ágascsapú rákokat (Cladocera) használtuk, mint indikátor szervezeteket. Közösségük szerkezete és abundanciája tág határok között változik, igen érzékenyen reagálnak az általuk elfoglalt környezetben bekövetkező változásokra. Jól használhatóak az eutrofizáció monitorozásában (Korponai és mtsai., 2011), mivel a növényborítottság növekedésével a litorális fajok mennyisége megnövekszik, a planktonikus fajok mennyisége pedig lecsökken. A klimatikus viszonyok változásának köszönhetően átalakul elterjedésük, szaporodásuk, de főleg a fajösszetétel mennyiségi viszonyainak átalakulása a legmarkánsabb (Battarbee és mtsai., 2002). A vizek táplálékhálózatában fontos haltáplálék szervezetek, de a fitoplankton mennyiségét is szabályozzák. A predáció hatására lecsökken az ágascsapú rák fajok egyedsűrűsége (Persson és mtsai., 2004), a kis mérettartományba tartozó fajok lesznek dominánsak a közösségen belül, illetve a jelenlévő recens közösség tagjai testméretük csökkenésével reagálnak (Mehner és mtsai., 2016).

A recens Cladocera közösség vizsgálatával következtetéseket vonhatunk le az adott pillanatban bekövetkező változásokról, míg a szubfosszilis közösség vizsgálatával a múltban bekövetkezett változásokra adhatunk következtetéseket. A két fajta közösség egyidejű vizsgálatára történő kutatások hiányosak, de indokolt lenne a két közösség azonos időben történő vizsgálata (García-Giron és mtsai., 2018). Munkánk során arra kerestük a választ, hogy a recens és a szubfosszilis közösség abundanciája és diverzitása hogyan reagál az adott víztest aktuális hasznosítási formájára. Az ágascsapú rákokra vonatkozóan eddig nem történt olyan kutatás, mely a víztest hasznosítási formájának és a közösség szerkezetének kapcsolatát írta volna le.

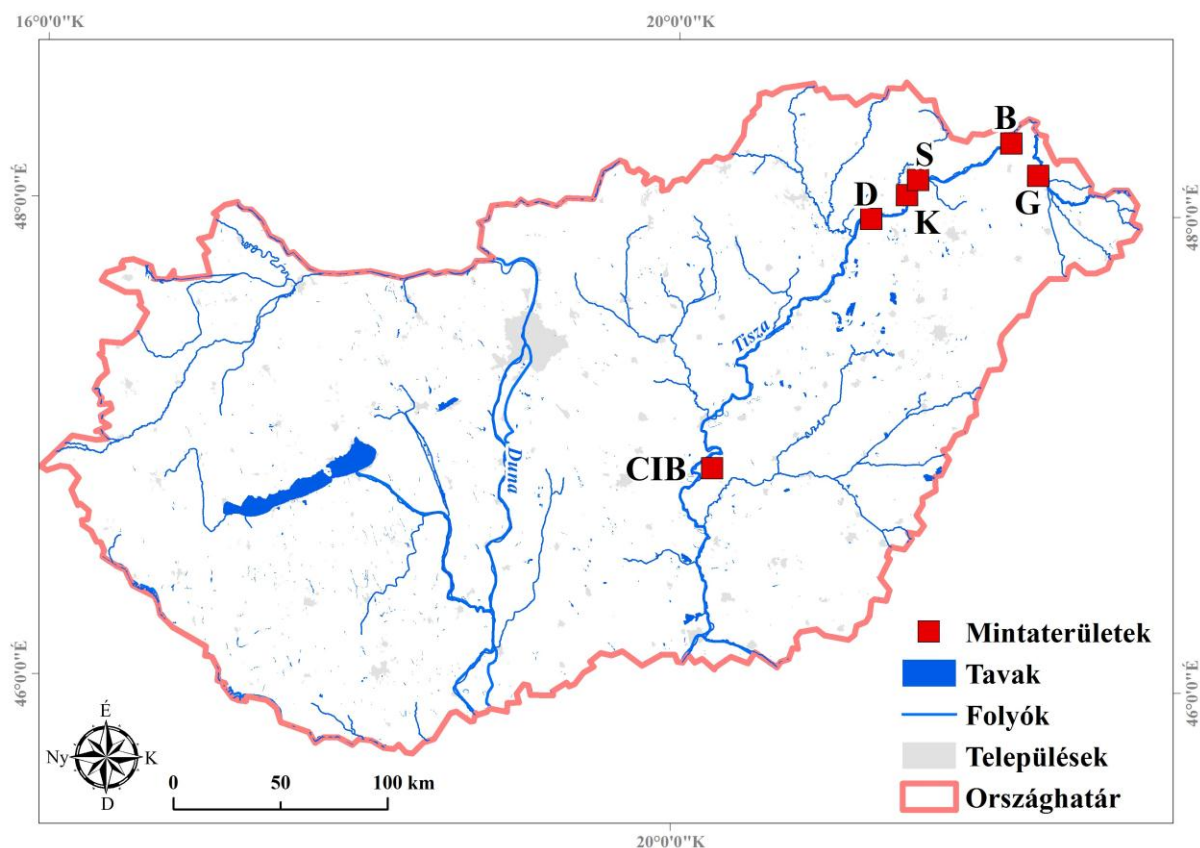
Célkitűzések

Munkánk során az alábbi kérdésekre kerestünk a válaszokat:

1. A Cladocera fajok jelzik-e egy holtmeder jelenlegi hasznosítási formáját?
2. Szükséges-e a recens és szubfosszilis Cladocera közösségek egyidejű vizsgálata ahhoz, hogy a víztér jelenlegi hasznosítási formájának hatását megállapítsuk a közösség összetételére nézve?
3. Milyen hatása van a védett vizes élőhelyeknek a Cladocera közösség diverzitásának fenntartásában?

Anyag és módszer

Kutatásunkat öt különböző hasznosítás alatt álló holtmederben végeztük el a Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán (1. ábra), ill. egy vegyes hasznosítású holtmederben a közép-tiszai szakaszon (1. ábra). A Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán található medrek esetében 6-6 mintavételi helyet jelöltünk ki, lefedve a meder sajátosságait. A közép-tiszai holtmeder esetében – a hasznosítás függvényében – összesen 15 mintavételi helyet jelöltünk ki.



1. ábra. Mintavételi területeink elhelyezkedése. Jelölések: G – Gyürei Holt-Tisza, B – Bodonyszögi Holt-Tisza, S – Szabolcsi Holt-Tisza, K – Kis-Zátony tó, D – Tiszadobi Holt-Tisza Malom Tisza mederrendszere, CIB – Cibakházi Holt-Tisza.

A Felső-Tisza menti holtmedrek mintavételi helyein megtörtént az üledék minták begyűjtése, amit gravitációs mintavevővel (Glew, 1991) végeztünk el, azonban vizsgálatra csak az üledék felső 1 centiméteres lágy részét használtuk fel. Az üledékből történő Cladocera feltárást Korhola és Rautio (2001) standard módszerével végeztük. A mintákból 100 mikroliterenként történt a fajszintű határozás Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007) és Frey (1987) határozókönyvei alapján, minimum 400 maradvány/200 egyed azonosításával.

A vízmintavételt merítéses módszerrel végeztük el, ezen felül a helyszínen megtörtént a mélység/átlátszóság mérés Secchi-koronggal, valamint vezetőképesség és pH mérés. Laboratóriumban meghatároztuk a KOI^{PS}, Fe és Mn tartalmat.

A holtmedrek elkülönülésének mérését nem metrikus multidimenziós skálázással végeztük, Gower hasonlósági koefficienssel, a számítás PAST v.2.17c szoftverrel

történt. IndVal indexet számoltunk a megtalált fajokra vonatkozóan, hogy kiderítsük vannak-e olyan fajok, melyek indikátor értékkel rendelkeznek az adott víztest hasznosítására vonatkozóan. A számítást R programnyelvvél végeztük De Cáceres és Jensen (2015) által kiszámított *indicspecies* programcsomag segítségével. Klasszifikációs fa analízissel értékeltük gyakori fajokra vonatkoztatva a medrek hasznosításának elkülönülését (De' Ath és Fabricius, 2000).

A Cibakházi Holt-Tisza esetében is megtörtént az üledék mintavétel szintén a fent említett gravitációs mintavételi módszerrel. Ezen kívül a recens állomány mintázást Schindler-Patalas féle plankton csapdával végeztük el. Terepen mértük a víz hőmérsékletét, oldott oxigén koncentrációját, vezetőképességét és pH-ját. Szintén Secchi-koronggal állapítottuk meg a mélységet és átlátszóságot. Laboratóriumi vizsgálatokkal meghatároztuk a minták klorofill-a, oldott lebegőanyag, orto-foszfát és az oldott szerves nitrogén tartalmát (EPA 445.0; EPA 365.3; EPA 160.2; EPA 1678). Ezen felül az üledék szerves anyag és CaCO₃ tartalmát is meghatároztuk izzítási módszerrel.

A recens mintákat tartósítottuk és festettük (Safranin-glicerin), az üledék feltárását szintén Korhola és Rautio (2001) módszere alapján végeztük el. A recens minták esetében 200 egyedig számoltunk Frey (1986), Gulyás és Forró (1999) és Błedzki és Rybak (2016) határozóit alkalmazva. A szubfosszilis fajok esetében 400 maradvány/200 egyedig határoztunk Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007) és Frey (1987) határozókönyvei szerint.

A recens és szubfosszilis Cladocera közösség eredményeire diverzitás partíciónálást végeztünk „adespatial” csomag segítségével. A mintavételi helyeken meghatározott közösségekre Simpson-diverzitás számítást végeztük PAST v.2.17c program segítségével. Nem metrikus multidimenziós skálázást (NMDS) alkalmaztunk a holtmedrek mintavételi helyein megjelent Cladocera fajokra és egyedsűrűségeikre, hogy kimutassuk a medrek közötti hasonlóságokat/különbségeket.

Eredmények és értékelésük

1. Cladocera fajok jelzése a holtmeder hasznosítására vonatkozóan

A Cladocera közösség fajszáma és egyedsűrűsége eltéréseket mutatott a különböző hasznosítás alatt álló holtmedrekben. A Felső-Tisza menti holtmedrek Cladocera közösségeinek fajszámai alapján elmondhatjuk, hogy a természetvédelmi oltalom alatt álló holtmederben találtuk meg a legtöbb fajt (26), míg a halasított (horgásztatott) Szabolcsi Holt-Tisza esetében sokkal kevesebbet, itt csak 13 került elő. Ezt a tendenciát a Cibakházi Holt-Tisza természetvédelmi oltalom alatt álló és halasított mederrészének vizsgálata során is kimutattuk. A védett mederrész recens Cladocera közösségét 16 faj alkotta, míg a halasított mederszakaszban 9 fajt találtunk meg. Ez a megállapítás egybevág azokkal az eredményekkel (Christoffersen, és mtsai., 1993; Iglesias és mtsai., 2011; Amundsen és mtsai., 2013) amelyekben igazolták, hogy a planktont fogyasztó halak méret szelektív táplálkozása csökkenti a közösség fajszámát és abundanciáját. Megnövekedett predációs nyomást mutattunk ki a Cibakházi Holt-Tisza halasított mederrészében, amely során a fajszámok alacsonyabban alakultak, mint a védett

mederrészben, illetve a kisméretű Cladocera fajok (*Bosmina spp.*, *Moina spp.*) dominanciája került előtérbe.

A környezeti változók hatásait figyelembe véve is arra a megállapításra juthatunk, hogy a Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasza az NMDS analízis eredménye alapján elkülönül a más hasznosítás alatt álló holtmedrektől, illetve a hasonló hasznosítás alatt álló medrek nagyfokú hasonlóságot mutatnak egymással. A Cibakházi Holt-Tisza esetében elvégzett NMDS analízis eredménye is eltérést mutatott, igaz árnyaltabb formában. A fajszámok tekintetében sem a recens sem a szubfosszilis fauna nem jelzett elkülönülést a mederrészek (egyben hasznosítási formák) között. Az egyedsűrűsége vonatkoztatott analízis azonban már nagyobb fokú elkülönülést mutatott a mederrészek között.

Az IndVal analízis eredménye alapján kijelenthetjük, hogy a legtöbb szignifikáns indikátor értékkel rendelkező faj a természetvédelmi oltalom alatt álló Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszerének Malom-Tisza szakaszában jelent meg. Összesen hét faj mutatott indikátor értéket erre a hasznosítási formára, amelyek a következők: *Alona rustica*, *Alonella nana*, *Camptocercus rectirostris*, *Leydigia leydigi*, *Oxyurella tenuicaudis*, *Pleuroxus trigonellus* és a *Pleuroxus uncinatus*. Az *A. nana* jelenléte – irodalmi adatok alapján – alacsony trofitású vizeket jelöl (Whiteside, 1970), kedvező minőségi állapotokat indikál. Ezzel összhangban a *L. leydigi* és a *P. uncinatus* faj szintén kedvező (mezotróf) körülményekre utal (Casper, 1985; Mirosław-Grabowska és mtsai., 2018). Itt meg kell említeni azonban, hogy egy ilyen típusú víztér esetében a legoptimálisabb trofitási szint a mezotróf állapot. Az *O. tenuicaudis* egy ritka faj Kattel és mtsai. (2008) kutatása szerint. Michael és Frey (1983) arra kereste a választ, hogy az *O. tenuicaudis* kozmopolita faj, avagy sem (jelenleg a Cladocera közösség egyetlen tagja sem tekinthető kozmopolita fajnak (Forró és mtsai., 2007). Az azonban ismert a fajról, hogy világviszonylatban tág térbeli elterjedésű, de igen ritka előfordulású. Ida (1990) 10 éven keresztül vizsgált állóvizeket szerte Japánban és a vizsgálat során, egyetlen víztestből tudta kimutatni. Mindezek tudatában az *O. tenuicaudis* fontosságát nehéz értékelni. Igaz, hogy széles körűen elterjedt, de ritka megjelenésű, a mintánkénti egyedszámok nagyon alacsonyan alakulnak (Michael és Frey, 1983). Ez a tendencia kutatásunk során is megfigyelhető, csak a természetvédelmi oltalom alatt álló holtmederben jelent meg alacsony egyedsűrűséggel. A ritka és értékes *C. rectirostris* (Mirosław-Grabowska és Niska, 2005) szintén szignifikáns indikátor értéket mutatott a hasznosítási formára. A fajra jellemző, hogy „clear-water” állapotához társítják, és egy fontos szereplő a vizek átlátszóságának fenntartásában (Zhang és mtsai., 2010).

A regressziós fa analízis eredménye szerint, az *Acroperus harpae* abundanciája alapján elkülönülnek egymástól a különböző hasznosítású holtmedrek. Abban az esetben, ha az *A. harpae* egyedsűrűsége kevesebb, mint $15,5 \text{ ind./cm}^{-3}$, akkor a Bodonyszögi Holt-Tisza és a Szabolcsi Holt-Tisza első fokon elkülönül további három holtmedertől. Mindkét mederről elmondható, hogy intenzíven telepített és horgászati hasznosítás alatt áll. A fennmaradó három meder esetében a haltelepítés kettő esetében tiltott. Abban a két mederben, ahol horgászni lehet, de telepíteni nem, az *A. harpae* egyedsűrűsége nagyobb, mint $15,5 \text{ ind./cm}^{-3}$, de kevesebb, mint $103,5 \text{ ind./cm}^{-3}$. A Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom-Tisza szakasza esetében az *A. harpae* egyedsűrűsége meghaladja a $103,5 \text{ ind./cm}^{-3}$ értéket. A holtmeder esetében sem a

haltelepítés, sem a horgászat nem engedélyezett. Szakirodalmi adatok alapján, az *A. harpae* jelenléte szignifikáns korrelációt mutat az alacsony halbiomasszával (Davidson és mtsai., 2007; Cañedo-Argüelles és mtsai., 2017). Az analízis során kimutatott másik két faj (*Alonella excisa* és *Alona guttata*) fitofil, a sűrű makrovegetációval rendelkező élőhelyet részesítik előnyben (Illyová és Némethová, 2005; Davidson és mtsai., 2007). Eredményeink alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy az *A. harpae* egy kiváló indikátor, mivel egyedsűrűségének növekvő tendenciája jelzi a víztest hasznosítási formájában bekövetkezett folyamatokat.

2. Hasznosítási formák hatásainak vizsgálata recens és szubfosszilis Cladocera közösség egyidejű összehasonlító elemzésével

A Felső-Tisza Gyüre és Tiszadob közötti szakaszán található holtmedrek esetében, csak az üledék analízisét végeztük el. Az összesen megtalált fajok száma 34 volt, amelyek különböző arányban jelentek meg az egyes vizsgált holtmedrekben. Az adott régió fajkészletének 76,5 %-át találtuk meg a Tiszadobi Holt-Tisza mederrendszer Malom Tisza szakaszában, 70,5 %-át a Gyürei Holt-Tiszában, 64,7 %-át a Bodonyszögi Holt-Tiszában, 55,8 %-át a Kis-Zátony tóban, míg a Szabolcsi Holt-Tisza esetében 38,2 % volt jelen. Valószínűsíthető, hogy a holtmedrek vizsgálata során több fajt tudunk volna azonosítani, ha elvégeztük volna a recens közösség vizsgálatát is. Adataink alapján viszont kijelenthető, hogy több olyan fajt sikerült azonosítanunk, amelyek az üledékhez kötötten fordulnak elő. Abban az esetben, ha csak a recens közösséget mintáztuk volna ezekben a medrekben, akkor csak a „hibásan” elvégzett mintavétel esetén találkozhattunk volna ezekkel a fajokkal. Ez a hiba abból eredhet, hogy a medrek sekélysége miatt könnyen felkeveredhet az üledék felső rétege, így azt a mintavevő átszűri. Az egyik domináns fajunk a *Chydorus sphaericus* volt, amelyik mindegyik holtmeder összes mintavételi helyén megjelent.

A kérdéskör pontosabb megismerése érdekében vizsgálatainkat elvégeztük a Cibakházi Holt-Tisza esetében is, itt azonban mind a recens, mind a szubfosszilis Cladocera közösséget egyidejűleg próbáltuk értékelni. Kutatásunk megerősítette azokat a korábbi eredményeket, miszerint csak a recens közösség vizsgálata szinte minden esetben alábecsüli a víztér teljes Cladocera együttesét. Másrészt, a szubfosszilis közösség vizsgálata már kielégítő adatokat szolgáltat a közösség szerkezetét tekintve, reprezentatív adatokat szolgáltatva a planktonikus és litorális fajok akkumulációjából. A holtmederben 28 Cladocera faj egyedeit azonosítottuk, amelyből 13 faj volt közös a recens és a szubfosszilis közösség tekintetében. Négy olyan Cladocera fajt azonosítottunk, amelyik csak a recens közösségben volt jelen és 10 fajt, amelyik csak a szubfosszilis közösségben. A recens közösséget 17 faj alkotta, míg a szubfosszilis közösséget 23 faj, amely a teljes fajgazdagság több, mint 80 %-a. Eredményeink alapján azt tapasztaltuk, hogy a planktonikus és litorális közösség becslése kielégítő a két együttesre nézve, míg a bentikus közösség száma és egyedsűrűsége alábecsült. Eredményeinket hasznosítási formákra lebontva hasonló tendenciákat figyelhetünk meg, a védett mederrész, a recens közösségében 13 faj, míg a szubfosszilis közösségében 20 faj volt. A halasított mederrész esetében a recens közösség 9 fajból, míg a szubfosszilis közösség 16 fajból állt. A rekreációs hasznosítású mederrészben

pedig 14 faj képviselte a recens közösséget és szintén 14 faj a szubfosszilis közösséget. Adataink alapján arra a következtetésre juthatunk, hogy a recens közösség alacsonyabb fajszámaira legnagyobb hatással a halak általi predáció van (Vijverberg és Boersma, 1997; Nevalainen és Luoto, 2016).

A ragadozók bentikus Cladocera közösségére gyakorolt hatásairól nem rendelkezünk egyértelmű információkkal. Csak néhány olyan kutatásról tudunk, amelyekben vizsgálják a halak hatását a szubfosszilis Cladocera közösségre (Jeppesen és mtsai., 2003; Amsinck és mtsai., 2006; Jeppesen és mtsai., 2011). Jeppesen és mtsai. (2011) hideg égövi tavakat tanulmányozva arra a következtetésre jutottak, hogy a halak predációs nyomásának nincs szignifikáns hatása a szubfosszilis Cladocera közösség egyedsűrűségére, de a makroszkopikus vízi gerinctelen fauna hatását pozitívan igazolták. Feröer szigeteki tavak vizsgálatánál Amsinck és mtsai. (2006) kimutatta, hogy a barna pisztráng jelenléte kevésbé meghatározó a közösség szerkezetének alakításában. Mérsékelt égövi állóvizekre vonatkozóan a kevés és nem egyértelmű információkhoz hasonlóan mi is azt tapasztaltuk, hogy a halak általi predáció kevésbé fontos tényező a szubfosszilis közösség szerkezetének kialakításában, mint a recens közösség esetében. Ez a megállapítás azzal is magyarázható, hogy a Cladocera közösségek hasonló képet mutatnak a különböző hasznosítás alatt álló mederrészekben. Összefoglalva elmondhatjuk, hogy esetünkben a recens Cladocera közösség jobban reflektál a hasznosítási formákra, de a teljes fajkészlet átalakulásához nélkülözhetetlen a szubfosszilis közösség ismerete. Ezt a megállapítást tette Brendonck és De Meester (2003) Cladocera fajok tartóspetéinek vizsgálata során, illetve Vandekerckhove és mtsai. (2005) Cladocera fajok tartóspetéből történő kikelésük és újbóli közösségük kialakításának vizsgálata során is. Mindkét kutatócsoport arra a következtetésre jutott, hogy a szubfosszilis Cladocera maradványok vizsgálatával pontosabb képet alkothatunk a teljes fajgazdagságra és közösség szerkezetre vonatkozóan, mint kizárólag a recens közösség vizsgálatára irányuló hagyományos pontszerű mintavételekkel. Ennek oka az, hogy az üledék magában foglalja a bentikus közösség egyedeit is, ezzel együtt pedig magukba integrálnak tér- és időbeli heterogenitást, valamint az évenkénti változásokat is.

Az üledék Cladocera közössége esetében nagyobb fajszámokat mutattunk ki, mint a recens közösség esetén mindhárom hasznosítási forma alatt (védett, halasított, rekreációs). Ezért annak érdekében, hogy reprezentatív képet kapjunk egy sekély állóvíz (holtmeder) teljes Cladocera közösségéről, szükségesnek tartjuk mind a recens mind a szubfosszilis Cladocera közösség bevonását a kutatásba. A mintavételi módszerek (szűrés és üledék mintavétel) egyidejű alkalmazása, valamint az eredmények egyidejű értékelése összetettebb képet ad a teljes fajkészlet és közösség alakulására vonatkozóan.

3. Védett terület hatása a Cladocera közösség diverzitásának fenntartásában

A Cibakházi Holt-Tisza faj és egyedsűrűség adataira kiszámoltuk az egyes mederrészek Simpson index értékeit. Fajszámok tekintetében a mederrészek jól elkülönülnek egymástól és minden esetben a védett mederrész szubfosszilis közössége tartalmazza a legtöbb Cladocera fajt. Az egyedsűrűség értékeket nézve, azonban más

képet kapunk. Ebben az esetben, a halasított mederrészben találtuk meg a legnagyobb egyedsűrűségeket. Ez azzal magyarázható, hogy azok a kisméretű Cladocera fajok, amelyek nem estek áldozatául a halaknak, képesek voltak a mederrészt nagyobb egyedsűrűséggel kolonizálni. Ezzel az előnyükkel, nagyobb mértékben kolonizálják az adott vízteret és kisebb méretűeknek köszönhetően nagyobb egyedszámuk lehet az adott élőhelyre vonatkoztatva. Reissing és mtsai. (2006) megállapították, hogy haltelepítés esetén megnő a kis testméretű zooplankton fajok relatív egyedsűrűsége. Mindezen felül azt is megállapíthatjuk, hogy a rekreációs céllal hasznosított mederrész mind a fajszámokat, mind az egyedsűrűségeket figyelembe véve egy átmenetet képvisel a védett és a halasított mederrész között.

A Simpson diverzitási indexeket vizsgálva azt a megállapítást tehetjük, hogy kimutatható az egyes hasznosítási formák hatása a közösség szerkezetére. A Simpson-index azt mutatja ki, hogy mekkora valószínűsége van annak, hogy a közösségen belül véletlenszerűen kiválasztott kettő egyed különböző fajba tartozik. Minél jobban közelít az index értéke az egyhez, annál egyenletesebb eloszlású a közösségünk (Nevalainen, 2010). A halasított mederrészben a recens közösség vizsgálat során tapasztaltuk a legalacsonyabb diverzitás értékeket (0,4973 és 0,6150 között). Ezen mederrész recens Cladocera közösségét dominánsan két faj egyedei alkották (*Chydorus sphaericus* és *Bosmina longirostris*) és a teljes egyedsűrűség több mint 50 %-át tették ki. Ez az eredmény alátámasztja a halasítás hatását a holtmeder halasított mederrészében. Brucet és mtsai. (2010) különböző abiotikus és biotikus környezeti változók hatását vizsgálták mérsékelt égvívi tavak zooplankton közösségére és arra a megállapításra jutottak, hogy a halak általi predáció hatása a legmarkánsabb a közösség szerkezetének alakulására, így diverzitására is. A másik magyarázata az lehet az alacsony diverzitási értékeknek, hogy a *Chydorus sphaericus* és a *Bosmina longirostris* dominanciája mellett kevés más faj fordult elő (Reynolds és mtsai., 2004). A szubfosszilis közösség diverzitási mutatói, már nem markánsan különülnek el egymástól. Itt is megfigyelhető a hasznosítási formák hatása (szintén a halasított mederrész jellemezhető a legalacsonyabb értékekkel), de az üledék természetes akkumuláló képessége révén (Battarbee, 2000) ezek a hatások kevésbé kimutathatóak.

A recens és szubfosszilis Cladocera közösség béta-diverzitását a leginkább a közösség hasonlósága határozta meg. A recens közösség esetében a Sørensen hasonlóság 0,628 volt, míg a szubfosszilis közösség esetében 0,646, ami azt mutatja, hogy a fajok eloszlása a meder egészére nézve közel azonos volt. Ezzel szemben a fajkicserélődés és fajgazdagság kevésbé volt meghatározó a két közösség béta-diverzitásában. Mind a recens, mind a szubfosszilis közösség nagymértékben hasonlított egymáshoz (63% és 67% hasonlóság) – sok közösen előforduló faj az eltérő mintavételi helyek esetében – ennek következtében a két közösség diverzitása alacsonyabb volt, mint a beágyazottsága (89,6 % és 81,5 %). A beágyazottság a fajgazdagság és a hasonlóság értékeinek összege. RichDiff_{LCBD} a recens közösség esetében jobb-ferde mintázatot vesz fel, ami azt mutatja, hogy csak a helyek többsége járult hozzá arányosan a béta-diverzitáshoz. Repl_{LCBD} szintén jobb-ferde mintázatot mutat, ami azt jelenti, hogy az élőhelyek többsége arányosan nem járult hozzá a fajok kicserélődéséhez a helyek között. Ez a mintázat a szubfosszilis közösség esetében megváltozik. RichDiff_{LCBD} bal-ferde mintázatot mutat, amit azt jelenti, hogy csak egy limitált számú hely járult hozzá a

béta-diverzitáshoz arányosan. A $Repl_{LCBD}$ esetében szimmetrikus mintázatot találunk, ami a habitatok hozzájárulását mutatja a helyek közötti fajkicserélődésben. Eredményeink alapján elmondhatjuk, hogy a recens és a szubfosszilis Cladocera közösség béta-diverzitásában nem tapasztaltunk szignifikáns különbségeket. Ezzel szemben Vad és mtsai. (2012) észak-magyarországi tavak vizsgálata során kimutatta, hogy a béta-diverzitás fő komponense a fajkicserélődés. Ugyanerre az eredményre jutott Tóth és mtsai. (2014), esetükben is igazolódott a fajkicserélődés szerepe a béta-diverzitás alakításában. Eredményeink egyik lehetséges magyarázata a Cladocera fajok különböző diszperziós képességükből ered és ez a diszperzió nagyfokú fajkicserélődéshez vezethet a mintavételi helyek között. Nagyobb földrajzi léptékben a Cladocera fajok helyettesíthetik egymást az ökoszisztéma működésében. Vad és mtsai (2017) nagy területen elhelyezkedő bombatölcsér tavak vizsgálatánál arra a következtetésre jutottak, hogy a Cladocera fajok kicserélődése a meghatározó a regionális diverzitás szerkezetére nézve. Vizsgálatunkban azonban a mintavételi helyek közötti távolság kicsi volt, így nem alakulhatott ki nagymértékű fajkicserélődés és fajgazdagságbeli különbség. A holtmeder diverzitásához legnagyobb mértékben a CIB1-7 és a CIB15-ös mintavételi helyek járultak hozzá, míg a *B. longirostris*, *B. coregoni*, *A. intermedia*, *C. sphaericus*, *P. laevis* és *C. rectirostris* egyedsűrűsége változott a legmarkánsabban a mintavételi helyek között.

Kutatásunk kimutatta, hogy a Cibakházi Holt-Tisza esetében a szubfosszilis Cladocera közösségre nagyobb diverzitás, fajsűrűség és heterogenitás jellemző, mint a recens közösségre. Összességében elmondhatjuk, hogy klasszikus diverzitási mutatók alapján kimutatható a hasznosítási formák hatásai a holtmederben. Ezzel szemben a béta-diverzitás értékek már csak óvatos becslésre adnak lehetőséget a hasznosítási forma hatására, illetve a két közösség diverzitásának elkülönülésére. Egyértelműen kimutatta azonban, hogy a meder teljes egészére nézve nincs szignifikáns hatása a halasításnak a szubfosszilis közösségre, ami arra enged következtetni, hogy egy ilyen mértékű biotikus behatás (halasítás) még nem okoz visszafordíthatatlan károkat a közösség szerkezetében. Így az alkalmazott hasznosítás felhagyása után, az eredetinek tekinthető közösség pótolható, a védett mederrésznek köszönhetően.

Új tudományos eredmények

- Igazoltam, hogy szignifikáns indikátor értékkel rendelkező Cladocera fajok alkotta szubfosszilis közösségek alkalmasak a természetvédelmi oltalom alatt álló holtmedrek elkülönítésére.
- Megállapítottam, hogy a holtmedrek aktuális hasznosítási formája – még akár egy holtmedren belül is – leképezhető az ágascsapú rák fauna összetételével és mennyiségi eloszlásával.
- Sikerült egy olyan Cladocera fajt (*Acroperus harpae*) azonosítani, aminek a mennyiségi viszonyai alapján a különböző hasznosítású holtmedreket egyértelműen el lehetett különíteni.
- Megállapítottam, hogy csak a recens és a szubfosszilis Cladocera fauna együttes vizsgálata alkalmas arra, hogy következtetéseket vonjunk le a hasznosítási formát illetően.
- Kimutattam, hogy a halasítás nagyobb hatással van a recens, mint a szubfosszilis Cladocera közösségre.
- Az extenzív halgazdálkodáshoz hasonlóan, természetes víztérben is bizonyítottam, hogy halasítás hatására lecsökken a recens Cladocera közösség Simpson-diverzitás értéke és a kis mérettartományú fajok (pl. *Bosmina spp.*) dominánssá válnak.

Értekezés alapjául szolgáló közlemények



**DEBRECENI
EGYETEM**

**DEBRECENI EGYETEM
EGYETEMI ÉS NEMZETI KÖNYVTÁR**

H-4002 Debrecen, Egyetem tér 1, Pf.: 400
Tel.: 52/410-443, e-mail: publikaciok@lib.unideb.hu

Nyilvántartási szám: DEENK/30/2020.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Berta Csaba
Neptun kód: DP2VGC
Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10047368

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

1. **Berta, C.**, Tóthmérész, B., Wojewódka, M., Augustyniuk, O., Korponai, J., Balázs, B., Nagy, S. A., Grigorszky, I., Gyulai, I.: Community Response of Cladocera to Trophic Stress by Biomanipulation in a Shallow Oxbow Lake. *Water*. 11 (5), 929-942, 2019. EISSN: 2073-4441. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w11050929> IF: 2.524 (2018)
2. **Berta, C.**, Gyulai, I., Szabó, J. L., Simon, E., Nagy, S. A., Somlyai, I., Grigorszky, I.: Cladocerans as indicators in the importance of passive nature conservation. *Biologia*. 73 (9), 875-884, 2018. ISSN: 0006-3088. DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/s11756-018-0097-3> IF: 0.728

További közlemények

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

3. Tamás, M., **Berta, C.**, Szemerédi, S., Szabó, L. J., Bácsi, I., Gyulai, I.: Bodrog menti holtmedrek előzetes vízkémiai vizsgálata. *Hidrol. Közlöny*. 96, 87-89, 2016. ISSN: 0018-1323.





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (3)

4. Grigorszky, I., Kiss, K. T., Szabó, L. J., Dévai, G., Nagy, S. A., Somlyai, I., **Berta, C.**, Gligora-Udovič, M., Borics, G., Pór, G., Muwafaq, Y. M., Hajredini, A., Tumurtogoo, U., Ács, É.: Drivers of the Ceratium hirundinella and Microcystis aeruginosa coexistence in a drinking water reservoir.
Limnetica. 38 (1), 41-53, 2019. ISSN: 0213-8409.
DOI: <http://dx.doi.org/10.23818/limn.38.11>
IF: 0.574 (2018)
5. Somlyai, I., **Berta, C.**, Nagy, S. A., Dévai, G., Ács, É., Szabó, L. J., Nagy, J., Grigorszky, I.: Heterogeneity and Anthropogenic Impacts on a Small Lowland Stream.
Water. 11 (10), 1-14, 2019. ISSN: 2073-4441.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w11102002>
IF: 2.524 (2018)
6. Grigorszky, I., Kiss, T. K., Pór, G., Dévai, G., Nagy, S. A., Somlyai, I., **Berta, C.**, Duleba, M., Trábert, Z., Ács, É.: Temperature and growth strategies as the essential factors influencing the occurrence of *Stephanodiscus minutulus* (Kützting) Cleve & Möller and *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro, Calado, Daugbjerg & Moestrup.
Fundam. Appl. Limnol. 189 (2), 167-175, 2017. ISSN: 1863-9135.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/fal/2016/0941>
IF: 1.361

Magyar nyelvű konferencia közlemények (3)

7. Tamás, M., **Berta, C.**, Szeles, J., Szemerédi, S., Krakomperger, M., Szabó, L. J., Bácsi, I., Gyulai, I.: Bodrog menti holtmedrek vízkémiai változásai az évszakok függvényében.
Hidrol. közlöny. 97 (Klsz), 48-51, 2017. ISSN: 0018-1323.
8. **Berta, C.**, Németh, L., Balogh, Z., Veres, Z., Korponai, J., Lakatos, C., Lakatos, G., Simon, E., Gyulai, I.: Egy nagyméretű tiszai holtmeder heterogenitása kémiai és ökológiai vizsgálatok alapján.
In: IX. Kárpát-medencei környezettudományi konferencia: Konferencia kiadvány. Szerk.: Zákányi Balázs, Faur Krisztina Beáta, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc, 192-197, 2013. ISBN: 9789633580325
9. Gyulai, I., Lakatos, C., Balogh, Z., **Berta, C.**, Kovács, R., Veres, Z., Kundrát, J. T., Korponai, J., Simon, E.: Szubfoszilis Cladocera fauna általi mikrohabitat rekonstrukció tiszai holtmedrekben.
In: IX. Kárpát-medencei környezettudományi konferencia: Konferencia kiadvány. Szerk.: Zákányi Balázs, Faur Krisztina Beáta, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc, 485-490, 2013. ISBN: 9789633580325





Magyar nyelvű absztrakt kiadványok (2)

10. Vallejo-Cuzco, G., Varga, K., Varga, D., Soltész, A., Sajtos, Z., **Berta, C.**: A Vissi-holt-Bodrog neolimnológiai vizsgálata Cladocera közösségek által.
In: LXI. Hidrobiológus Napok: Új utak a hidrobiológiában, Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest, 30-30, 2019.
11. Lakatos, C., Kunderát, J. T., **Berta, C.**, Simon, E., Gyulai, I., Tóthmérész, B.: Cladocera állományok eloszlási viszonyai Felső-Tisza vidéki holtmedrekben.
In: SzüSzi 2013 : 5. Szünzoológiai Szimpózium Vácrátót MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet 2013. március 22. : Programfüzet, Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Kőrösi Ádám, Magyar Ökológusok Tudományos Egyesülete, Szeged, 24, 2013.

Idegen nyelvű absztrakt kiadványok (3)

12. **Berta, C.**, Gyulai, I., Szabó, L. J., Simon, E., Nagy, S. A.: Accumulation of sub-fossil Cladocera remains in shallow oxbows at the Tisza region in Hungary.
In: Subfossil Cladocera Workshop : Levico Terme (Italy), Hotel Cristallo April 5th-8th 2016 : Abstract Book, [s.n.], Levico, 19, 2016.
13. Gyulai, I., **Berta, C.**, Szabó, L. J., Zawisza, E., Nagy, S. A.: Ecological memory of Cladocera assemblages, recolonization in shallow oxbows in the Upper-Tisza region, Hungary.
In: XIV. Subfossil Cladocera Workshop Abstract book. Ed.: Monica Tolotti, Manuela Milan, Nico Salmaso, Fondazione Edmund Mach, Levico Terme, Italy, 7, 2016.
14. Gyulai, I., **Berta, C.**, Kiss, K. M., Feri, D. R., Lakatos, C., Balogh, Z., Kunderát, J. T., Simon, E., Korponai, J.: Recolonization research in oxbow lakes of river Tisza based on Cladocera taxa.
In: The 5th International Conference on Carpathian Euroregion. Ecology-CERECO 2014 : Abstracts. Szerk.: Bárány Sándor, Buczkó István, Hadnagy István, Kohut Erzsébet, Kolozsvári István, Ljubka Tibor, Zselicki István, Pol. "Lira", Beregszász, 29, 2014. ISBN: 9786175961469

A közlő folyóiratok összesített impact faktora: 7,711

A közlő folyóiratok összesített impact faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre): 3,252

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.



Debrecen, 2020.02.14.

Short thesis for the degree of doctor of philosophy(PhD)

**Changes in the abundance and diversity of
Cladocera assemblages in oxbow lakes under
different utilizations**

by Csaba Berta

Dissertation supervisor: Dr. Alex Sándor Nagy



UNIVERSITY OF DEBRECEN
Pál Juhász-Nagy Doctoral School

Debrecen, 2020

Introduction

Hungary has several natural values that can be connected to smaller, larger standing water bodies. The ecological status of these standing water bodies does not show adequate water quality status for the majority of the year. As a result of the Tisza River regulation, many oxbow lakes have formed, which have been increasingly researched in recent years (Dévai et., 2001; Pálfi, 2001). These small standing waters play an important role in maintaining the diversity of a given region (Strayer and Dudgeon, 2010). These water bodies are an important part of a given ecosystem and, besides, play a role in solving the socio-economic challenges of that area (Limburg and Waldman, 2009).

Today's increasing anthropogenic influences are affecting these water bodies, be on any continent of Earth. Ecological indicators can be used to examine various impacts to provide a more accurate picture of the causes and extent of the impact (Dale and Beyeler, 2001). In our research, we used Cladocerans as indicator organisms. The structure and abundance of their assemblage vary widely, they are very sensitive to changes in the environment they occupy. They can be used well in monitoring eutrophication (Korponai et al., 2011), as the amount of littoral species increases and the number of planktonic species decreases with increasing vegetation coverage. Due to the changes in climatic conditions, their distribution and reproduction are transformed, but especially the transformation of the quantitative conditions of the species composition is the most marked (Battarbee et al., 2012). Plays an important role in the water food network as food organisms, but also have a regulatory part as phytoplankton regulators. As a result of predation, the individual density of Cladocera species decreases (Persson et al., 2004), small-sized species become dominant within the assemblage. Members of the recent assemblage respond by decreasing their body size (Mehner et al., 2016).

By examining the recent Cladocera assemblage, we can conclude the changes that are taking place at a given moment, while by examining the subfossil assemblage, we can conclude changes that have taken place in the past. Research on the simultaneous study of the two types of assemblages is deficient, but it would be justified to study the two assemblages at the same time (García-Giron et al., 2018). In our work, we sought to answer how the abundance and diversity of the contemporary and subfossil assemblage respond to the current form of utilization of a given water body. For Cladocerans, no research has been conducted up to date describing the relationship between the utilization and assemblage structure.

Objectives

In our work, we sought an answer to the following questions:

1. Do Cladocera species indicate the current form of utilization for an oxbow lake?
2. Is a simultaneous study of contemporary and subfossil Cladocera communities necessary to determine the impact of the current form of utilization on community composition?
3. What impact do protected wetlands have on maintaining the diversity of the Cladocera community?

Material and methods

Our research was carried out in five differently utilized oxbow lake on the section of the Upper Tisza between Gyüre and Tiszadob (Figure 1.), and in a mixed-utilized oxbow lake in the Middle-Tisza section (Figure 1.). In case of the oxbow lakes at the section of the Upper Tisza between Gyüre and Tiszadob, 6-6 sampling sites were selected, covering the characteristics of the oxbow lakes. In the case of the Cibakházi Holt-Tisza, a total of 15 sampling sites were selected, depending on the utilization.

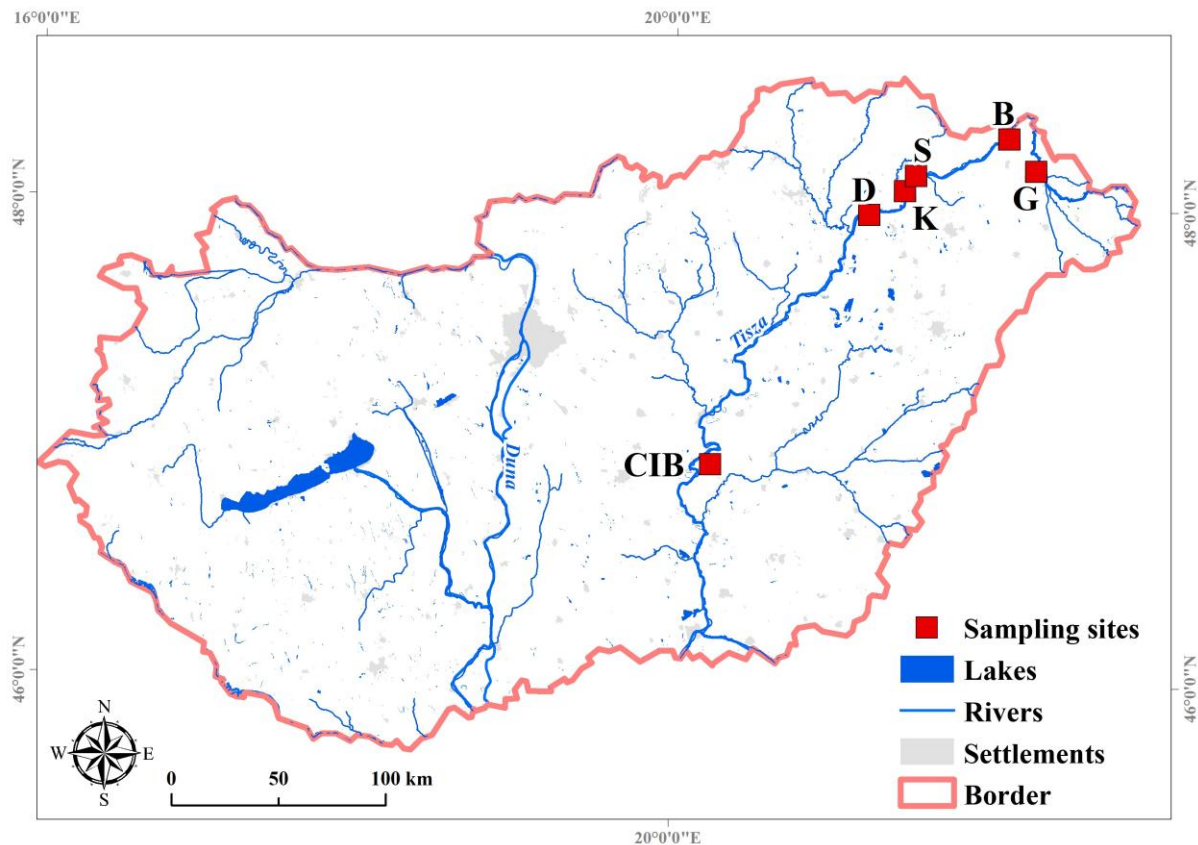


Figure 1. Location of our sampling areas. Markings: G – Gyürei Holt-Tisza, B – Bodonyszögi Holt-Tisza, S – Szabolcsi Holt-Tisza, K – Kis-Zátony tó, D- Tiszadobi Holt-Tisza Malom Tisza riverbed system, CIB – Cibakházi Holt-Tisza

Sediment samples were collected along the Upper Tisza, using a gravity corer (Glew, 1991), but only the upper 1 cm soft part of the sediment was used for the study. Recruiting Cladocera remains from the sediment was performed according to the standard method of Korhola and Rautio (2001). Species-level identification was performed per 100 microliters of the samples according to the identification books of Szeroczyńska and Sarmaja-Korjonen (2007) and Frey (1987), identifying a minimum of 400 remains / 200 individuals.

Water sampling was performed by immersion method, also depth/transparency measurements were performed on-site with a Secchi-disk, as well as conductivity and pH measurements. KOI^{PS}, Fe and Mn contents were determined in the laboratory.

Separation of the oxbow lakes was counted by non-metric multidimensional scaling with Gower similarity coefficient, calculated with PAST v.2.17c software. We calculated an IndVal index for the species to find out if there are species that have an indicator value for the utilization of the given water body. The calculation was performed with the R programming language using the *indicpecies* package calculated by De Cáceres and Jensen (2015). We evaluated the segregation of oxbow lake utilization for common species using classification tree analysis (De'Ath and Fabricius, 2000).

Sediment sampling was also performed in case of Cibakházi Holt-Tisza using the above-mentioned gravity sampling method. Also, contemporary sampling performed with a Schindler-Patalas plankton trap. Water temperature, dissolved oxygen concentration, conductivity and pH were measured in the field. Depth and transparency also determined with a Secchi-disk. The chlorophyll-a, dissolved suspended solids, ortho-phosphate and dissolved inorganic nitrogen contents of the samples were determined by laboratory tests (EPA 445.0; EPA 365.3; EPA 160.2; EPA 1678). In addition, the organic matter and CaCO₃ content of the sediment were determined by annealing.

Contemporary samples were preserved and stained (Safranin-glycerol), and sediment exploration was also performed according to the method of Korhola and Rautio (2001). For contemporary samples, we counted up to 200 individuals using the identification books of Frey (1986), Gulyás és Forró (1999) and Błędzki and Rybak (2016). For subfossil species, up to 400 remains / 200 individuals were determined according to the identification book of Szeroczyńska and Sarmaja-Korjonen (2007) and Frey (1987).

For the results of the contemporary and subfossil Cladocera assemblage, diversity partitioning was performed using an 'adespatial package. Simpson diversity calculations were performed for the communities identified at the sampling sites using the PAST v.2.17c program. Non-metric multidimensional scaling (NMDS) was applied to Cladocera species and their individual densities at the sampling sites of the oxbow lake to show similarities/differences between the sites.

Results and discussion

1. Do Cladocera species indicate the current form of utilization for an oxbow lake?

The species number and individual density of the Cladocera assemblage showed differences in the differently utilized oxbow lakes. Based on the species numbers of the Cladocera assemblages of the oxbow lakes along the Upper Tisza, we can say that we found the most species in the protected oxbow lake (26), while in case of the angling utilized Szabolcsi Holt-Tisza, only 13 were found. This tendency was also shown during the examination of the protected and biomanipulated section of the Cibakházi Holt-Tisza. The contemporary Cladocera assemblage of the protected section was composed of 16 species, while 9 species were found in the biomanipulated section. This finding is consistent with results (Christofferesen et al., 1993; Iglesias et al., 2011; Amundsen et

al., 2013) in which it was demonstrated that size-selective feeding of plankton-consuming fish reduces community species number and abundance. We showed increased predation pressure in the biomanipulated section of the Cibakházi Holt-Tisza, during which the species number was lower than in the protected section, and the dominance of small Cladocera species (*Bosmina spp.*, *Moina spp.*) increased.

Taking into account the effect of environmental variables, it can be concluded that the Malom-Tisza section of the Tiszadobi Holt-Tisza riverbed system is separated from the other differently utilized oxbow lakes based on the results of NMDS analysis, and the similarly utilized oxbow lakes show a high degree of similarity. The results of the NMDS analysis performed in case of the Cibakházi Holt-Tisza also showed differences, though in a more subtle form. In terms of species numbers, neither contemporary nor subfossil fauna indicated separation between the sections (as well as utilization forms). However, the analysis for individual density already showed a greater degree of separation between the sections.

Based on the results of the IndVal analysis, we can state that most of the species with significant indicator values appeared in the protected Malom-Tisza section of the Tiszadobi Holt-Tisza riverbed system. A total of seven species showed indicator values for this form of utilization, which species are: *Alona rustica*, *Alonella nana*, *Camptocercus rectirostris*, *Leydigia leydigi*, *Oxyurella tenuicaudis*, *Pleuroxus trigonellus* and *Pleuroxus uncinatus*. The presence of *A. nana*, based on literature data, indicates low trophic water (Whiteside, 1970), indicating favourable quality conditions. Consistent with this, *L. leydigi* and *P. uncinatus* also suggest favourable (mesotrophic) conditions (Casper, 1985; Mirosław-Grabowska et al., 2018). It should be mentioned here, however, that the most optimal trophic level for this type of water bodies is the mesotrophic state. *O. tenuicaudis* is considered as a rare species (Kattel et al., 2008). Michael and Frey (1983) sought the answer to whether *O. tenuicaudis* is a cosmopolitan species or not. The species is known to have a wide spatial distribution worldwide, but with a very rare occurrence. Ida (1990) studied standing water bodies throughout Japan for 10 years and was able to detect them from a single water body during the study. Aware of all this, the importance of *O. tenuicaudis* is difficult to assess. It is indeed widespread but rare in appearance, with individual numbers per sample being very low (Michael and Frey, 1983). This trend can also be observed in our research, it appeared only in the protected oxbow lake with a low individual density. The rare and valuable *C. rectirostris* (Mirosław-Grabowska and Niska, 2005) also showed a significant indicator value for the utilization form. It's characteristic that this species associated with a "clear-water" state and is an important factor in maintaining the transparency of water bodies (Zhang et al., 2010).

According to the results of the regression tree analysis, based on the abundance of *Acroperus harpae*, the differently utilized oxbow lakes are separated from each other. In the case where the individual density of *A. harpae* is less than 15.5 ind./cm⁻³, then the Bodonyszögi Holt-Tisza and the Szabolcsi Holt-Tisza are separated from the other three oxbow lakes at first degree. Both oxbow lakes can be said to have intensive fish installation and angling. For the other three oxbow lakes, the installation of fishes is prohibited for two of them. In the two oxbow lakes where angling is possible but no fish installation, the individual density of *A. harpae* is greater than 15.5 ind./cm⁻³, but less

than 103.5 ind./cm³. In case of the Malom-Tisza section of the Tiszadobi Holt-Tisza riverbed system, the individual density of *A. harpae* exceeds 103.5 ind./cm³. In case of this above-mentioned oxbow lake, neither fish installation nor fishing is allowed. Based on literature data, the presence of *A. harpae* shows a significant correlation with low fish biomass (Davidson et al., 2007; Cañedo-Argüelles et al., 2017). The other two species identified in the analysis (*Alonella excisa* and *Alona guttata*) are phytophilic, preferring habitat with dense macrovegetation (Illyová and Némethová, 2005; Davidson et al., 2007). Based on our result, we can conclude that *A. harpae* is an excellent indicator, as the increasing trend of its individual density indicates the processes that took place in the utilization form of the oxbow lakes.

2. Is a simultaneous study of contemporary and subfossil Cladocera communities necessary to determine the impact of the current form of utilization on community composition?

In case of the oxbow lakes along the Upper Tisza between Gyüre and Tiszadob, only sediment analysis was performed. The total number of species found was 34, which appeared in different proportions in each of the oxbow lakes examined. We found 76.5 % of the species stock of the given region in the Malom-Tisza section of the Tiszadobi Holt-Tisza riverbed system, 70.5 % in the Gyürei Holt-Tisza, 64.7 % in the Bodonyszögi Holt-Tisza, 55.8 % in the Kis-Zátony tó, while in case of the Szabolcsi Holt-Tisza it was 38.2 %. More species could likely have been identified during the study of the oxbow lakes if we had also conducted a study of the contemporary assemblages. However, based on our data, it can be stated that we were able to identify several species that occur in the sediment. If only the contemporary assemblage had been sampled in these oxbow lakes, we would have been able to encounter these species only in case of “erroneously” sampling. This error may be because due to the shallowness of the oxbow lakes, the upper layer of sediment can be easily mixed up and filtered by the sampler. One of our dominant species was *Chydorus sphaericus*, which appeared at all sampling sites in each oxbow lake.

To get to know the issue more precisely, we also carried out our investigation in case of the Cibakházi Holt-Tisza, but here we tried to evaluate both the contemporary and subfossil Cladocera assemblage at the same time. Our research confirmed previous findings that only the contemporary assemblage study underestimates the entire Cladocera fauna of the oxbow lake in almost all cases. On the other hand, the study of the subfossil assemblage already provides satisfactory data on the community structure, providing representative data on the accumulation of planktonic and littoral species. In the oxbow lake, individuals of 28 Cladocera species were identified, 13 of which were common to the contemporary and subfossil assemblages. We identified four Cladocera species that were present only in the contemporary assemblage and 10 species that were represented only in the subfossil assemblage. The contemporary assemblage consisted of 17 species, while the subfossil assemblage consisted of 23 species, representing more than 80 % of the total species stock. Based on our results, we found that the estimation of the planktonic and littoral assemblage was satisfactory for the two assemblages, while the number and individual density of the benthic assemblage were underestimated.

Breaking down our results into utilization forms, we can observe similar trends, with 13 species in the contemporary assemblage and 20 species in the subfossil assemblage in the protected section. For the biomanipulated section, the contemporary assemblage consisted of 9 species, while the subfossil one consisted of 16 species. In the recreational section of the oxbow lake, 14 species represented the contemporary assemblage and also 14 in the subfossil assemblage. Based on our data, we can conclude that predation by fishes has the greatest effect on lower species numbers in the contemporary assemblage (Vijverberg and Boersma, 1997; Nevalainen and Luoto, 2016).

We do not have clear information on the effect of predators on the benthic Cladocera assemblage. We know of only a few studies investigating the effect of fishes on the subfossil Cladocera assemblage (Jeppesen et al., 2003; Amsinck et al., 2006; Jeppesen et al., 2011). Jeppesen et al. (2011) studied cold-zone lakes and concluded that fish predation pressure had no significant effect on the individual density of the subfossil Cladocera assemblages, but the effect of macroscopic aquatic invertebrate fauna was positively confirmed. In the study of Faroese lakes, Amsinck et al. (2006) showed that the presence of brown trout is less dominant in shaping assemblages structure. For temperate zone lakes – limited and sometimes unclear information – we also found that predation by fish is a less important factor in shaping the structure of the subfossil assemblage than in the contemporary assemblage. This finding can also be explained by the fact that Cladocera assemblages show a similar picture in differently utilized sections of the oxbow lake. In summary, in our case, the contemporary Cladocera assemblage is more reflective to the utilization forms, but knowledge of the subfossil assemblage is essential for getting to know the transformation of the entire species stock. This finding was made by Brendonck and De Meester (2003) in the study of resting eggs of Cladocera species and by Vandekerkhove et al. (2005) in the study of hatching and re-colonization of Cladocera species. Both research groups concluded that examination of subfossil Cladocera remains can provide a more accurate picture of overall species richness and assemblage structure than traditional point-based sampling to examine contemporary assemblage alone. This is because sediment also includes individuals from the benthic assemblage, and at the same time integrates spatial and temporal heterogeneity as well as annual changes.

In the case of the Cladocera assemblage of the sediment, we detected higher species numbers than in case of the contemporary assemblage under all three forms of utilization (protection, biomanipulation, recreation). Therefore, to obtain a representative picture of the entire Cladocera community in a shallow standing water body (oxbow lake), we consider it necessary to involve both the contemporary and subfossil Cladocera assemblage in the research. The simultaneous application of sampling methods (filtering and sediment sampling), as well as the simultaneous evaluation of the results, provide a more complex picture of the evolution of the entire Cladocera species stock.

3. What impact do protected wetlands have on maintaining the diversity of the Cladocera community?

We calculated the Simpson index values based on the species and individual density data of the individual sections of the Cibakházi Holt-Tisza. In terms of species numbers, the sections are well separated from each other and in each case, the subfossil assemblage of the protected sections contains most of the Cladocera species. Looking at the individual density values, we get a different picture. In this case, the highest individual densities were found in the biomanipulated section. This can be explained by the fact that small Cladocera species that did not fall prey to fishes were able to colonize the section with a higher individual density. With this advantage, they colonize a given water body to a greater extent and, due to their smaller size, may have a larger number of individuals per given habitat. Reissing et al., (2006) found that fish installation increases the relative individual density of small zooplankton species. Besides, it can be stated that the recreational section represents a transition between the protected and the biomanipulated sections, taking into account both species numbers and the individual densities.

Examining the Simpson diversity indices, we can conclude that the impact of each form of utilization on assemblage structure can be demonstrated. The Simpson index shows how likely it is that two individuals randomly selected within a community belong to different species. The closer the value of the index to 1, the more evenly distributed our community is (Nevalaine, 2010). In the biomanipulated section, we found the lowest diversity values (between 0.4973 and 0.6150) in the contemporary assemblage. The contemporary Cladocera assemblage in this part of the oxbow lake was predominantly composed of individuals of two species (*Chydorus sphaericus* and *Bosmina longirostris*) and accounted for more than 50 % of the total individual density. This result supports the effect of fish installation in the biomanipulated section. Bruce et al. (2010) examined the effects of various abiotic and biotic environmental variables on the zooplankton community in temperate zone lakes and concluded that the effect of fish predation is in a key position on assemblage structure development, as well as on the diversities too. Another explanation for the low diversity values may be that few other species occurred in addition to the dominance of *Chydorus sphaericus* and *Bosmina longirostris* (Reynolds et al., 2004). The diversity indicators of the subfossil assemblage are no longer markedly separated from each other. The effect of utilization forms can be observed (also the biomanipulated section can be characterized by the lowest values), but due to the natural accumulation capacity of the sediment (Battarbee, 2000), these effects are less detectable.

The beta diversity of the contemporary and subfossil Cladocera assemblages was mostly determined by similarity. For the contemporary assemblage, the Sørensen similarity was 0.628, while for the subfossil it was 0.646, indicating that the distribution of species was nearly the same across the oxbow lake. In contrast, species exchange and species richness were less dominant in the beta diversity of the two assemblages. Both the contemporary and subfossil assemblages were highly similar (63% and 67%) – many common species at different sampling sites – as a result, the diversity of the two assemblages was lower than their nestedness (89.6% and 81.5%, respectively). Nestedness is the sum of the values of species richness and similarity. RichDiff_{LCBD} takes a right-screwed pattern for the contemporary assemblages, showing that only the majority of sites contributed proportionately to beta diversity. Repl_{LCBD} also shows a

right-screwed pattern, meaning that most habitats did not contribute proportionately to species exchange between sites. This pattern changes for the subfossil assemblage. $\text{RichDiff}_{\text{LCBD}}$ shows a left-screwed pattern, which means that only a limited number of sites contribute proportionately to beta diversity. In the case of $\text{Repl}_{\text{LCBD}}$, a symmetric pattern is found, showing the contribution of habitats to species exchange between sites. Based on our results, we can say that we did not find significant differences in beta diversity of the contemporary and subfossil Cladocera assemblages. In contrast, Vad et al. (2012) showed that the main component of beta diversity is species exchange in the study of lakes in northern Hungary. The same result was reached by Tóth et al. (2014), the role of species exchange in shaping beta diversity was confirmed in their case. One possible explanation for our results is that Cladocera species have different dispersal characteristics and this dispersion can lead to a high degree of species exchange between sampling sites. On a larger geographical scale, Cladocera species can replace each other in the functioning of the ecosystem. In a study of bomb funnel lakes, Vad et al. (2017) concluded that the exchange of Cladocera species is determinant of the structure of regional diversity. However, in our study, the distance between the sampling sites was small, so no large species exchange and species richness differences could develop. CIB 1-7 and CIB15 sampling sites contributed the most to the diversity of the oxbow lake, while the individual densities of *B. longirostris*, *B. coregoni*, *A. intermedia*, *C. sphaericus*, *P. laevis* and *C. rectirostris* changes most markedly between the sampling sites.

Our research showed that in the case of the Cibakházi Holt-Tisza, the subfossil Cladocera assemblage is characterized by greater diversity, species density and heterogeneity than the contemporary assemblage. Overall, we can say that the effects of utilization forms in the oxbow lake can be demonstrated based on classical diversity indicators. In contrast, the beta-diversity values only allow a cautious estimate of the effect on the form of utilization and the separation of the diversity of the two assemblages. However, it has clearly shown that fish installation does not have a significant effect on the subfossil assemblage as a whole, suggesting that such a degree of biotic impact (fish installation) does not yet cause irreversible damage to the community structure. Thus, after the abandonment of the applied utilization, the community— which considered as original – can be replaced, thanks to the protected part of the oxbow lake.

New scientific findings

- I demonstrated that Cladocera species of the subfossil communities with significant indicator values are suitable for separating the protected oxbow lakes.
- I found that the current utilization form of oxbow lakes – even within an oxbow lake – can be mapped by the composition and quantitative distribution of the Cladocera fauna.
- It was possible to identify a Cladocera species (*Acroperus harpae*) whose quantitative conditions made it possible to clearly distinguish oxbow lakes with different utilizations.
- I found that only a joint study of contemporary and subfossil Cladocera fauna is suitable to draw conclusions regarding to the form of utilization.
- I have shown that fish installation has a greater impact on the recent than the subfossil Cladocera community.
- Similar to extensive fish farming, I have demonstrated in natural water bodies that the Simpson-diversity of the contemporary Cladocera community decreases as a result of the fish installation and small-sized species (eg. *Bosmina* spp.) become dominant.

Irodalomjegyzék/ References

- Amsinck, L. S., Strzelczak, A., Bjerring, R., Landkildehus, F., Lauridsen, L. T., Christoffersen, K., Jeppesen, E. (2006): Lake depth rather than fish planktivory determines cladoceran community structure in Faroese lakes – evidence from contemporary data and sediments. *Freshwater Biology*, 51(11): 2124-2142.
- Amundsen, P-A., Lafferty, D. K., Knudsen, R., Primicerio, R., Kristoffersen, R., Klemetsen, A., Kuris, M. A. (2013): New parasites and predators follow the introduction of two fish species to a subarctic lake: implications for food-web structure and functioning. *Oecologia*, 171: 993-1002.
- Battarbee, W. R. (2000): Paleolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record. *Quaternary Science Reviews*, 19(1-5): 107-124.
- Battarbee, W. R., Grytnes, J-A., Thompson, R., Appleby, G. P., Catalan, J., Korhola, A., Birks, B. J. H., Heegaard, E., Lami, A. (2002): Comparing paleolimnological and instrumental evidence of climate change for remote mountain lakes over the last 200 years. *Journal of Paleolimnology*, 28: 161-179.
- Błędzki, L. A., Rybak, I. J. (2016): Freshwater crustacean zooplankton of Europe. Cladocera & Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) key to species identification. Springer, Basel. pp. 918.
- Brendonck, L., De Meester, L. (2003): Egg banks in freshwater zooplankton: evolutionary and ecological archives in the sediment. *Hydrobiologia*: 491: 65-84.
- Brucet, S., Boix, D., Quintana, D. X., Jensen, E., Nathansen, W. L., Trochine, C., Meerhoof, M., Gascón, S., Jeppesen, E. (2010): Factors influencing zooplankton size structure at contrasting temperatures in coastal shallow lakes: Implications for effects of climate change
- Cañedo-Argüelles, M., Sgrazi, S., Arranz, I., Quintana, D. X., Ersoy, Z., Landkildehus, F., Lauridsen, L. T., Jeppesen, E., Brucet, S. (2017): Role of predation in biological communities in naturally eutrophic sub-Arctic Lake Mývatn, Iceland. *Hydrobiologia*, 790: 213-223.
- Casper, S. J. (ed.) (1985): Lake Stechlin. A temperate oligotrophic lake. Dr. W. Junk Publication, Dordrecht, Boston, Lancaster.
- Christoffersen, K., Riemann, B., Klysner, A., Søndergaard, M. (1993): Potential role of fish predation and natural populations of zooplankton in structuring a plankton community in eutrophic lake water. *Limnology and Oceanography*, 38(3): 561-573.
- Dale, H. V., Beyeler, C. S. (2001): Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators*, 1(1): 3-10.
- Davidson, A. T., Sayer, D. C., Perrow, R. M., Bramm, M., Jeppesen, E. (2007): Are the controls of species composition similar for contemporary and sub-fossil Cladoceran assemblages? A study of 39 shallow lakes of contrasting trophic status. *Journal of Paleolimnology*, 38: 117-134.
- De Cáceres, M., Jansen, F. (2015): Indicspecies: relationship between species and group of sites. R package version 1(7): 5.
- De' Ath, G., Fabricius, K. E. (2000): Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for ecological data analysis. *Ecology*, 80: 3178-3192.
- Dévai, G., Aradi, C., Wittner, I., Olajos, P., Góri, S., Nagy, A. S. (2001): Proposal of the Tisza water and wetland condition assessment by the example of oxbow-lakes (in Hungarian). In: Borhidi, A., Botta-Dukát, Z. (eds.), *Ökológia az ezredfordulón. III. Diverzitás, konzerváció, szukcesszió, regeneráció*. MTA. pp. 183-205.
- Forró, L., Korovchinsky, N. M., Kotov, A. A., Petrussek, A. (2008): Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. In: Balian E.V., Lévêque C., Segers H., Martens K. (eds) *Freshwater Animal Diversity Assessment. Developments in Hydrobiology*, vol 198. Springer, Dordrecht.
- Frey, D. G. (1986): Cladocera analysis. In: Berglund, B. E. (ed.). *Handbook of Holocene palaeocology and palaeohydrology*. Wiley & Sons Ltd. p. 667-692.
- Frey, D. G. (1987): The taxonomy and biogeography of the Cladocera. *Hydrobiologia*, 145: 5-17.
- García-Girón, J., Fernández-Aláez, C., Fernández-Aláez, M., Luis, B. (2018): Subfossil Cladocera from surface sediment reflect contemporary assemblages and their environmental controls in Iberian flatland ponds. *Ecological Indicators*, 87: 33-42.

- Glew, J. R. (1991): Miniature gravity corer for recovering short sediment cores. *Journal of Paleolimnology*, 5: 285-287.
- Gulyás, P., Forró, L. (1999): Az ágascsapú rákok (Cladocera) kishatározója. *Vízi Természet- és Környezetvédelem*, 9. KGI, Budapest. pp. 1-237.
- Ida, K. (1990): Description of *Oxyurella tenuicaudis* (Sars, 1862) (Cladocera: Chydoridae) from Japan. *Japan Journal of Limnology*, 52(2): 101-108.
- Iglesias, C., Mazzeo, N., Meerhoff, M., Lacerot, G., Clemente, M. J., Scasso, F., Kruk, C., Goyenola, G., García-Alonso, J., Amsinck, L. S., Paggi, C. J., de Paggi, J. S., Jeppesen, E. (2011): High predation is of key importance for dominance of small-bodied zooplankton in warm shallow lakes: evidence from lakes, fish enclosures and surface sediments. *Hydrobiologia*, 667: 133-147.
- Illyová, M., Némethová, D. (2005): Long-term changes in cladoceran assemblages in the Danube floodplain area (Slovak-Hungarian stretch). *Limnologia*, 35(4): 274-282.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Lauridsen, T. L., Amsinck, S. L., Christoffersen, K., Søndergaard, M., Mitchell, S. F. (2003): Sub-fossils of cladocerans in the surface sediment of 135 lakes as proxies for community structure of zooplankton, fish abundance and lake temperature. *Hydrobiologia* 2003, 491, 321–330
- Jeppesen, E., Nöges, P., Davidson, T. A., Haberman, J., Nöges, T., Blank, K., Lauridsen, T. L., Søndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, C., et al. (2011): Zooplankton as indicators in lakes: A scientific-based plea for including zooplankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia*, 676, 279–297.
- Kattel, R. G., Battarbee, W. R., Mackay, W. A., Birks, B. J. H. (2008): Recent ecological change in remote Scottish mountain loch: An evaluation of a Cladocera-based temperature transfer-function. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 259(1): 51-76.
- Korhola, A., Rautio, M. (2001): Cladocera and other branchiopod crustaceans. In *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments: Biological Techniques and Indicators*; Smol, J.P., Birks, H.J.B., Last, W.M., Eds.; Kluwer Academic Publisher: Dordrecht, The Netherlands, Volume 2, pp. 1–38.
- Korponai, J., Varga, K., Lengré, T., Papp, I., Tóth, A., Braun, M. (2011): Paleolimnological reconstruction of the trophic state in Lake Balaton (Hungary) using Cladocera remains. *Hydrobiologia*, 676: 237-248.
- Limburg, K. E., Waldman, J. R. (2009): Dramatic declines in North Atlantic diadromous fishes. *BioScience*, 59: 955-965.
- Mehner, T., Keeling, C., Emmrich, M., Holmgren, K., Argillier, C., Volta, P., Winfield, L. J., Brucet, S. (2016): Effects of fish predation on density and size spectra of prey fish communities in lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 73: 506-518.
- Michael, R. G., Frey, D. G. (1983): Assumed Amphi-Atlantic distribution of *Oxyurella tenuicaudis* (Cladocera, Chydoridae) denied by a new species from North America. *Hydrobiologia*, 106: 3-35.
- Mirosław-Grabowska, J., Niska, M. (2005): Isotopic and Cladocera records of climate changes of Early Eemian at Besiekierz (Central Poland). *Geological Quarterly*, 49(1): 67-74.
- Mirosław-Grabowska, J., Niska, M., Roman, M. (2018): Long (MIS 5e-3) environmental history of a paleolake in central Poland recorded in the succession from Kubłowo. *Quaternary International*, 467(A): 26-42.
- Nevalainen, L., Luoto, P. T. (2016): Relationship between cladoceran (Crustacea) functional diversity and lake trophic gradients. *Functional Ecology*, 31(2): 488-498.
- Nevalainen, I. (2010): Evaluation of microcrustacean (Cladocera, Chydoridae) biodiversity based on sweep net and surface sediment samples. *EcoScience*, 17(4): 356-364.
- Pálfai, I. (2001): Magyarország holtágai. közlekedési és Vízügy Minisztérium, Budapest.
- Persson, L., Byström, P., Wahlström, E., Westman, E. (2004): Trophic dynamics in a whole lake experiment: Size-structured interactions and recruitment variation. *Oikos*, 106: 263-274.
- Reissing, M., Trochine, C., Queimalinos, C., Balseiro, E., Modenutti, B. (2006): Impact of fish introduction on planktonic food webs in lakes of the Patagonian Plateau. *Biological Conservation*: 132(!): 437-447.

- Reynolds, J., Murphy, M., Connor, O. Á. (2004): Early season cladoceran diversity of Atlantic temporary ponds (turloughs). *Archives des Sciences*, 57: 97-104.
- Strayer, D. L., Dudgeon, D. (2010): Freshwater biodiversity conservation: Recent progress and future challenges. *Journal of North American Benthological Society*, 29: 344-358.
- Szeroczyńska, K., Sarmaja-Korjonen, K. (2007): Atlas of subfossil cladocera from Central and Northern Europe. Friends of the Lower Vistula Society. Świecie.
- Tóth, A., Horváth, Z., Vad, F. C., Zsuga, K., Nagy, A. S., Boros, E. (2014): Zooplankton of the European soda pans: Fauna and conservation of a unique habitat type. *International Review of Hydrobiology*, 99(3): 255-276.
- Vad, F. C., Horváth, Z., Kiss, K. T., Ács, É. (2012): Microcrustacean (Cladocera, Copepoda) communities in artificial lakes in the region of the North-Hungarian Mountains, with special reference to the adventive species. *Acta Zoologica Academiae Hungaricae*, 58(Suppl.): 47-61.
- Vad, F. C., Péntek, L. A., Cozma, J. N., Földi, A., Tóth, A., Tóth, B., Bóde, A. N., Móra, A., Ptacnik, R., Ács, É., Zsuga, K., Horváth, Z. (2017): Wartime scars or reservoirs of biodiversity? The value of bomb crater ponds in aquatic conservation. *Biological Conservation*, 209: 253-262.
- Vandekerckhove, J., Declerck, S., Brendonck, L., Conde-Porcuna, M. J., Jeppesen, E., De Meester, L. (2004): Hatching of cladoceran resting eggs: temperature and photoperiod. *Freshwater Biology*, 50(1): 96-104.
- Vijverberg, J., Boersma, M. (1997): Long-term dynamics of small-bodied and large-bodied cladocerans during the eutrophication of a shallow reservoir, with special attention for *Chydorus sphaericus*. *Hydrobiologia*, 360: 233-242.
- Zhang, S., Liu, A., Ma, J., Zhou, Q., Xu, D., Cheng, S., Zhao, Q., Wu, Z. (2010): Changes in physico-chemical and biological factors during regime shifts in a restoration demonstration of macrophytes in a small hypereutrophic Chinese lake. *Ecological Engineering*, 36(12): 1611-1619.

Publications related to the dissertation



**UNIVERSITY of
DEBRECEN**

**UNIVERSITY AND NATIONAL LIBRARY
UNIVERSITY OF DEBRECEN**

H-4002 Egyetem tér 1, Debrecen
Phone: +3652/410-443, email: publikaciok@lib.unideb.hu

Registry number: DEENK/30/2020.PL
Subject: PhD Publikációs Lista

Candidate: Csaba Berta
Neptun ID: DP2VGC
Doctoral School: Pál Juhász-Nagy Doctoral School of Biology and Environmental Sciences
MTMT ID: 10047368

List of publications related to the dissertation

Foreign language scientific articles in international journals (2)

1. **Berta, C.**, Tóthmérész, B., Wojewódka, M., Augustyniuk, O., Korponai, J., Balázs, B., Nagy, S. A., Grigorszky, I., Gyulai, I.: Community Response of Cladocera to Trophic Stress by Biomanipulation in a Shallow Oxbow Lake. *Water*. 11 (5), 929-942, 2019. EISSN: 2073-4441.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w11050929>
IF: 2.524 (2018)
2. **Berta, C.**, Gyulai, I., Szabó, J. L., Simon, E., Nagy, S. A., Somlyai, I., Grigorszky, I.: Cladocerans as indicators in the importance of passive nature conservation. *Biologia*. 73 (9), 875-884, 2018. ISSN: 0006-3088.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2478/s11756-018-0097-3>
IF: 0.728

List of other publications

Hungarian scientific articles in Hungarian journals (1)

3. Tamás, M., **Berta, C.**, Szemerédi, S., Szabó, L. J., Bácsi, I., Gyulai, I.: Bodrog menti holtmedrek előzetes vízkémiai vizsgálata. *Hidrol. Közlöny*. 96, 87-89, 2016. ISSN: 0018-1323.





Foreign language scientific articles in international journals (3)

4. Grigorszky, I., Kiss, K. T., Szabó, L. J., Dévai, G., Nagy, S. A., Somlyai, I., **Berta, C.**, Gligora-Udovič, M., Borics, G., Pór, G., Muwafaq, Y. M., Hajredini, A., Tumurtogoo, U., Ács, É.: Drivers of the Ceratium hirundinella and Microcystis aeruginosa coexistence in a drinking water reservoir.
Limnetica. 38 (1), 41-53, 2019. ISSN: 0213-8409.
DOI: <http://dx.doi.org/10.23818/limn.38.11>
IF: 0.574 (2018)
5. Somlyai, I., **Berta, C.**, Nagy, S. A., Dévai, G., Ács, É., Szabó, L. J., Nagy, J., Grigorszky, I.: Heterogeneity and Anthropogenic Impacts on a Small Lowland Stream.
Water. 11 (10), 1-14, 2019. ISSN: 2073-4441.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/w11102002>
IF: 2.524 (2018)
6. Grigorszky, I., Kiss, T. K., Pór, G., Dévai, G., Nagy, S. A., Somlyai, I., **Berta, C.**, Duleba, M., Trábert, Z., Ács, É.: Temperature and growth strategies as the essential factors influencing the occurrence of *Stephanodiscus minutulus* (Kützing) Cleve & Möller and *Palatinus apiculatus* (Ehrenberg) Craveiro, Calado, Daugbjerg & Moestrup.
Fundam. Appl. Limnol. 189 (2), 167-175, 2017. ISSN: 1863-9135.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1127/fal/2016/0941>
IF: 1.361

Hungarian conference proceedings (3)

7. Tamás, M., **Berta, C.**, Szeles, J., Szemerédi, S., Krakomperger, M., Szabó, L. J., Bácsi, I., Gyulai, I.: Bodrog menti holtmedrek vízkémiai változásai az évszakok függvényében.
Hidrol. közlöny. 97 (Klsz), 48-51, 2017. ISSN: 0018-1323.
8. **Berta, C.**, Németh, L., Balogh, Z., Veres, Z., Korponai, J., Lakatos, C., Lakatos, G., Simon, E., Gyulai, I.: Egy nagyméretű tiszai holtmeder heterogenitása kémiai és ökológiai vizsgálatok alapján.
In: IX. Kárpát-medencei környezettudományi konferencia: Konferencia kiadvány. Szerk.: Zákányi Balázs, Faur Krisztina Beáta, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc, 192-197, 2013. ISBN: 9789633580325
9. Gyulai, I., Lakatos, C., Balogh, Z., **Berta, C.**, Kovács, R., Veres, Z., Kundrát, J. T., Korponai, J., Simon, E.: Szubfoszilis Cladocera fauna általi mikrohabitat rekonstrukció tiszai holtmedrekben.
In: IX. Kárpát-medencei környezettudományi konferencia: Konferencia kiadvány. Szerk.: Zákányi Balázs, Faur Krisztina Beáta, Miskolci Egyetem Műszaki Földtudományi Kar, Miskolc, 485-490, 2013. ISBN: 9789633580325





Hungarian abstracts (2)

10. Vallejo-Cuzco, G., Varga, K., Varga, D., Soltész, A., Sajtos, Z., **Berta, C.**: A Vissi-holt-Bodrog neolimnológiai vizsgálata Cladocera közösségek által.
In: LXI. Hidrobiológus Napok: Új utak a hidrobiológiában, Magyar Hidrológiai Társaság, Budapest, 30-30, 2019.
11. Lakatos, C., Kundra, J. T., **Berta, C.**, Simon, E., Gyulai, I., Tóthmérész, B.: Cladocera állományok eloszlási viszonyai Felső-Tisza vidéki holtmedrekben.
In: SzüSzi 2013 : 5. Szünzoológiai Szimpózium Vácrátót MTA ÖK Ökológiai és Botanikai Intézet 2013. március 22. : Programfüzet, Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Kőrösi Ádám, Magyar Ökológusok Tudományos Egyesülete, Szeged, 24, 2013.

Foreign language abstracts (3)

12. **Berta, C.**, Gyulai, I., Szabó, L. J., Simon, E., Nagy, S. A.: Accumulation of sub-fossil Cladocera remains in shallow oxbows at the Tisza region in Hungary.
In: Subfossil Cladocera Workshop : Levico Terme (Italy), Hotel Cristallo April 5th-8th 2016 : Abstract Book, [s.n.], Levico, 19, 2016.
13. Gyulai, I., **Berta, C.**, Szabó, L. J., Zawisza, E., Nagy, S. A.: Ecological memory of Cladocera assemblages, recolonization in shallow oxbows in the Upper-Tisza region, Hungary.
In: XIV. Subfossil Cladocera Workshop Abstract book. Ed.: Monica Tolotti, Manuela Milan, Nico Salmaso, Fondazione Edmund Mach, Levico Terme, Italy, 7, 2016.
14. Gyulai, I., **Berta, C.**, Kiss, K. M., Feri, D. R., Lakatos, C., Balogh, Z., Kundra, J. T., Simon, E., Korponai, J.: Recolonization research in oxbow lakes of river Tisza based on Cladocera taxa.
In: The 5th International Conference on Carpathian Euroregion. Ecology-CERECO 2014 : Abstracts. Szerk.: Bárány Sándor, Buczkó István, Hadnagy István, Kohut Erzsébet, Kolozsvári István, Ljubka Tibor, Zselicki István, Pol. "Lira", Beregszász, 29, 2014. ISBN: 9786175961469

Total IF of journals (all publications): 7,711

Total IF of journals (publications related to the dissertation): 3,252

The Candidate's publication data submitted to the iDEa Tudóstér have been validated by DEENK on the basis of the Journal Citation Report (Impact Factor) database.

14 February, 2020

