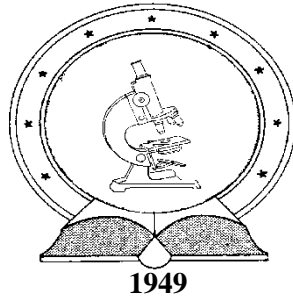


DE TTK



**A SZÉLSŐSÉGES VÍZJÁRÁSOK HATÁSAI AZ ÁLLÓVIZEK
CLADOCERA FAUNA ÖSSZETÉTELÉRE ÉS DINAMIKÁJÁRA**

Egyetemi doktori (PhD) értekezés

Gyulai István

Témavezetők:

Dr. Korponai János

egyetemi docens

Dr. habil. Lakatos Gyula

ny. egyetemi docens

DEBRECENI EGYETEM

Természettudományi Doktori Tanács

Juhász Nagy Pál Doktori Iskola

Debrecen, 2018.

A doktori értekezés betétlapja

Ezen értekezést a Debreceni Egyetem Természettudományi Doktori Tanács a **Juhász Nagy Pál Doktori Iskola Alkalmazott Ökológia doktori** programja keretében készítettem a Debreceni Egyetem természettudományi doktori (PhD) fokozatának elnyerése céljából.

Debrecen, 2018.

.....

a jelölt aláírása

Tanúsítom, hogy **Gyulai István** doktorjelölt **2008-2011** között a fent megnevezett Doktori Iskola **Alkalmazott Ökológia doktori** programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2018.

.....

a témavezető aláírása

Tanúsítom, hogy **Gyulai István** doktorjelölt **2008-2011** között a fent megnevezett Doktori Iskola **Alkalmazott Ökológia doktori** programjának keretében irányításommal végezte munkáját. Az értekezésben foglalt eredményekhez a jelölt önálló alkotó tevékenységével meghatározóan hozzájárult. Az értekezés elfogadását javasolom.

Debrecen, 2018.

.....

a témavezető aláírása

**A SZÉLSŐSÉGES VÍZJÁRÁSOK HATÁSAI AZ ÁLLÓVIZEK
CLADOCERA FAUNA MARADVÁNYAINAK ÖSSZETÉTELÉRE ÉS
DINAMIKÁJÁRA**

**CHANGES IN DIVERSITY AND DYNAMICS OF CLADOCERA
REMAINS THROUGH EXTREME WATER LEVEL FLUCUTATIONS**

Értekezés a doktori (Ph.D.) fokozat megszerzése érdekében
a Környezettudomány tudományágban

Írta: **Gyulai István** okleveles Környezetkutató

Készült a Debreceni Egyetem **Juhász-Nagy Pál Doktori Iskolája**
(**Alkalmazott Ökológia Doktori program**) keretében

Témavezetők:

Témavezető neve

Témavezető neve

.....

Dr. Korponai János

Témavezetők:

Témavezető neve

Témavezető neve

.....

Dr. Lakatos Gyula

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: Dr. Magura Tibor

tagok: Dr. Várbíró Gábor

Dr. Vasas Gábor

A doktori szigorlat időpontja: 2017. 06. 27.

Az értekezés bírálói:

.....

.....

.....

.....

A bírálóbizottság:

elnök:

.....

tagok:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Az értekezés védésének időpontja:

Tartalomjegyzék

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS	5
1.1. BEVEZETÉS	5
1.2. CÉLKITŰZÉSEK	7
2. PROBLÉMAFELVETÉS, A TÉMA IRODALMÁNAK ÁTTEKINTÉSE	8
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	15
3.1. AZ ÜLEDÉKEKBEN TALÁLHATÓ CLADOCERA MARADVÁNYOK ALKALMAZHATÓSÁGA A RECENS ÁLLAPOTOK IGAZOLÁSÁRA.....	15
3.2. A HOLTMEDREK MAKROFITA HABITAT STRUKTÚRÁJÁNAK REKONSTRUÁLÁSA SZUBFOSSZILIS CLADOCERA FAUNA ALAPJÁN	17
3.3. EGY SEKÉLY TÓ MÚLTBELI ÁLLAPOTÁNAK JELLEMZÉSE CLADOCERA MARADVÁNYOK ÁLTAL.....	21
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSŰK.....	25
4.1. AZ ÜLEDÉKEKBEN TALÁLHATÓ CLADOCERA MARADVÁNYOK ALKALMAZHATÓSÁGA A RECENS ÁLLAPOTOK IGAZOLÁSÁRA.....	25
4.2. A HOLTMEDREK MAKROFITA HABITAT STRUKTÚRÁJÁNAK REKONSTRUÁLÁSA SZUBFOSSZILIS CLADOCERA FAUNA ALAPJÁN	29
4.3. EGY SEKÉLY TÓ MÚLTBELI ÁLLAPOTÁNAK JELLEMZÉSE CLADOCERA MARADVÁNYOK ÁLTAL.....	37
5. ÖSSZEFOGLALÁS.....	45
6. SUMMARY	47
7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	49
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	51
9. IRODALOMJEGYZÉK.....	52
10. FÜGGELÉK	65

„Paleolimnology is the interpretation of past limnology from changes that occurred in the ecosystem of the lake, and their probable causes”

David G. Frey

1. Bevezetés és célkitűzés

1.1. Bevezetés

Magyarország Közép-Európa vízgyűjtője, a folyószabályozások előtt mindössze három nagy vízterület létezett: a Balaton, a Velencei-tó és a Fertő-tó. A folyószabályozásokat megelőzően jóformán az egész tiszai vízgyűjtő egy ártérnek volt tekinthető. A szabályozás során azonban a folyó mentén az átmetszésekkel 112 holtmedret alakítottak ki, melyek egy része kapcsolatban maradt a Tiszával, másik részük pedig mentesült a Tisza további hatásaitól (Lászlóffy, 1982; Pálfai, 2001). A keletkezett holtmedrek sekély eutróf vizek, melyeknek magas a tápanyagtartalma, valamint gazdag makrofita állománnyal rendelkeznek, mely révén nagyszámú, változatos élőhelyet biztosítanak a vízi élőlények számára (Pálfai, 2001).

Ezen újonnan kialakult holtmedrek ökológiai állapotának, közösségdinamikájának vizsgálata, az őket ért terhelések irányának meghatározása (természetes vagy antropogén), ill. rendszeres monitorozása új kihívások elé állította a szakembereket. Különösen igaz ez a paleoökológiai vizsgálatokra, melyek az utóbbi években jelentős változáson mentek keresztül. A tavakat ért antropogén hatások elemzésére új, hatékony mennyiségi és minőségi vizsgálatok terjedtek el a zooplankton közösségek funkcióját illetően. Ezek a vizsgálatok megmagyarázhatják a planktonfogyasztó

halállomány változását, a hínarasodás mértékét, vagy a tavak produktivitását (Frey, 1986). Ezzel a módszerszerrel lehetőség adódhat a múltban lejátszódott folyamatok komplexebb elemzésére, ill. jelezhetik a trofikus struktúra változásának bekövetkeztét (Brodersen et al., 1998).

Az ágascsápú rákok bekerültek a Nemzeti Biodiverzitás Monitorozó Rendszerbe is, vizsgálatukkal jellemezhetjük egy víztér állapotát, vagy az állapotában bekövetkezett változást (Forró, 1997). Hideg és mély tavakban megfigyelték az ágascsápú rákok mikrohabitat kötődését (Whiteside et al., 1978; Frey, 1988). Későbbi vizsgálatok igazolták, hogy a Cladocera fajok jól elkülöníthetően a különböző habitatokhoz kötődnek (Korhola, 1990; Korhola & Rautio, 2001). Ezért a kulcsfontosságú egyedek hiánya, valamint relatív sokasága információt adhat az élőhelyi szinten bekövetkező változások mértékéről (Brodersen et al., 1998). Élőhelyhez való kötődésükkel kapcsolatban is történtek vizsgálatok. Nem meglepő módon, a feltárások során bebizonyosodott, hogy a planktonikus fajok az eredeti élőhelyükhöz közel találhatóak meg, míg a maradványok legnagyobb számban a mély pontokon akkumulálódnak (Korhola et al., 2000; Kattel et al., 2007).

A litorális régió makrofita állományához kötődnek az *Acroperus*, a *Camptocercus*, a *Graptoleberis*, a *Pleuroxus* genus fajai. A köves, homokos aljzatot az *Alona* és a *Chydorus* fajok részesítik előnyben, míg az agyagos aljzaton a *Chydorus* mellett a *Leydigia* genus fajai dominálnak. A nyíltvízes régióban a *Bosmina*, a *Daphnia*, *Simoncephalus* genus fajai dominálnak.

A Cladocera kutatásokban az első igazi áttörést Frey (1958) munkássága hozta meg azáltal, hogy eljárásai révén a vizsgálatok és elemzések már folyamatosan történhettek, vagyis az eredmények a paleolimnológiai kutatások szerves részét képezhetik. Hazai viszonylatban kevés Cladocera

maradványokon alapuló paleolimnológiai tanulmány született. A hazai, első paleolimnológiai tanulmány Sebestyén Olga nevéhez fűződik, amely a balatoni fúrások maradványaira támaszkodott (Sebestyén, 1965, 1969, 1970, 1971). Korszakos jelentőségű munkái feledésbe merültek, mivel a Cladocera maradványokon alapuló paleolimnológiai kutatások nem folytatódtak. A 2000-es évek végén kezdődtek újra a szubfosszilis Cladocera maradványokon alapuló kutatások (Korponai et al., 2010, 2010a, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b, 2016; Gyulai et al., 2012; Feri et al., 2013; Berta et al., 2014). A vizsgálatok célja volt igazolni, vagy cáfolni, hogy a hideg és mély tavakra leírt általános törvényszerűségek (ld. fent) hogyan jelentkeznek sekély és eutróf tavak esetében. Jelen disszertáció eredményei szerves részét képezik ezen kutatásoknak.

1.2. Célkitűzések

A felszíni szűrt vízminták, a recens üledékminták és a furat üledékének vizsgálatánál a következő célkitűzéseket fogalmazzuk meg:

1. Milyen mértékben tükrözik az üledékekben található Cladocera maradványok a medrek recens állapotát?
2. A holtmedrek makrofita habitat struktúrája rekonstruálható-e a szubfosszilis Cladocera fauna alapján?
3. Használhatóak-e a Cladocera maradványok egy sekély tó múltbeli állapotának a jellemzésére?

2. Problémafelvetés, a téma irodalmának áttekintése

Napjainkban a paleolimnológia egy széleskörben elterjedt tudomány terület, amely a segédtudományaival (geológia, klimatológia, meteorológia, ásvány- és kristálytan, fizikai kémia, analitikai kémia) együtt képes leírni egy víztest múltbeli ökoszisztémáját és a múltban lejátszódott folyamatokat. Paleolimnológiai vizsgálatokkal évezredekre visszamenőleg lehet információkat szerezni és hipotéziseket lehet alkotni a vizeink jövőjét illetően, és javaslatokat lehet tenni az esetleges beavatkozások szükségességéről is (1. ábra).



1. ábra. A paleolimnológiai kutatások időléptéke (szerkesztette: Smol, 2008)

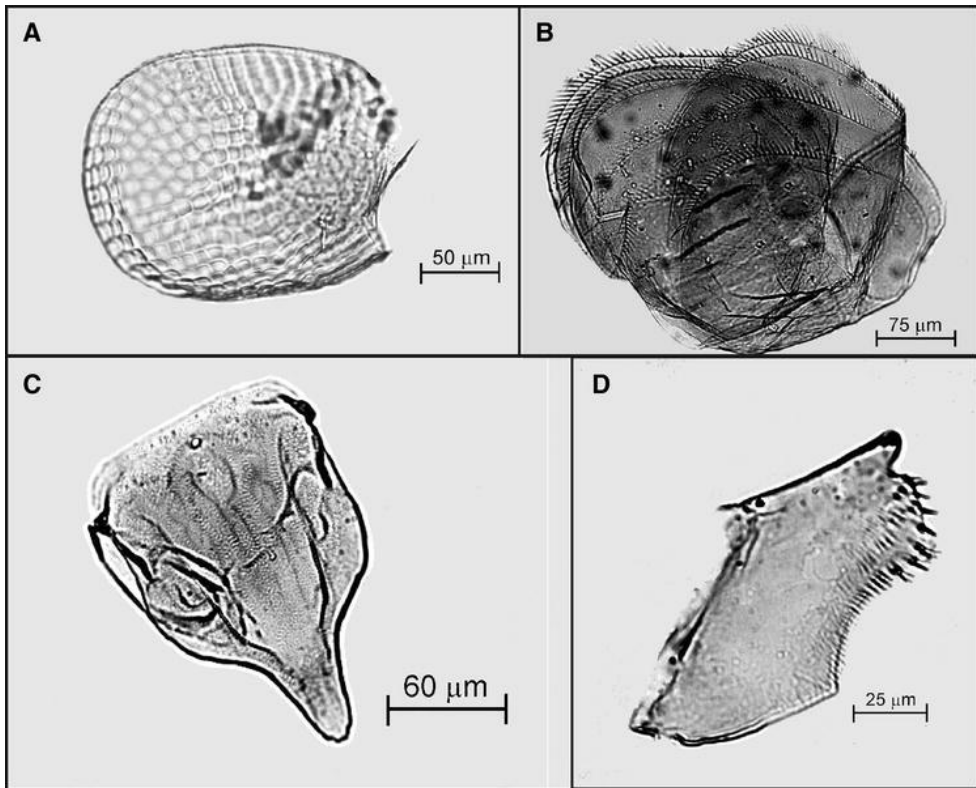
A tavakat az életük során különböző hatások érik, aminek lenyomatai az üledékben megőrződnek. A vízgyűjtő területekről a különböző anyagok

bekerülhetnek az állóvizekbe (allochton üledékképződés), melyekben időrenben akkumulálódhatnak, alapját képezve számos kutatásnak: karotionidok, klorofill származékok, pollenek, spórák, algák, diatómák, ágascsapú rákok és szúnyogok (Frey, 1988). A medrekbe allochton úton kerülő, nem ott képződő anyagokat elsősorban a folyók szállítják a tavakba, de jelentős hatása van még a levegőből való kiülepedésnek is (Smol, 2008). Az autochton üledékképződés során a tóban képződik az üledék, ez tartalmazza a tavi élőlények elhalt maradványait, a hajdani ökoszisztéma lenyomatát. A tavi üledékek vizsgálatával lehetőség van kimutatni az üledék eredetét és annak hatását a tavi rekonstrukciók során.

A paleolimnológia alapjait már az 1940-es években lefektették, meghatározva az első legnagyobb problémakört, a mintavételi szabályokat és azok problémáit. Hvorslev 1949-ben azt írta mintavételi kritériumként, hogy a vizsgálatokhoz olyan üledékminták megfelelőek, amelyek olyan tavakból származnak, ahol nem volt kiszáradás, nem történt kémiai kicserélődés és nem történt felkavarodás az üledékoszlopban. Ez azért jelentős, mert így elkerülhetjük az autochton és allochton üledékrétegek keveredését. Ebben az időszakban még nem számoltak a bioturbációval, ami azért fontos tényezője a kutatásoknak, mert a fenéklakó ágascsapú rákok akár 2-3 cm mélységig felkavarhatják az iszapot, így a tavak és holtmedrek felső néhány centiméteres üledékrétege tükrözheti a recens állapotokat (Smoll, 2002).

Az erőssenzklerotinizált kitinvázzal rendelkező Cladocerák, mint pl. a *Chydorida*-k, maradványai jól, míg a kevésbé szklerotinizáltak, így puhább taxonoknak, mint pl. a *Daphnia*-k, csak bizonyos maradványai (pl. utópotroh karom, mandibulák, stb) és tartós petéik (efippium) őrződnek meg az üledékben (Hofmann, 1987). Elpusztulásuk után a Cladocerák darabokra esnek

szét (héj, fejpajzs, utópotroh), ezek a maradványok általában jól megőrződnek és fajszerű határozást tesznek lehetővé (2. ábra).



2. ábra. *Monospilus dispar* (Sars, 1981) szubfosszilis maradványai. A,B – héj, C – fejpajzs, D – utópotroh (Korosi and Smol, 2012)

Az előfordulásukat tekintve a fajok lehetnek pelágikusak, vagy bentikusak. A taxonok relatív gyakoriságában tapasztalt változások információt adnak mind az élőhelyekben, mind a vizes élőhely trofikus struktúrájában bekövetkező változásokról (Bos, et al., 1999; Waters et al., 2008). A Cladocera fajok recens populációinak vizsgálatával feltárhatóvá válik a jelenlegi biodiverzitás a taxonómiai és genetikai sokféleség szintjén, míg a tavi üledékben található diatoma, Cladocera és Chironomida maradványok használhatóak a múltban lezajlott környezeti változások rekonstruálására.

A paleorekonstrukciós kutatások során a tó legmélyebb területéről származó üledékoszlopból vett mintákat elemzik azt feltételezve, hogy a minta reprezentatív az egész tó életközösségére nézve. Ez a fajösszetétel azonban különbözhet a recens fajösszetételtől. Ez a különbség egyrészt a tóban lejátszódó transzport folyamatokból, másrészt a maradványok különböző mértékű konzerválódásából (tafonómia) ered (Frey, 1988; Kattel et al., 2007; Korhola & Rautio, 2001).

A Cladocera maradványokon alapuló környezeti rekonstrukció témájában igen nagyszámú külföldi kutatás történt az elmúlt fél évszázadban. A fokozódó antropogén hatások úgy, mint szennyezések, környezeti beavatkozások hatására igen nagymértékű változások történtek a tavak planktonikus közösségeiben: fajok tűntek el, jelentek meg, vagy éppen váltak dominánssá (Smol, 2008). Ezek a behatások olyan változásokat okoztak, melyeket során a Cladocera közösségek is átalakultak, így a változásoknak köszönhetően meg lehet határozni a változás okát és mértékét: pl. a trofitás változását, a vízszint emelkedését és csökkenését, a planktonnal táplálkozó élőlények mérethez kötött szelekcióját, valamint az élőhelyi szinten bekövetkező degradációs és redukáló folyamatokat (Frey, 1986; Jeppesen et al., 2003, 2014; Smol, 2008; Bjerring et al., 2009). Újabb vizsgálatok kimutatták, hogy a Cladocera maradványok a trofikus állapotok indikátoraiként is használhatóak (Brodersen et al., 1998; Shumate et al., 2002; Gąsiorowski & Kupryjanowicz, 2009; Luoto et al., 2011; Nevalainen, 2008).

Többváltozós vizsgálatok kimutatták, hogy a tavak trofikus állapota nagyban befolyásolja a Cladocera fajok maradványainak összetételét, ami a fajgazdagság csökkenésével, vagy növekedésével jár (Chen et al., 2010). Hasonló vizsgálatokat végeztek üledékmintákon, de itt már indikátorként tekintettek az ágascsapú rákokra, és kimutatták, hogy jelentős hatással van

rájuk: a hőmérséklet változás (Hart, 2004), vagy a táplálék minősége és mennyisége (Gulati & Demott, 1997; Von Elert, 2004). A tanulmány során azt is nézték, hogy a Cladocera indikálják-e a trofikus struktúrát, illetve az ökológiai állapotot. Eredménynek azt kapták, hogy a Cladocera taxonok eloszlásának, diverzitásának változatosságának vizsgálatával hiteles képet lehet alkotni a víztest ökológiai állapotáról, illetve trofikus szintjéről (Brodersen, 1998; Chen et al., 2010). Ezen felül Herzig (1994) kimutatta, hogy tavaszal és ősszel az abiotikus tényezők, míg nyáron a biotikus tényezők hatnak jobban a Cladocera közösségekre.

További kutatások azt is bizonyították, hogy a Cladocera maradványok vizsgálatával, az általuk adott faji és közösségszintű válaszreakcióikból hiteles képet lehet alkotni a környezetben bekövetkező térben-, és/vagy időben bekövetkező nagyléptékű változásokról. Ilyenek a klímaváltozás, a fajok terjeszkedése, az élőhelyhez való kötődés átalakulása, fajszaámuk csökkenése, illetve növekedése. (Korhola & Rautio, 2001; Bjerring et al., 2009; Jeppesen et al., 2011; Korponai et al., 2011a, 2011b). Terepi vizsgálatokkal bizonyították, hogy elterjedésüket jelentősen befolyásolja a hőmérséklet, illetve szorosán kötődik a földi szélességi körök elhelyezkedéséhez (Meijering, 1983). Kimutatták, hogy szaporodásuk és növekedésük a hűvösebb tartomány felé haladva lassul, de ezzel összefüggésben a toleranciatartományuk is optimalizálódik. Paleoökológiai vizsgálat során az üledékminták Cladocera maradványaiból kimutatták, hogy a közösség összetétele és diverzitása jól reflektál a klimatikus változásokra (Andrič et al., 2009; Korponai et al., 2011a). A klíma melegedése segíti a vegetáció kialakulását a tómederben, ami a litorális Cladocera fajok megjelenésnek kedvez.

Cladocera- és pollenvizsgálatokkal finnországi tavak estében bizonyítást nyert, hogy az ember általi beavatkozás következtében jelentkező eutrofizáció a fajok előfordulásának a változását okozza (Sarmaja-Korjonen, 2002). Az ágascsápú rák együttesek további vizsgálatai kimutatták, hogy lengyelországi holtmedrek vonzaskörzetében és közvetlen közelében történő emberi beavatkozások (folyószabályozások, mezőgazdasági tevékenységek) felborítják a holtmedrek ökológiai rendszerét, ezzel elősegítve az eutrofizálódást (Szeroczyńska, 1998).

Azonban fontos kiemelni, hogy kisméretű holtmedrek akár egy kisebb trofikus, klimatikus változásra is gyorsan reagálnak azzal, hogy megváltozik a fajok összetétele, míg a nagyobb holtmedrek esetében már az e fajta változás nem ennyire észrevehető (Sarmaja-Korjonen, 2002).

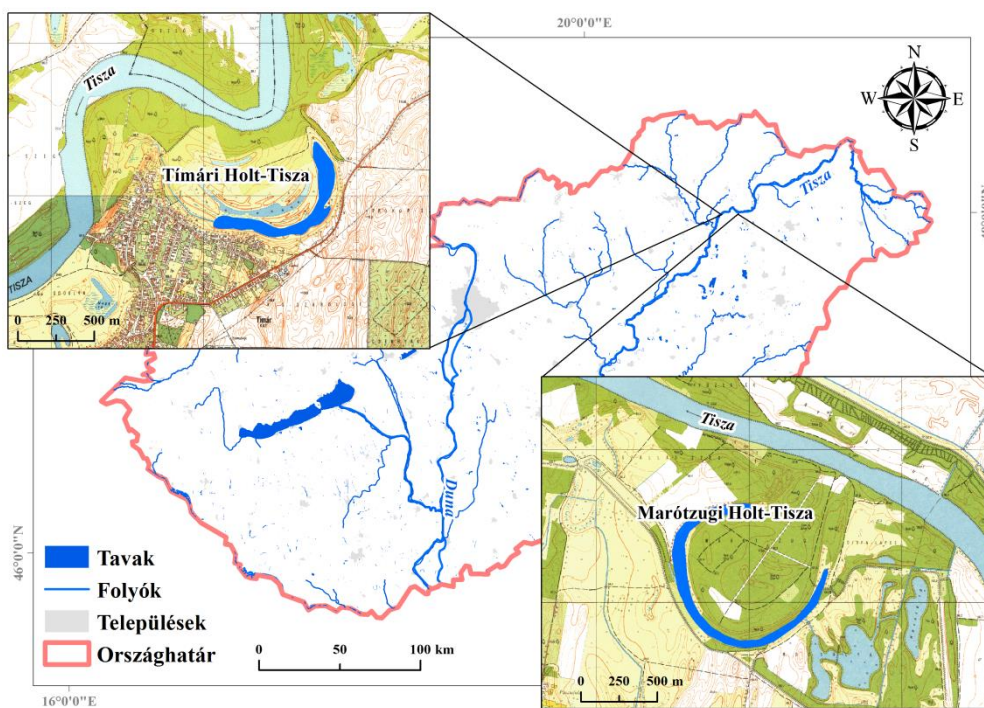
A gyakorlati környezetvédelemben szükséges a környezet állapotának feltárása, az állapotváltozások nyomonkövetése, és értékelése, amit Magyarországon az EU csatlakozást követően a Víz Keretirányelvben (VKI) meghatározott módszerek szerint kell elvégezni. Sajnálatos módon a VKI nem tartalmazza a zooplankton, mint biológiai elemet (Jeppesen et al., 2011), pedig vizsgálatuk, első sorban az állóvizekben elengedhetetlen lenne. Ezen felül Moss és mtsai (2003) az ökológiai állapot meghatározásához nélkülözhetetlennek tartják az állóvizek paleoökológiai vizsgálatát, hangsúlyozták továbbá a zooplankton fontosságát és javasolják a minősítésbe való bevonását. Bár a VKI vizsgálandó biológiai elemei között nem szerepel a zooplankton, tanulmányok születtek arról, hogy a Cladocerák jól reprezentálják egy tó ökológiai állapotát, valamint az üledékfelszíni mintákból is lehet állapotértékelést végezni (Davidson et al., 2010, 2011; Jeppesen et al., 2011). Jeppesen és mtsai (2011) egyértelműen kimondják, hogy a Víz

Keretirányelvnek tartalmaznia kellene ezt a biológiai csoportot. Sekély tavak esetében pedig még állandó monitoringra sem lenne szükség, paleoökológiai módszerek segítségével a recens üledék eredményeinek elemzése térben és időben integrált mintát ad, melyből egyértelműen megállapítható egy tó ökológiai állapota.

3. Anyag és módszer

3.1. Az üledékekben található Cladocera maradványok alkalmazhatósága a recens állapotok igazolására

A recens állomány mintavétele során a timári Morotva-tó és a Marótzugi Holt-Tisza különböző nyíltvízi és növényzettel benőtt élőhelyeiről vettünk 16-16 mintát cső-mintavevővel 2006 és 2008 között évi két alkalommal, a nyáreleji és az őszi időszakban, amikor a Cladocera közösség egyedszáma a legmagasabb (3. ábra). A mintavételek során a nyíltvízes (50 %), emersz makrofita (25 %) és a szubmersz makrofita (25 %) állományból vettünk mintákat.



3. ábra. Mintavételi medrek a Felső-Tisza területén

A mintavételi helyek koordinátái és a mintavételi helyek jelölése a függelékben található (F1. táblázat és az F1. – F2. ábra).

Az azonos habitatból származó mintákat összemostuk, majd 65 μm lyukbőségű planktonhálón átszűrtük és Lugol oldattal tartósítottuk. Az egyedszámbecsléshez min. 300 egyedet számoltunk, a denzitást egyedszám / cm^3 -re számoltuk.

Livingstone típusú magmintavevővel vettünk üledékoszlop mintát a timári Morotva-tó és a Marótzugi Holt-Tisza legmélyebb pontján. A fűrasmag legfelső 2 cm-es szeletéből vettünk mintát a Cladocera maradványok vizsgálatához, ezek a minták a recens állapotokat tükrözték.

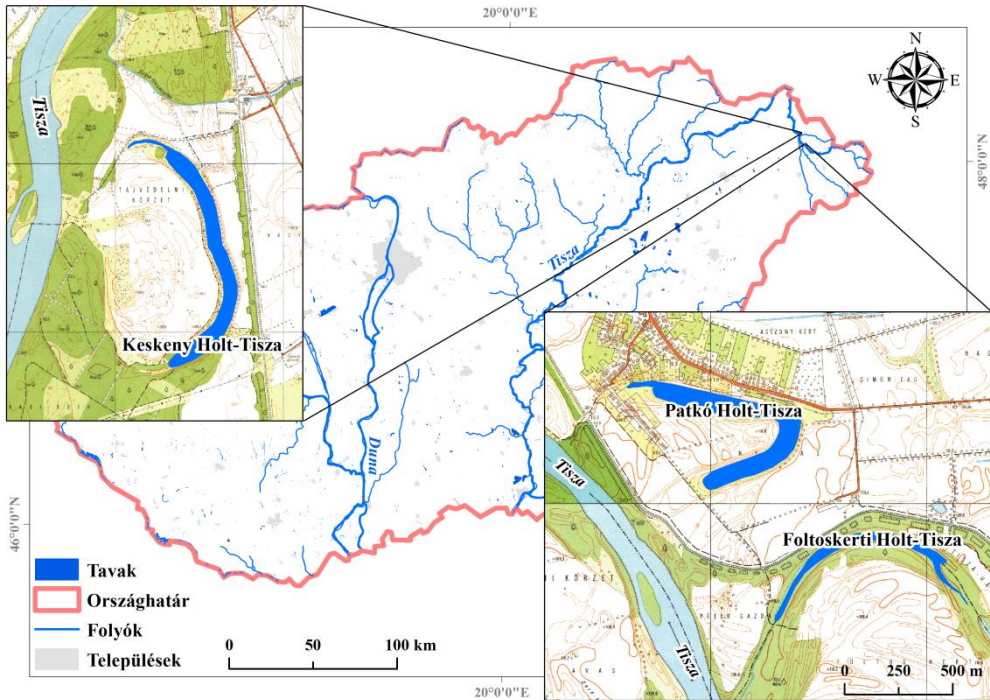
A kivett 1 cm^3 térfogatú üledék mintákat 10 % KOH-ban, majd tömény HF-ban egy-egy órán át főztük, 35 μm -es szitán át szűrtük, safraninnal festettük és ismert térfogatra öntöttük. Fénymikroszkóp alatt (Olympus BX 53) 250 \times nagyításon vizsgáltuk és min. 200-250 maradványt határoztunk meg és mennyiségüket 1 cm^3 térfogatra vonatkoztattuk. (Goulden & Frey, 1963; Korhola & Rautio, 2001). Az azonosítások során Bledzki és Rybak (2016), Gulyás és Forró (1999), valamint Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007) határozóit használtuk.

A diverzitás viszonyok értékeléséhez az R statisztikai környezetet (R Development Core Team, 2008) és a vegan (Oksanen et al., 2007), ill. BiodiversityR (Kindt & Coe, 2005) csomagokat használtuk fel. A Cladocera közösségek között hasonlóságot Jaccard index-el számoltuk, az összevonást Ward módszerrel végeztük.

3.2. A holtmedrek makrofita habitat struktúrájának rekonstruálása szubfosszilis Cladocera fauna alapján

A vizsgálat tárgyát képező holtmedrek a 19. században a tiszai folyószabályozások során alakultak ki. A folyószabályozások során több száz meandert vágtak át biztosítva a hajózási útvonalat és az árvizek levonulását. Számos mesterséges holtmedret alakítottak így ki a Tisza folyó mentén (Babka et al., 2011; Balogh et al., 2016, 2017; Kunderát et al., 2017). A Felső-Tisza régióban több mint 40 holtmeder található. A területen aktív mezőgazdasági tevékenység folyik, legelők, gyümölcsösök és gabonafélék termesztése dominál.

A vizsgált holtmedrek Vásárosnamény és Jánd közelében találhatóak. A mintavételekre 2012 őszén került sor, a következő holtmedreket mintáztuk meg: Keskeny Holt-Tisza, Foltos-kerti Holt-Tisza és Patkó Holt-Tisza (4. ábra). A mintavételi helyek koordinátáit és a mintavételi helyek jelölését a függelékben az F2. táblázat és az F3. - F4. ábra tartalmazza. Mindegyik holtmederben 4-4 mintavételi helyet jelöltünk ki úgy, hogy azok reprezentálják a különböző habitatokat. Az alámerült hínarosokban az érdes tócsagaz (*Ceratophyllum demersum* – 90%) és a bodros békaszőlő (*Potamogeton natans* – 10%) 10 %-ban dominált. A nyíltvizes mintavételi helyen nem volt növényzet. Az emerz hínaras mintavételi helyen a közönséges nád (*Phragmites australis*) 80 %-ban dominált. A csatorna habitat egy keskeny nyíltvizes élőhely volt, melynek legnagyobb mélysége 1,2 méter, 90 %-ban nyíltvizes rész volt, szórványosan érdes tócsagaz (*Ceratophyllum demersum*) megjelenésével.



4. ábra. Mintavételi medrek a Felső-Tisza területén

Cladocera meghatározás

1 cm³ térfogatú mintákat 10 % KOH-ban, majd tömény HF-ban egy-egy órán át főztük, 35 µm-es szitán át szűrtük, safraninnal festettük és ismert térfogatra öntöttük. Fénymikroszkópos vizsgálat során (Olympus BX 53) 100 µl mintát néztünk át egyszerre és 200 maradványt számoltunk le. Általában kettő tárgylemez tartalmazta a kétszáz maradványt, ami szükséges volt a minták elemzéséhez (Kurek et al., 2010). Az azonosítások során Bledzki és Rybak (2016), Gulyás és Forró (1999) valamint Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007) határozóit használtuk.

Vízminták meghatározása

Felszíni vízmintákat gyűjtöttünk másfél literes műanyag palackokba és a helyszínen mértük a vizek fizikai paraméteri közül a mélységet, átlátszóságot (Secchi koronggal), a hőmérsékletet, a vezetőképességet és a pH-t (Hach HQ 40d, Cat No. 58258-00 készüléssel) mértük (MSZ 12749:1993). A mintákat hűtve tároltuk, majd az ammónium, nitrit, nitrát, permanganátos kémiai oxigénigény, a klorid, valamint a szabad, reaktív foszfát mennyiségének meghatározását végeztük el (MSZ 448-20:1990).

A tápanyag- és klorofill-tartalmat spektrofotometriásan határoztuk meg, a méréseket Hach Lange DR 6000 egyutas UV-VIS spektrofotométerrel végeztük (MSZ ISO 10260:1993).

A kémiai oxigén igény (KOI) mérésével a vízben található kémiailag oxidálható szerves anyagok mennyiségére lehet következtetni. A KOI_{smn} meghatározása savas közegben, kálium-permanganát oldattal, szűretlen mintából történt (Felföldy, 1987; Nollet & DeGelder, 2011).

A klorid-ion a vizekben igen elterjedt, rendszerint a nátriumnak a kísérője. Szerves úton a klorid-ion a felszíni vizekbe ipari- és kommunális szennyvizekkel kerülhet be. A klorid-ion mennyisége kálium-kromát indikátor segítségével, ezüst-nitrát mérőoldattal lett kimutatva szűrt vízmintából (Felföldy, 1987; APHA, 2000).

Az ammóniumion meghatározása indofenol reakcióval történt. A színintenzitás az ammóniumion-koncentráció függvénye, 655 nm hullámhosszon meghatározható (MSZ ISO 7150-1:1992).

A nitrit ionok ecetsavas, savanyú közegben szulfanilsavval és α -naftilaminnal (Gries - Ilosvay reagens) ibolyásvörös színű vegyületet hoznak

létre. A reakció rendkívül érzékeny, és szelektív. A színintenzitás a nitrit-koncentráció függvénye, 520 nm hullámhosszon meghatározható (MSZ 448/12-82).

A nitrát meghatározás alapja az, hogy a nitrát ionok szalicilsavval lúgos közegben sárga színű addíciós vegyületet (nitro-szalicilsavat) képeznek, melynek elnyelési maximuma 410 nm-en van, a szín intenzitása arányos a nitrát ionok koncentrációjával (MSZ 1484-13: 2009).

Az üledék szervesanyag és CaCO₃ tartalmának meghatározása

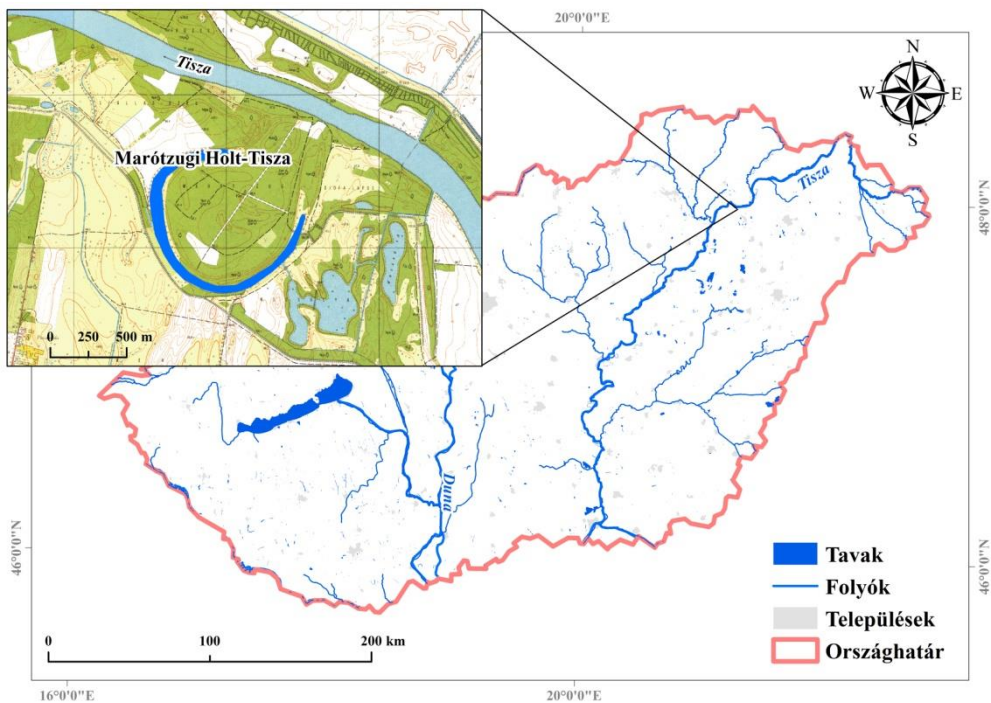
A szerves-anyagtartalom meghatározása során először 105°C –on kiszárítottuk a mintákat majd izzítókemencébe tettük 4 órára, az izzítási veszteséget (Bengtsson & Enell, 1986; Heiri et al., 2001; Matthews, 2014) munkái alapján számoltuk. Az üledék mésztartalmát egy egyszerű, de széles körben elterjedt eljárással határoztuk meg. Az 550 °C-on történő izzítás után, a mintáinkat újra hevítettük 950 °C-on négy órán keresztül. Az izzítási veszteséget (Dean, 1974; Heiri et al. 2001; Matthews, 2014) munkái alapján számoltuk.

Statisztikai elemzések

Az élőhelyekhez kötődő Cladocera csoportok vizsgálata során nem metrikus főkoordináta módszert (NMDS) használtunk. CCA analízist használtunk a vízkémia és a Cladocera fajgyűtesek elemzésénél (Lepš & Šmilauer 2003). Egyutas ANOVA-t használtunk, hogy összehasonlítsuk a Cladocera diverzitás, a habitat típusok és a vízkémia kapcsolatát.

3.3. Egy sekély tó múltbeli állapotának jellemzése *Cladocera* maradványok segítségével

A Marótzugi Holt-Tisza egy kicsi, nem védett holtág - melynek hossza 1,8 km, szélessége 60 m, területe pedig 10 ha - a Tisza bal oldalán található, közel Gávavencsellő falujához (5. ábra). A mintavételi hely koordinátáit és a mintavételi hely jelölését a függelékben az F2. táblázat és az F5. ábra tartalmazza.



5. ábra. Marótzugi Holt-Tisza

A Tisza Közép-Európa egyik legnagyobb folyója és a magyarországi Alföld legnagyobb vízfolyása. 946 km hosszú, a vízgyűjtő területe pedig 157186 km². A Tisza vízrendszere nagyon változatos. A legmagasabb vízszint a hó olvadása idején figyelhető meg február és április között. A másik magas

vízszintállás júniusban jellemző, az intenzív szezonális csapadék miatt. A legalacsonyabb vízszinteket általában augusztus végétől szeptember végéig mérik.

A Tisza-folyót szabályozása előtt nagy kiterjedésű ártéri terület vette körül, amelynek teljes területe 19 637 km² volt, 4770 km²-t pedig állandóan elárasztott. Ezért a Tisza árterülete az ország 21% -át elfoglalta, és 5% -ot állandóan elárasztott (Botár & Károlyi, 1971).

A XIX. század végén összetett vízvezető rendszert építettek, amely zsilipekből, mesterséges folyómedrekből és csatornákból áll. A meandereket elvágták, ezzel a Tisza hosszúságát 1420 km-ről 946 km-re csökkentve. Összesen 112 meandert választottak le a folyómederről és holtmedrekké alakultak át (Lászlóffy, 1982).

A kanyarok átvágásával a folyóágy lejtése megnövekedett, ezzel pedig nőtt a folyó áramlási sebessége és kinetikus energiája. Ennek az volt a célja, hogy megakadályozza az üledék folyómederben történő leülepedését, amivel így az eróziós és lerakódási folyamatok arányai kiegyensúlyozottak lettek. A jelenlegi nomenklatúra szerint a folyami ártéren fekvő holtágakat védtelennek nevezik, míg azok, amelyek a töltéseken kívül helyezkednek el védettek.

A védtelen holtágakat gyakran érintik az árvizek, ebből adódóan üledékük laminálttá válik a szerves anyagok ülepedése következtében. Legtöbbjük védtelen és az árvizek nagymértékben befolyásolják, ami ideális vízi ökoszisztémákat hoz létre az árvízesemények tanulmányozásához. A Tisza-holtágak üledékeiről szóló korábbi tanulmányok kimutatták, hogy a romániai maramures megyei ércbányászat miatt rendszeres nehézfém szennyezés volt jelen (Braun et al., 2000, 2010). Korponai és mtsai. (2010b,

2010c) azt mutatták ki, hogy a Cladocera közösségek kiemelkedő szerepet töltenek be a holtmedrek biológiai sokféleségében.

A regenerálódási rendszer után a Tisza-folyó egy nagy folyószakaszát 1860-ban elszigetelték és kialakult a Marótzugi Holt-Tisza holtága (Pálfai, 2001). Ezt a holtágat választották tanulmányi helyszínnek ismert kora és kedvező logisztikája miatt. A Marótzugi Holt-Tisza holtág védtelen, a gátak/töltések és a folyami csatorna között helyezkedik el. Ennek a tónak az élőlényközössége különösen gazdag, országos természetvédelmi területként és vadvilági szentélyként (Hortobágyi Nemzeti Park) jegyezték be. Ezenkívül a PHARE által támogatott Magyar Nemzeti Biodiverzitás-felügyeleti Program (Müller et al., 2000) kísérleti projekterületének részeként választották ki.

Üledékben lévő fosszilis Cladocera maradványok

Az üledékben lévő fosszilis Cladocera maradványokat 10%-os KOH-ban deflokkuláltuk. A KOH-kezelés után, az üledék mitákat 10%-os HCl-val kezeltük azért, hogy eltávolítsuk a széntartalmú maradványokat, majd 40%-os HF-dal (2 óra hosszat), hogy elimináljuk a homok- és agyagfrakciót (Frey, 1986). A Cladocera maradványokat egy 35 µm-es szitán keresztül összegyűjtöttük (Frey, 1986). Csak a jól megmaradt Cladocera kitin darabok (fejpajzs, hátpajzs, karmok, utópotrohok és tartóspetéék) alkalmasak arra, hogy megfelelően meghatározzuk a Cladocera fajok denzitását. Csak azok a fragmentumok számítanak, melyeken jól kivehető diagnosztikai markerek/jelek vannak. Az egyes taxonok leggyakoribb testrészeit használtuk fel az egyedsűrűség becsléséhez az egyedsűrűséget ind/cm³ –ban adtuk meg. A Cladocera közösség összetételét fénymikroszkóppal vizsgáltuk (Olympus BX53), legalább 300 egyed alapján becsültük az egyes részmintákban

(Korhola & Rautio, 2001). A taxonómiai azonosítás Frey (1950, 1962, 1988, 1991), Goulden és Frey (1963), Gulyás és Forró (1999), Sebestyén (1965, 1970,), Szeroczyńska és Sarmaja-Korjonen (2007), és Whiteside és mtsai (1978) alapján történt.

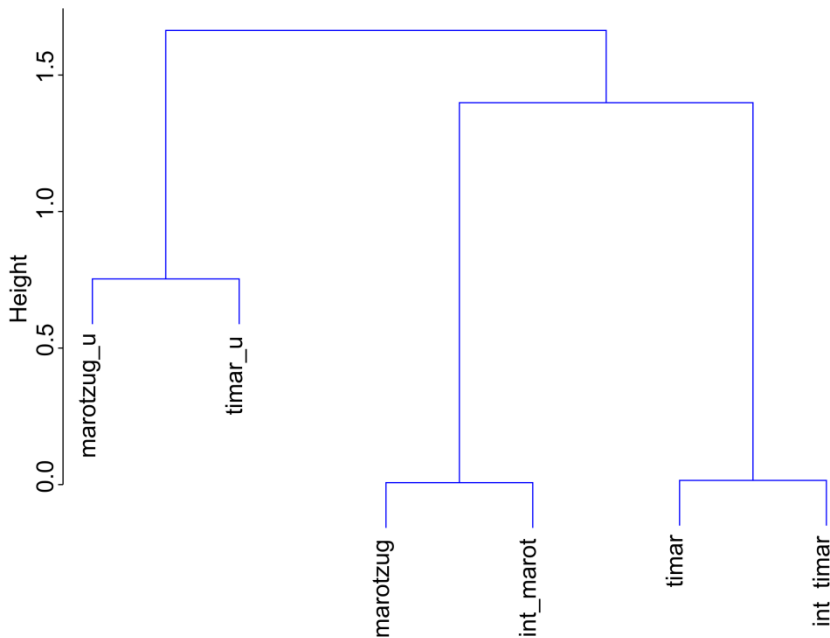
4. Eredmények és értékelésük

4.1. Az üledékekben található Cladocera maradványok alkalmazhatósága a recens állapotok igazolására

1. táblázat: Cladocera közösségek a vizsgált holtmedrekben. A táblázat az egyes fajok egyedszámait tartalmazza ind/cm³-re

Nemzetség	Faj	Marót-zug HT	Marót-zug HT üledék	timári NM	timári NM üledék	Összesen
<i>Acropterus</i>	<i>harpae</i>	1855	10	4343	75	6421
<i>Alona</i>	<i>affinis</i>	118	30	306	125	709
	<i>costata</i>		5			5
	<i>guttata</i>		10	957	20	1007
	<i>intermedia</i>	66		2	10	78
	<i>quadrangularis</i>				20	30
	<i>rectangular</i>	1799	30	12087	600	15124
<i>Alonella</i>	<i>exigua</i>	1986		680	50	2791
	<i>nana</i>				175	218
	<i>sp</i>	50				50
<i>Bosmina</i>	<i>longirostris</i>	269256	2265	87884	950	366085
<i>Bunops</i>	<i>serricaudatus</i>	41		65		106
<i>Camptocercus</i>	<i>rectirostris</i>		10		25	45
<i>Ceriodaphnia</i>	<i>dubia</i>	8				8
	<i>laticaudata</i>	53				53
	<i>pulchella</i>	3325		52293		55618
	<i>quadrangular</i>	1202		443		1645
	<i>reticulate</i>	110		8		118
	<i>sp.</i>	609	10	102	25	632
<i>Chydorus</i>	<i>sphaericus</i>	56864	35	25149	550	83343
<i>Daphnia</i>	<i>ambigua</i>	1067				1067
	<i>galeata</i>	52		1830		1882
	<i>parvula</i>	1464		75		1539
<i>Diaphanosoma</i>	<i>brachyurum</i>	6105		481		6586
<i>Disparalona</i>	<i>rostrate</i>	265				265
<i>Eurycercus</i>	<i>lamellatus</i>			114		114
<i>Graptoleberis</i>	<i>testudinaria</i>	49	10	333	125	722
<i>Ilicryptus</i>	<i>sordidus</i>	16		9		25
<i>Leydigia</i>	<i>acanthocercoides</i>				13	13
	<i>leydigi</i>		20			40
<i>Moina</i>	<i>micrura</i>	1354				1354
<i>Monospilus</i>	<i>dispar</i>				80	280
<i>Oxyurella</i>	<i>tenuicaudis</i>				10	10
<i>Pleuroxus</i>	<i>aduncus</i>	1264	10	3127		4416
	<i>laevis</i>	192	10	1177	25	1454
	<i>trigonellus</i>	129		855	175	1499
	<i>truncates</i>	1544		562	25	2146
<i>Pseudochydorus</i>	<i>globosus</i>			27		27
<i>Scapholeberis</i>	<i>mucronata</i>			75		75
<i>Simocephalus</i>	<i>expinosus</i>	24		241		265
	<i>serrulatus</i>			1595		1595
	<i>vetulus</i>	797		3301		4098
Összesen		351664	2265	198121	950	563662

A szűrt és az üledékmintákban 42 Cladocera taxont azonosítottunk (1. táblázat). Az üledékminták mind a két víztér esetében eltértek a többitől (6. ábra). Az eltérés magyarázata az, hogy a szűrt mintában található fajok jelentős részének maradványai hiányoznak az üledékben. Amennyiben együtt néztük az üledék és vízminták eredményeit, a holtmedrek elkülönültek egymástól. A planktonikus Cladocerák mint pl., a *Daphnia* fajok, a *Diaphanosoma brachyurum*, és a *Moina micrura* gyengébben szklerotinizáltak, a kitinvázuk a lebomló folyamatoknak kevésbé áll ellen. Maradványaik az üledékben alul reprezentáltak. A növényzethez köthető *Bunops serricaudatus*, hiánya a ritkaságához, míg a jóval gyakoribb *Simocephalus sp.* hiánya pedig szintén gyenge szklerotinizáltságukkal hozható összefüggésbe (Korhola & Rautio, 2001).



6. ábra. A holtmedrek Cladocera közösségeinek clusterdiagramja (Jaccard index, Ward módszer; marótzug, timar: forrás minták a holtágakból; marótzug_u, timar_u: üledékminták a holtágakból; int_marótzug, int_timar: a szűrt és az üledékminták összege)

Diverzitási viszonyokat tekintve, a tímári Morotva-tó üledékének diverzitása magasabb (2. táblázat), mivel maradványok fajszerinti eloszlása egyenletesebb, míg a szűrt mintában a *Bosminus longirostris* és *Chydorus sphaericus* előfordulása tömeges.

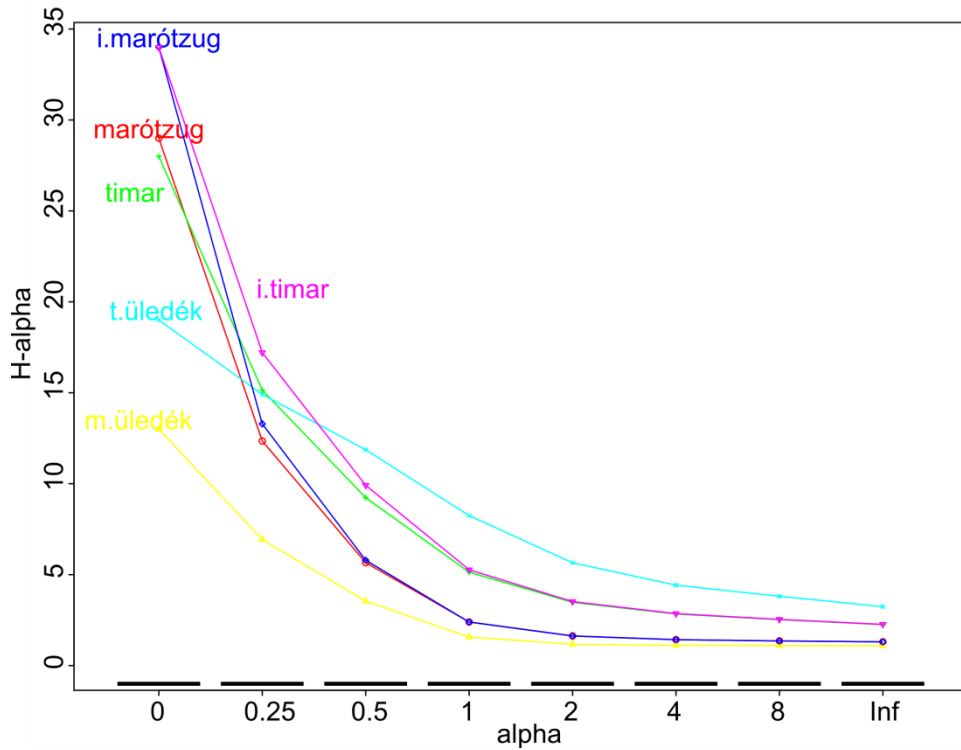
2. táblázat. Diverzitás indexek (H: Shannon, S: Simpson, J-e: egyenletesség)

	H	S	J-e
Marótzugi Holt-Tisza	0,874	0,387	0,26
Marótzugi Holt-Tisza üledék	0,451	0,148	0,176
tímári Morotva-tó	1,636	0,712	0,491
tímári Morotva-tó üledék	2,11	0,823	0,717

Vannak olyan fajok pl. *Camptocercus rectirostris*, *Monospilus dispar*, *Oyurella tenuicaudis*, *Leydigia leydigii*, *L. acanthocercoides* amelyek csak maradványaikból mutathatók ki. Ezek főként bentikus életmódot folytató fajok és ezek mintázásra csőmintavevő nem igazán alkalmas.

A holtágak diverzitás profilja alapján megállapítható, hogy bár az üledék fajszáma alacsonyabb ($\alpha=0$) a szűrt mintához képest mind két holtmeder esetében, azonban a tímári Morotva-tó üledéke gazdagabb Cladocera faunára reflektál (7. ábra). Az üledék diverzitása is magasabb, mint a szűrt mintáé. A Marótzugi Holt-Tisza Cladocera fauna diverzitása alacsonyabbnak mutatkozott. Az üledékének fajszáma és változatossága egyaránt a legalacsonyabb volt, ez valószínű az intenzív horgásztatás hatása, a halak az üledékből táplálkozva kifalják a fajok egyedeit. Korponai és mtsai (2011) üledékcsapdák vizsgálatakor azt tapasztalták, hogy a Cladocera fajok majdnem felét nem Chydoridák tették ki, tehát a csapdádba bemosódtak a pelágikus régió és a litorális régió fajai is. Gyulai és mtsai (2012) rakamazi holtmedrek szűrt mintáinál azt tapasztalták, hogy az alzathoz kötötten élő fajok

hiányoztak a fajkészletből. Feri és mtsai (2013) azt tapasztalták tiszai holtmedrek üledékében, hogy az üledékmintáknak nagyobb fajkészlete és nagyobb egyedszáma volt. Kimutatták továbbá, hogy azonos makrovegetációk esetében a nagyobb vízmélységnél több faj és nagyobb egyedszám volt tapasztalható.



7. ábra. A holtágak Cladocera faunájának Rényi dirverzitás profilja (Hill számok)

4.2. A holtmedrek makrofita habitat struktúrájának rekonstruálása szubfosszilis Cladocera fauna alapján

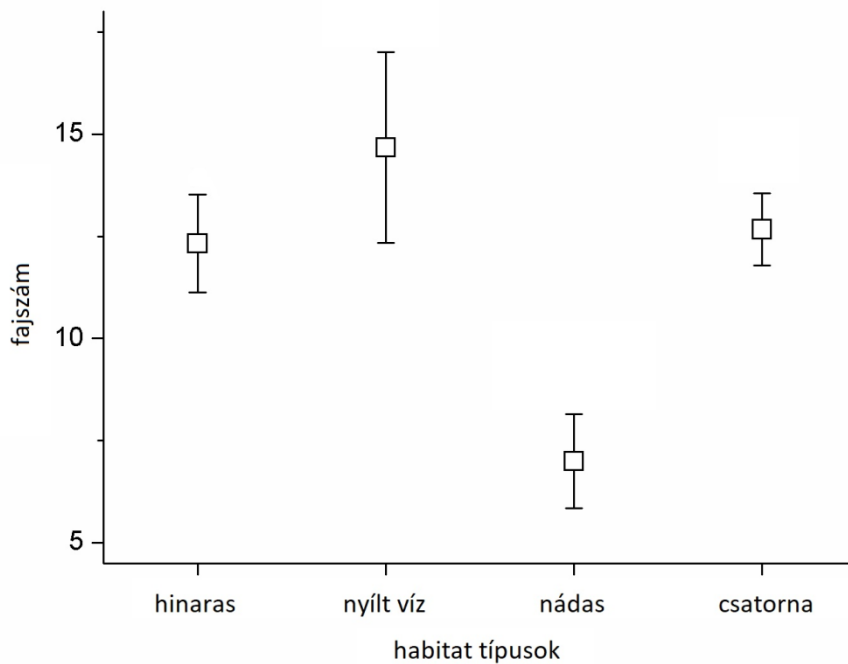
A mikroszkópikus vizsgálatok során 1324 egyedet számltunk össze és 31 fajt határoztunk meg (3. táblázat). A Keskeny Holt-Tisza csatorna mintavételi helyén növényzethez köthető fajokat találtunk. Az alámerült hínarasban *Alonella exigua*, *Acroperus harpae*, *Alona guttata* domináltak. A vegetációs zónában domináltak a biotektont kedvelő *Acroperus elongatus* és az *Alona affinis* (Korhola, 1999). Foltos-kerti Holt-Tisza alámerült hínarasában *Alonella excisa* volt gyakori, ami növényzethez kötötten fordul elő. Ezen az élőhelyen *Daphnia longispina* maradványokat is találtunk, ami azért érdekes, mert ez a faj egyértelműen a nyíltvizes élőhelyeket kedveli (Korhola, 1990; Korhola & Rautio, 2001). A csatorna mintavételi helyén a Foltos-kerti Holt-Tiszának az *Alona quadrangularis* dominált. A Patkó Holt-Tiszában olyan fajokat találtunk, amelyek a növényzethez kötötten, vagy az üledékben élnek (Korhola, 1990; Korhola & Rautio, 2001). A nyíltvizes mintavételi helyen is növényzethez kötődő, vagy üledéklakó fajok domináltak. Valószínűleg ezek a fajok gyorsan képesek adaptálódni a megváltozott környezeti körülményekhez, mint például az emberi zavarás (Smol, 2008). A Patkó Holt-Tiszát intenzív horgászat jellemzi, a nyíltvizi fajok kifalása után benépesítették az új életteret.

3. táblázat: Cladocera közösségek a vizsgált holtmedrekben. A táblázat az egyes fajok egyedszámait tartalmazza ind/cm³re

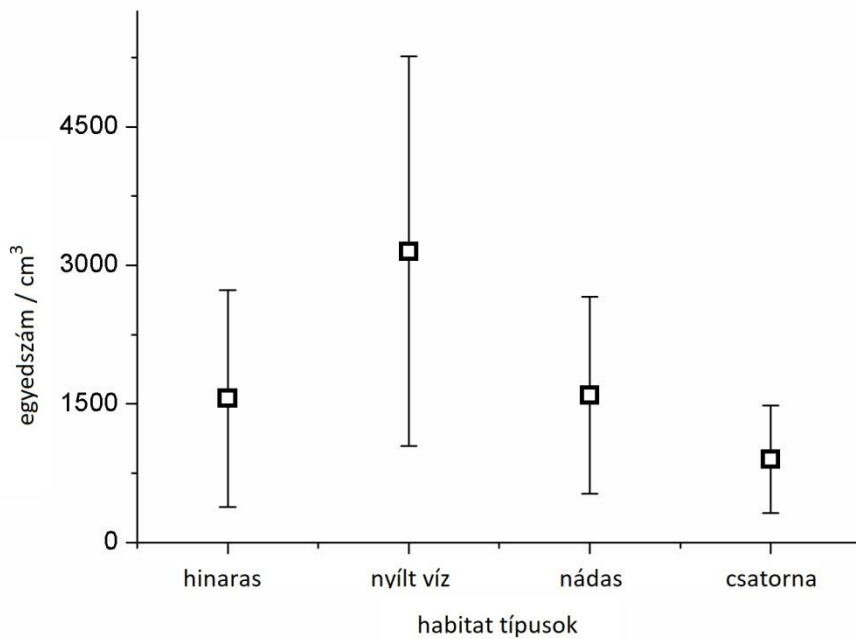
Nemzetség	Faj	Habitat kötődés	Keskeny Holt-Tisza				Foltos-kerti Holt-Tisza				Patkó Holt-Tisza			
			hínaras	nyílt víz	nádas	csatorna	hínaras	nyílt víz	nádas	csatorna	hínaras	nyílt víz	nádas	csatorna
<i>Acroperus</i>	<i>elongatus</i>	üledék	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>harpa</i>	növény	100	0	0	0	0	7	33	0	0	9	0	0
<i>Alona</i>	<i>affinis</i>	növény	125	50	0	0	10	7	17	0	3	3	8	13
	<i>guttata</i>	növény	150	50	0	17	10	0	67	0	40	4	0	0
	<i>intermedia</i>	üledék	0	250	25	17	10	7	83	22	48	7	0	25
	<i>quadrangularis</i>	üledék/ növény	75	100	25	0	0	0	0	67	5	0	0	41
	<i>rectangula</i>	üledék	225	400	0	0	35	54	183	0	113	3	0	16
<i>Alonella</i>	<i>excisa</i>	növény	0	0	0	50	5	0	0	0	0	18	2	0
	<i>exigua</i>	növény	75	0	0	0	5	0	67	0	3	0	0	0
	<i>nana</i>	növény	25	50	0	17	0	0	0	0	0	0	0	13
<i>Bosmina</i>	<i>coregoni</i>	nyílt víz	650	1050	1050	900	40	39	167	700	0	3	2	44
	<i>longirostris</i>	növény/ nyílt víz	2075	4600	2350	683	300	196	1133	344	0	1	2	53
	<i>longispina</i>	nyílt víz	0	150	75	133	5	0	67	0	0	0	0	0
<i>Camptocercus</i>	<i>fennicus</i>	üledék	0	0	0	0	0	4	17	0	0	0	0	0
	<i>rectirostris</i>	növény	0	0	25	33	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>Chydorus</i>	<i>gibbus</i>	üledék	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0
	<i>sphaericus</i>	üledék	175	200	25	50	25	18	150	11	25	53	2	38
<i>Daphnia</i>	<i>longispina</i>	nyílt víz	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	13
<i>Disparalona</i>	<i>rostrata</i>	üledék	25	50	0	50	0	0	17	0	0	0	0	0
<i>Eurycercus</i>	<i>lamellatus</i>	üledék/ növény	0	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Graptoleberis</i>	<i>testudinaria</i>	növény	150	150	0	0	10	7	17	0	0	0	0	0
<i>Kurzia</i>	<i>latissima</i>	növény	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>Leydigia</i>	<i>acantho cercooides</i>	üledék/ növény	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	<i>leydigi</i>	üledék	0	50	25	33	0	0	0	0	0	0	2	6
<i>Monospilus</i>	<i>dispar</i>	üledék	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>Oxyurella</i>	<i>tenuicaudis</i>	növény	0	0	0	0	0	0	17	0	10	0	0	0
<i>Pleuroxus</i>	<i>laevis</i>	növény	0	0	0	50	0	7	17	0	0	0	0	9
	<i>trigonellus</i>	üledék/ növény	25	50	0	17	10	11	33	0	3	0	0	0
	<i>truncatus</i>	növény	0	0	0	0	0	0	17	0	13	0	0	0
	<i>uncinatus</i>	üledék	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Sida</i>	<i>crystallina</i>	növény/ nyílt víz	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0

Szignifikáns különbség volt a Cladocera fajsámban a növényzetállományok között ANOVA ($F_{3,8} = 4.744$, $p = 0.034$) (8. ábra). A nádas habitatokban a *Camptocercus fennicus*, a *Chydorus gibbus* és az *Oxyurella tenuicaudis* domináltak. Valamint szignifikánsan nagyobb volt a fajsáma nyíltvízi régióban, mint az emerz növényeknél ($p < 0.05$). Nyílt vízben a *Bosmina coregoni* és a *Bosmina longirostris* domináltak.

Eredményeinkhez hasonlóan, Gulyás és Forró (1999) valamint Korhola és Rautio (2001) szintén mutatott ki habitathoz való kötődést bizonyos Cladocera fajok esetében. Továbbá Berta és mtsai (2014) sekély vizekben szintén elkülönítették a pelágikus és litorális élőhelyeket; az *Acroperus*, a *Camptocercus*, a *Graptoleberis* genus fajai egyértelműen litorális élőhelyekhez köthetők, míg a *Bosmina* genus fajai a pelágikus régiót kedvelik. A fajszámokban tapasztalt szignifikáns különbség a növényzetállományban az egyedszámok esetébe nem mutatkozott meg ANOVA (oxbows: $F_{3,8} = 0.500$, $p = 0.693$) (9. ábra).

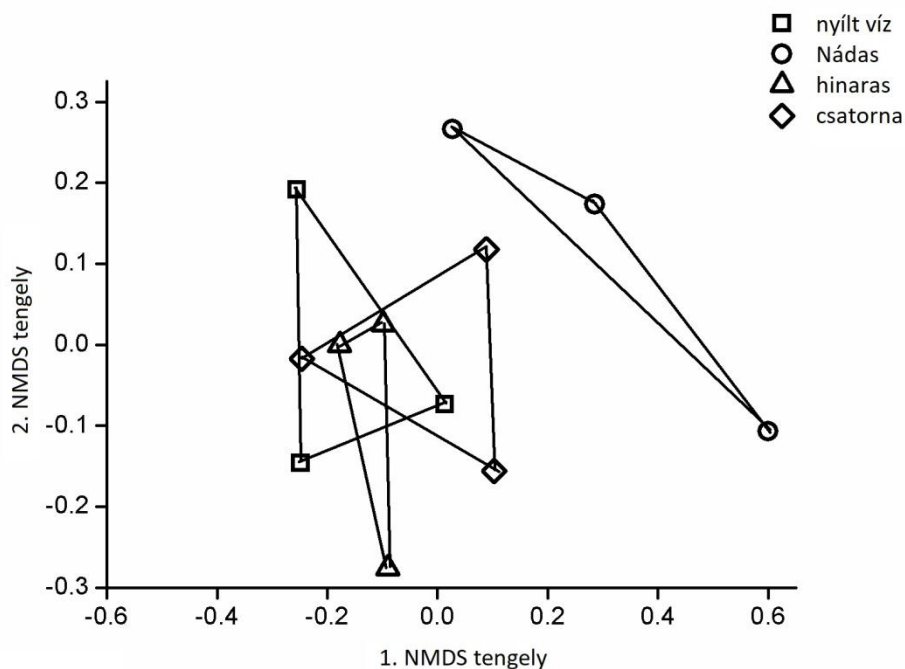


8. ábra. Cladocera fajszámok a különböző élőhelyeken



9. ábra. Cladocera egyedszámok a különböző élőhelyeken

Annak ellenére, hogy bizonyos fajok jellemzően csak bizonyos habitatokban jelentek meg (ld. fent), a különböző élőhelyek fajösszetétele alapján direkt habitatelkülönülést a vizsgált sekély tavak esetében nem tudtunk igazolni. A nyíltvizes, a hinaras és a csatorna élőhely fajösszetétele nagy hasonlóságot mutatott az NMDS értékelések alapján. Egyedül a nádas élőhely különült el (10. ábra).



10. ábra. A habitatok elkülönülése a Cladocera fajok alapján (stressz: 0,1785)

A holtmedrek fizikai-kémiai paramétereinek és az üledékkémia vizsgálatoknak eredményei a különböző habitatokban

Az általunk vizsgált habitat típusok és a holtmedrek vizének fizikai és kémiai paramétereinek vizsgálata során nem találtunk szignifikáns különbséget a különböző habitatok között. (4. táblázat). A fizikai- kémiai paraméterekhez hasonlóan az üledékek szerves anyag tartalmában és kalcium-karbonát tartalmában sem tapasztaltunk szignifikáns különbséget ($p > 0.05$) (4. táblázat). Korábbi tanulmányok (Lukács et al., 2009, 2011) azonban kimutattak különbségeket a vízi növények és a kémiai paraméterek között. Lukács és mtsai (2011) magas klorofill tartalmat mértek szubmerz híjarasoknál, de alacsonyat a tündérrózsák alatt.

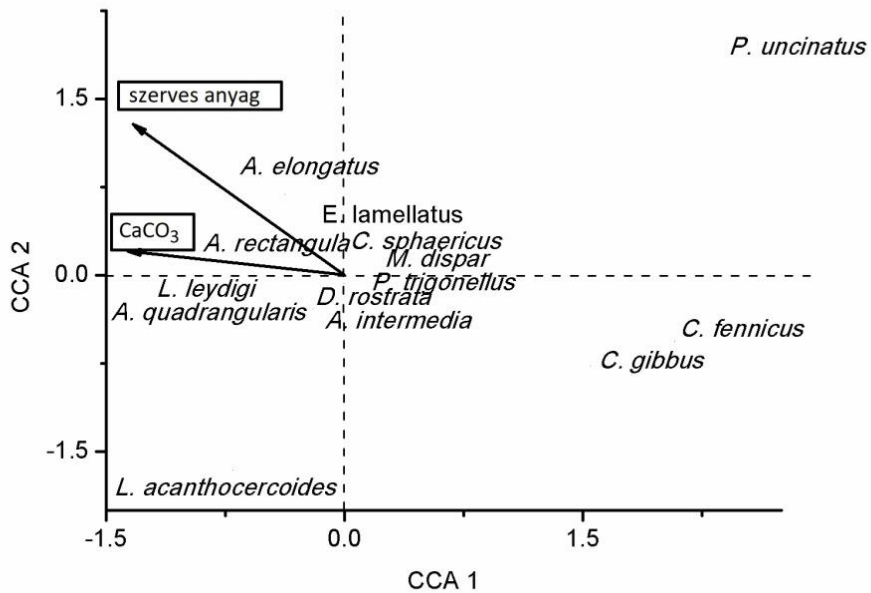
4. táblázat. A felszíni vízminták és az üledékminták fizikai és kémiai adatainak eredményei a különböző habitat típusokban (átlag \pm SD)

mért változók	habitat típusok			
	hinaras	nyílt víz	nádas	csatorna
mélység, cm	59 \pm 20	80 \pm 20	135 \pm 35	75 \pm 20
átlátszóság, cm	49 \pm 21	54 \pm 7	73 \pm 23	47 \pm 4
hőmérséklet, °C	12 \pm 1	11 \pm 1	11 \pm 1	11 \pm 1
pH	8.3 \pm 0.3	8.6 \pm 0.2	8.5 \pm 0.3	7.9 \pm 0.1
vezető képesség, $\mu\text{S cm}^{-1}$	334 \pm 78	346 \pm 73	343 \pm 73	370 \pm 920
víz				
lebegő anyag tartalom, mgL^{-1}	8 \pm 4	10 \pm 2	12 \pm 8	3 \pm 1
CO ₂ , mgL^{-1}	19 \pm 5	10 \pm 2	24 \pm 3	15 \pm 4
COD, mgL^{-1}	6 \pm 5	4 \pm 2	5 \pm 3	6 \pm 4
NH ₄ ⁺ , mgL^{-1}	3 \pm 1	1 \pm 1	2 \pm 1	1 \pm 1
NO ₃ ⁻ , mgL^{-1}	0.2 \pm 0.1	0.3 \pm 0.1	0.1 \pm 0.1	0.2 \pm 0.1
chlorophyll a, mgL^{-1}	6 \pm 2	9 \pm 3	15 \pm 7	4 \pm 1
üledék				
szerves anyag tartalom, %	4.1 \pm 0.4	3.4 \pm 0.2	2.4 \pm 1.0	2.9 \pm 0.8
CaCO ₃ , %	0.7 \pm 0.2	0.8 \pm 0.3	0.7 \pm 0.5	0.6 \pm 0.2

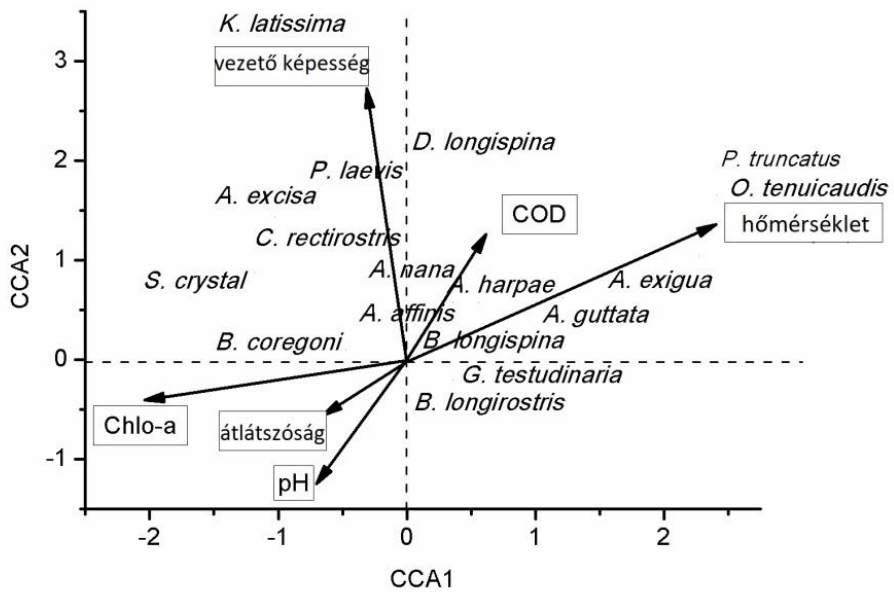
Az üledék- és vízkémiai paraméterek valamint a Cladocera közösségek korrelációja

A kanonikus korreláció elemzés során pozitív kapcsolatot találtunk az üledék szerves anyag tartalma és a kalcium-karbonát tartalma között négy faj esetében: *A. elonagtus*, *A. rectangula*, *L. leydigi* és *A. quadrangularis* (11. ábra). A vízkémiai eredmények és a fizikai paraméterek kiértékelésekor pozitív kapcsolatokat figyeltünk meg a *K. latissima* és a vezetőképesség, valamint az *A. nana*, *A. harpae* és *A. exigua* a kémiai oxigén igény között. Zawisza és mtsai (2016), ill. Wojewódka és mtsai (2016) szintén pozitív korrelációt mutattak ki az *Alonella* fajok esetében az oxigénigény és a pH esetében. Az általunk talált fajok közül többek között a *P. truncatus*, és az *O. tenuicaudis* korrelált pozitívan a hőmérséklettel (12. ábra). Nevalainen és Luoto (2010) vizsgálatai kimutatták, hogy számos Cladocera faj

érzékenyen reagál az évszakok hőmérsékletváltozásaira, a *Pleuroxus truncatus*, a *Glaptoleberis testudinaria*, az *Alonella excisa* és a *Captocercus rectirostris* melegebb vizekben is képes az ivaros szaporodásra. Bjerring és mtsai (2009) azonban negatív korrelációt figyeltek meg a hőmérséklet, a klorofill-a és az *Acroperus* és *Bosmina* genus fajai között.



11. ábra. CCA korreláció a Cladocera fajok és az üledék kémiai paraméterei között

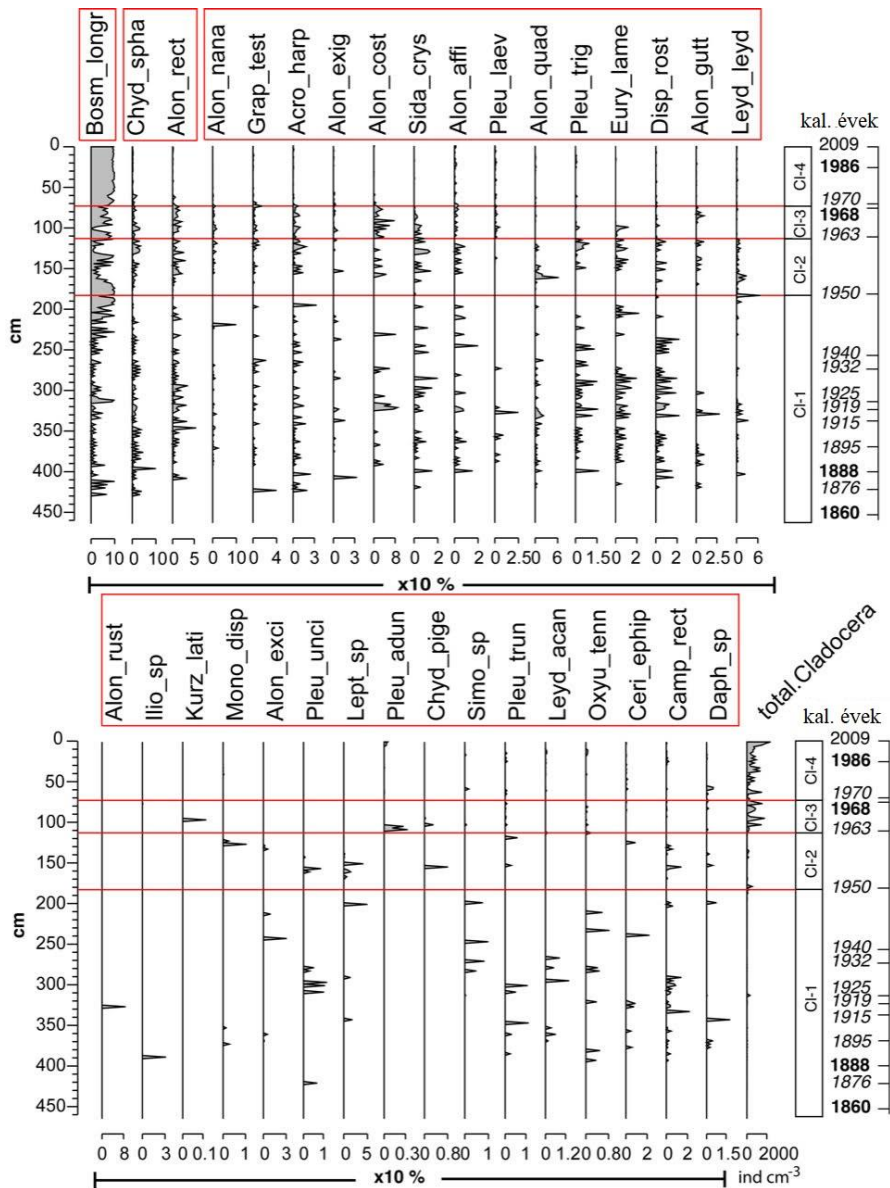


12. ábra. CCA korreláció a Cladocera fajok és a víz fizikai, valamint a vízkémiai paraméterek között

4.3. Egy sekély tó múltbeli állapotának jellemzése Cladocera maradványok által

A furatminták vizsgálata során nem találtunk Cladocera maradványt a legmélyebb részeken, 462 és 430 cm között (13. ábra). Nagyon kevés maradvány volt 428 és 184 cm között, azonban a legmélyebb ponttól a felszín felé haladva folyamatosan nőtt a Cladocera-k abundanciája.

Összességében a vizsgált üledékekben 34 Cladocera faj volt jelen. Az összes faj karakterisztikusan sekély, eutróf tavak litorális zónájára jellemző, magas makrofita borítottság mellett. A fajok abundanciája alapján a hierarchikus klaszter csoportosítás során négy klasztert azonosítottunk. Csak egy faj, a planktonikus *Bosmina longirostris* tartozott az első klaszterbe, ennek a fajnak a maradványai domináltak az összes mag mintában. Az *Alona rectangula* és *Chydorus sphaericus* fajok voltak a karakterisztikus fajok a második klaszterben. Ezen fajok nagyon gyakoriak főleg édesvizekben, nagy számban voltak jelen 110 és 70 cm között (Korhola & Rautio, 2001). A harmadik klaszter 14 fajt foglalt magában, melyek alacsony abundanciával voltak jelen, domináns volt *Bosmina longirostris*, amely a pelágikus életteret kedveli. A ritka fajok alkották a negyedik klasztert, összesen két faj ért el 3 %-nál nagyobb abundanciát, a *Bosmina longirostris* és a *Chydorus sphaericus*. A négy, statisztikailag szignifikáns zóna a Cladocera maradványok abundanciáján alapul (13. ábra).



13. ábra. Cladocera fajok a Marótzugi Holt-Tisza üledék furatában. Bosm_long: Bosmina longirostris, Alon_nana: Alonella nana, Grap_test: Graptoleberis testudinaria, Acr_harp: Acroperus harpae, Alon_exig: Alonella exigua, Alon_cost: Alona costata, Sida_crys: Sida crystallina, Alon_affi: Alona affinis, Pleu_laev: Pleuroxus laevis, Alon_quad: Alona quadrangularis, Pleu_trig: Pleuroxus trigonellus, Eur_lame: Eurycerus lamellatus, Disp_rost: Disparalona rostrata, Alon_gutt: Alona guttata, Leyd_leyd: Leydigia leydigi, Chyd_spha: Chydorus sphaericus, Alon_rect: Alona rectangularis, Alon_rust: Alona rustica, Ilio_sp: Iliocryptus sp., Kurz_lati: Kurzia lattissima, Mono_disp: Monospilus dispar, Alon_exci: Alonella excisa, Pleu_unci: Pleuroxus uncinatus, Lept_sp: Leptodora kindti, Pleu_adun: Pleuroxus aduncus, Chyd_pige: Chydorus piger, Simo_sp: Simocephalus sp., Pleu_trun: Pleuroxus truncatus, Leyd_acan: Leydigia acanthocercoides, Oxyu_tenn: Oxyurella tenuicaudis, Ceri_ephip: Ceriodaphnia ephippia, Camp_rect: Camptocercus rectirostris, Daph_sp.: Daphnia sp.,

Cl-1 zóna (462-184 cm)

Habár a minták legmélyebb rétegei "üresek" voltak, mégis 30 Cladocera faj maradványai voltak jelen ebben a zónában. A fajok abundanciája nagyon alacsony volt (1-100 ind/cm³), kivétel a *B. longirostris*, mely meghaladta a maximum 300 ind/cm³ 312 cm-en. A zónát számos fitofil "chydorida" jellemezte, melyek a második és harmadik klaszterbe tartoznak. A pelágikus *B. longirostris* volt a domináns faj, de *C. sphaericus*, *A. rectangula*, *Diparalona rostrata*, *Eurycercus lamellatus* és *Acroperus harpae* szintén nagyon abundáns volt ebben zónában (13. ábra).

Cl-2 zóna (184-112 cm)

Ezt a zónát kisszámú Cladocera maradvány jellemezte, összehasonlítva a teljes faj denzitással 0,5 és 516 ind/cm³ között változtak az egyedszámok. A Cladocera fajok száma (26) alacsonyabb volt, mint az 1-es zónában. A leggyakoribb faj a *B. longispina* volt, mely a teljes Cladocera abundancia közel 80%-át kitette. A további 5 abundáns faj: *C. sphaericus*, *A. rectangula*, *Leydigia leydigi*, *Alona quadrangularis* és *A. harpae*, ezek együttesen a Cladocerák 1%-át tette ki, míg más Cladocera fajok nagyon alacsony denzitással voltak jelen és nem érték el a 1%-ot (13. ábra).

Cl-3 zóna (112-72 cm)

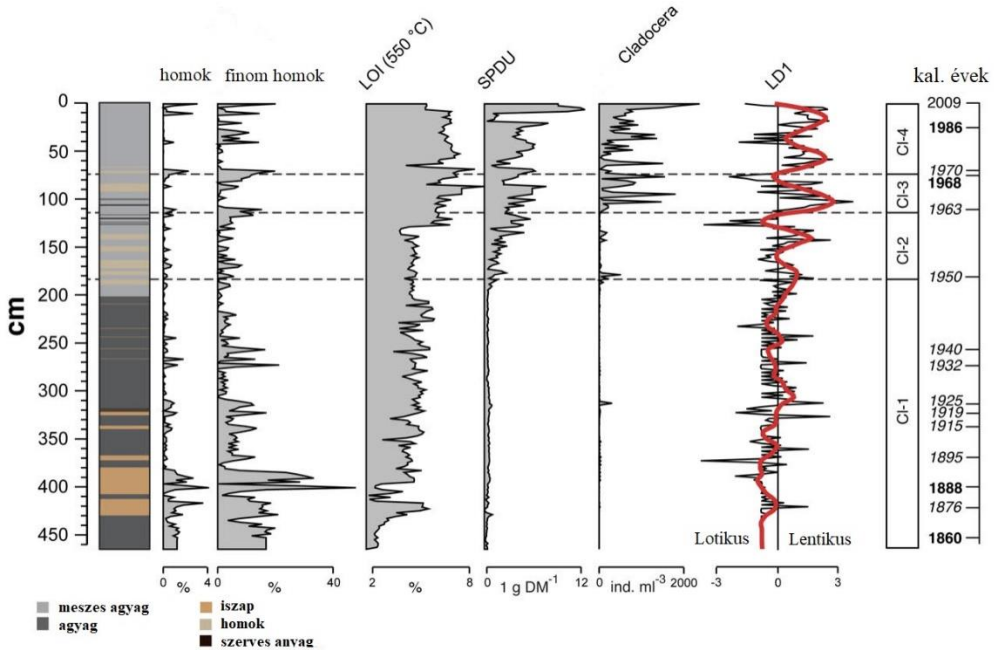
A Cladocerák fajgazdagsága hasonló volt az előző zónához: 28 fajt azonosítottunk a maradványok alapján. A *B. longirostris* tette ki a Cladocera maradványok legnagyobb részét (51%), míg az *A. rectangula*, *C. sphaericus* és *Alonella nana* abundanciája alig haladta meg az 5%-ot (13. ábra).

Cl-4 zóna (72-0 cm)

A legfelső zónában, 28 Cladocera fajt azonosítottunk. Ismét a *B. longirostris* dominancia jellemezte a zónát, abundanciája meghaladta a Cladocera közösségen belül. A *C. sphaericus* abundanciája magasabb volt, mint 3%, a többi fajé azonban nem érte el az 1%-ot. A SIMPER analízis kimutatta, hogy a Cladocera közösség összetétele alapján a holtágakban a "lotikus és lentikus állapotok" elkülönítésében, a *B. longirostris*, *C. sphaericus*, *A. recangula*, *A. harpae*, *L. leydigi*, *A. quadrangularis* és *A. nana* fajok voltak meghatározóak. A lentikus rétegekben valamivel magasabb volt a fajok száma, mint a lotikus rétegekben (31 és 28). Az *Iliocryptus* sp. és *Monospilus dispar* maradványok csak a lotikus rétegekben voltak fellelhetőek, míg az *Alona rustica*, *Alonella excisa*, *Chydorus piger*, *Kurzia latissima* és *Simopcephalus* sp. maradványok csak a lentikus rétegekben jelentek meg, a többi faj jelen volt mindkettőben. A lentikus réteg több maradványt tartalmazott, és a lentikus Cladocerák átlagos kumulatív denzitása kétszer magasabb volt, mint a lotikusoké (23,986 ind/cm³ és 11,685 ind/cm³) (13. ábra).

A Marótzugi Holt-Tisza holtágának rekonstruált Cladocera fajokból álló közösségei Magyarországon nagyon gyakoriak, szinte minden típusú holtmederben előfordulnak. A megfigyelt eltolódások a Cladocera közösségekben a holtág környezeti változásait tükrözték. A Cladocera hiánya a legmélyebb üledékrétegekben valószínűleg azt jelezte, hogy ez az üledékrész képviselte az eredeti folyómedret. Zsuga (1981) nem talált bentikus Cladocerákat a Tisza felső részében, de a folyó alsó szakaszában talált néhány alacsony denzitású fajt. Továbbá a Tisza alsó szakaszának vizsgálata során strukturált zooplankton közösségeket mutattak ki a holtágakban (Pujin et al., 1986; Pujin & Ratajac, 1988; Ratajac, 1989, 1992). A magyarországi nagy folyók (Duna és Tisza) lotikus állapotából lentikussá történő változása a zooplankton sokféleségének és sűrűségének növekedéséhez vezethet (Zsuga, 1998; Vadadi-Fülöp et al., 2008; Vadadi-Fülöp, 2009). Mivel nagyon kevés Cladocera maradványt találtunk a CI-1 zónában, ezt a szakaszt úgy értelmeztük, hogy egy lotikus, árvíz által meghatározott szakasz. 1950 óta a holtág egyre inkább lentikussá vált (Korponai et al., 2016), melyet a szemcseméret és a paleopigment vizsgálatok is igazolnak (14. ábra). A holtágak és a sekély víztározók sűrű makrofitákból álló jellemzőit mutatta a folyómeder magas Cladocera abundanciákkal (Gulyás & Forró, 1992; Zsuga et al., 2004; Korponai et al., 2010a, 2010b, 2010c). Az *A. harpae*, *E. lamellatus*, *Disparalona rostrata*, *Pleuroxus trigonellus* és *Sida crystallina* makrofiták jelenlétét jelzik a holtágban (Gulyás & Forró, 1999; Korhola & Rautio, 2001). Nagy árvizek főként tavasszal és ősszel fordultak elő, míg nyáron alacsonyabb vízszintek elősegítették a Marótzugi Holt-Tiszán a makrofitá öv fejlődését. Következésképpen a fitofil Cladocerák maradványait a lotikus rétegben is megtalálták. Az CI-1 zóna az 1876-1950-es időszakot

jelenti, mely egybeesik a Tisza folyószabályozási munkálataival; továbbá jellemzőek erre a szakaszra a vastag üledékréteget lerakó áradások is.



14. ábra. A Marótzugi Holt-Tisza üledékének stratigráfiai viszonyai. LOI – izzítási veszteség, SPDU – paleopigment, LD 1 lotikus és lentikus állapotok. Vastaggal szedett évszámok a Tisza nagy áradásai. A kormeghatározások ^{137}Cs módszerrel történtek.

Az áradások során a vastag szuszpendált szilárd anyag rétegek eltemettek minden olyan élőhelyet, amely megakadályozta a Cladocera közösség felépülését a tartóspetékből (Vaničková et al., 2010), de a nyugalmi tartóspetéket más élőhelyekből származó árvizek kimoshatják, ami lehetővé teszi az új populációk kialakulását árvíz után (Havel et al., 2000). Ennek az üledékrésznek az alacsony számú maradványa azzal volt magyarázható, hogy lassú volt a Cladocera közösség helyreállása az üledékben található tartóspetékből.

A CI-2 és CI-3 zónákban (1920-1970 között) a fitofil Cladocera fajok mellett nagy arányban fordult elő a *B. longirostris*. Ez feltehetően arra utal, hogy a folyó ezen szakaszán lentikus jellegű meder alakult ki, ahol a nagy szabad vízfelületet sűrű makrofita állomány vette körül (Galbarczyk – Gąsiorowska et al., 2009).

A CI-4 zónában az 1970-es *B. longirostris* abszolút dominanciája erős emberi hatásokkal függ össze. Tény, hogy a kistestű Cladocerák, mint a *B. longirostris*, dominálnak az eutróf vizekben, ami magas hal abundanciával jár együtt (Goslar et al., 1999; Galbarczyk-Gąsiorowska et al., 2009; Jeppesen et al., 2011). A Marótzugi Holt-Tiszában a *B. longirostris* nagy aránya összefügghet egy ún. „hal-hatással”, ugyanis ez a holtág 1961 óta halastóként funkcionál. A vizsgált üledékben található Cladocera együtteseket alkotó fajok többsége az egész üledékben általános volt. Nem találtunk figyelemre méltó különbséget a lotikus és lentikus közösségek fajösszetételeiben, de az egyedsűrűség magasabb volt a lentikus körülmények között.

Háromszor annyi maradványt találtunk a lentikus rétegekben, mint a lotikus rétegekben. Az iszaplakók maradványai, azaz az *Iliocryptus sp.* és a *M. dispar*, kizárólag lotikus üledékrétegekben voltak megtalálhatók. Ezek a fajok homokos, vagy sáros felületeket preferálnak, amelyek az árvizek után alakulnak ki (Sebestyén, 1965, 1970; Frey, 1986, 1988; Kattel et al., 2007). A fajok, melyek a Marótzugi Holt-Tisza lentikus rétegeiben voltak megtalálhatók (*A. rustica*, *A. excisa*, *C. piger*, *K. latissima* és *Simocephalus sp.*) Magyarországon a sekély tavak makrofita övekből származnak (Korponai et al., 2010a). Annak ellenére, hogy a lotikus és a lentikus rétegekben a fajkészlet nagy egyezést mutatott, a szemcseméret elemzések megerősítették a két szakasz szétválását. A két rendszer nyilvánvalóan különbözött egymástól, így

azt a következtetést vontuk le, hogy a lotikus és lentikus vízrendszerek megkülönböztethetők a Cladocera közösségük alapján. Annak érdekében, hogy megértsük, mennyi szemcseméret alapú lotikus-lentikus kategória felel meg a finom homok arányának, összehasonlítottuk, hogy hány réteg változtatta meg az attribútumát. Azt tapasztaltuk, hogy az üledékrétegek 71% -a megőrizte eredeti állapotát, 14% -uk megváltoztatta saját karakterét a lotikustól a lentikusig, míg a rétegek 15% -a lentikus-ról lotikusra változott. Ez azt jelenti, hogy ha csak a szubfoszilis Cladocera közösségeken alapuló lotikus vagy lentikus körülményeket határozzuk meg, akkor a rétegeket mintegy 71% -ban pontosan választhatnánk szét.

5. Összefoglalás

Vizsgálataink során választ kerestünk arra, hogy az üledékekben található Cladocera maradványok alkalmasak-e a recens állapotok igazolására. Amennyiben alkalmasak a recens állapotok igazolására, úgy megfigyelhetőek-e élőhelyhez való kötődések sekély eutróf vízterekben is. Ezeket az eredményeket felhasználva rekonstruáltuk a Marótzugi Holt-Tisza feltöltődési folyamatait, a szélsőséges vízjárásait.

A vizsgálataink során a szűrt recens minták gyűjtésekor esetenként nagyobb faj és egyedszámot tapasztalhattunk. Az üledékvizsgálatok alátámasztották, hogy a szűrt mintákban az alzathoz kötődő fajok alulreprezentáltak. Az üledékben csak az erősebb kitinvázzal rendelkező fajok (Chydorida) maradványok találhatóak meg. A puhább kitinvázzal rendelkező fajoknak (Daphnia-k) csak bizonyos részei maradnak meg az üledékben (utópotroh, tartóspeték). Az üledékben található maradványok jó alternatívái lehetnek egy faunisztikai felmérésnek.

A habitatkötődés vizsgálatok során megfigyeltük, hogy sekély vízterekben is kialakul a makrofita állományhoz vagy a pelágikus régióhoz való kötődés, azonban nem tudtuk különbséget tenni az emerz és szubmerz makrofita állomány között a Cladocera maradványok alapján. Egyértelmű különbséget tapasztaltunk viszont a litorális és a pelágikus élettér maradványai között. Sekély eutróf holtmedrek esetében megfigyeltük a mikrohabitatok keveredését. Az üledéklakó fauna a nyíltvízes régióban is jelentős mértéket képviselt.

A tavi rekonstrukció során egyértelműen ki lehet mutatni a vízszintingadozásokat és az elárasztások nyomait. Alacsony vízállás esetén a növényzethez kötődő, míg magas vízállás esetén a nyíltvízi fajok dominálnak. Az elárasztások is kimutathatóvá váltak a Cladocera közösségek megváltozásával, ilyenkor a homokos, iszapos alzatot kedvelő fajok dominanciája érvényesül.

Vizsgálatainkkal egyértelműen igazoltuk, hogy a paleolimnológiai elemzések képesek a holtmedrek múltbeli változásait bemutatni, lehetőségünk van tavi rekonstrukciókra és következtetéseket vonhatunk le a jövőt illetően a holtmedrek állapotának változásáról.

6. Summary

The aim of our work was to assess whether Cladoceran remains obtained from sediment samples reflected the recent species assemblages of the respective aquatic habitats. In that case they proved to be applicable indicators of the current state, our further aim was to test whether shallow eutrophic waters could be characterized by Cladoceran assemblages based on habitat preferences of the observed species. Lastly, we also intended to reconstruct the temporal course of filling-up and the effects of water-level extremities in the Marótzugi Holt-Tisza oxbow using this paleolimnological approach.

Our results point to the fact that water samples indicated higher species abundance and individual numbers at the assessed habitats as compared to the respective sediment samples. The analyses of sediment samples also suggested that benthic species were under-represented in water samples. In the sediment we found predominantly the remains of those species which had harder chitin crust (*Chydorida* spp) while species with softer crust (*Daphnia* spp) were only represented by certain body parts (postabdomen, dormant, resting eggs). We also proved that the assessment of subfossil Cladoceran remains could offer a useful tool for faunistic surveys.

Habitat preference analyses proved that pelagic and macrophyte-dominated regions could be characterized by peculiar species assemblages. In the latter case, however, no further distinction could be made between the habitats dominated by either emerged or submerged macrophytes based on the Cladoceran remains. Samples from the littoral and pelagic habitats, on the other hand, were easily distinguishable. In the case of shallow, eutrophic

oxbows we observed mixed microhabitats. The benthic fauna was also highly abundant in pelagic regions.

Based on the Cladoceran remains we could unequivocally demonstrate the effects of the historical water-level fluctuations. At low water-levels the macrophyte-associated species while at high water-levels the pelagic ones dominated. Floods had also changed the Cladoceran assemblages by resulting in dominance of those species which prefer sandy or muddy bottoms.

Our results clearly demonstrate that paleolimnological analyses offer a suitable tool to assess the historical development of oxbows and lakes. This approach also allows us to predict the forthcoming changes in the ecological state of oxbows.

7. Új tudományos eredmények

Munkánk során a Cladocera közösségek vizsgálatának eredményeként

- megállapítottuk, hogy az üledék és a szűrt Cladocera közösségének különbözősége ellenére, az üledékben lévő Cladocera maradványok vizsgálata jó alternatíva a faunisztikai vizsgálatok esetén.
- kimutattuk, hogy a tavak legmélyebb pontjai természetes üledékgyűjtők, ahová a tavi áramlások sodorják a maradványokat. A különböző területekről a litorálból, a pelagiálból származó maradványok itt gyűlnek össze. Ez a koncentráció teszi lehetővé, hogy megfelelő képet kaphassunk vizsgált közösségről, legyen szó diatomákról, Cladocerákól vagy akár chironomidákról.
- megállapítottuk, hogy a növényzettel gazdagon benőtt, mozaikos struktúrájú vizek esetében, ha minél pontosabban szeretnénk az adott vízter élőlényközösségi viszonyait megállapítani az üledék vizsgálatát ki kell egészíteni egyéb módszerekkel.
- megfigyeltük a fajok élőhelyhez való kötődését, de kimutattuk, hogy ilyen kisméretű holtmedrek esetében kialakulhat az élőhelyek összemosódása, a pelágikus és a bentikus régió keveredése.
- kimutattuk továbbá, hogy az emberi zavarás képes megváltoztatni a habitatok közösségeit az abiotikus vagy biotikus paraméterek megváltoztatásával.
- kimutattuk, hogy a Cladocera maradványok alkalmasak az állóvizek állapotának jellemzésére.

- kimutattuk, hogy a Cladocera fajok reagálnak a holtmedrekben bekövetkező vízszintváltozásokra, az elárasztások kimutathatók a Cladocera közösségek változásaival.

8. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőimnek Dr. Korponai Jánosnak és Dr. Lakatos Gyulának a több éves szakmai segítségnyújtásért, tanácsaikért és hogy az eltelt évek során hittek bennem.

Szeretnék köszönetet mondani, Dr. Tóthmérész Bélának aki iránymutatásaival és tanácsaival segítette a dolgozatom elkészítését.

Szeretnék köszönetet mondani, Dr. Simon Edinának, Dr. Kandrát János Tamásnak, Dr. Balázs Boglárkának, Balogh Zsuzsának, Berta Csabának, a terepi és laboratóriumi mérések során nyújtott segítségükért, valamint szeretnék köszönetet mondani a Debreceni Egyetem Hidrobiológiai Tanszékének minden munkatársának és a volt Alkalmazott Ökológiai Tanszék munkatársainak.

Végül, de nem utolsó sorban köszönöm a családomnak és a barátaimnak a biztatásukat és támogatásukat.

9. Irodalomjegyzék

- American Public Health Association 2000. Standard methods for the examination of water and wastewater. Washington (DC) [APHA].
- Andrič, M., Massaferrro, J., Eicher, U., Ammann, B., Leuenberger, M. C., Martinčič, A., Marinova, E., Brancelj, A. 2009. A multi-proxy Late-glacial palaeoenvironmental record from Lake Bled, Slovenia. *Hydrobiologia* 631:121.
- Babka, B., Futó, I., Szabó, Sz. 2011. Clustering oxbow lakes in the Upper-Tisza Region on the basis of stable isotope measurements. *J. Hydrol.*, 410, 105.
- Balogh, Zs., Harangi, S., Kunderát, J. T., Gyulai, I., Tóthmérész, B., Simon, E. 2016. Effects of anthropogenic activities on the elemental concentration in surface sediment of oxbows. *Water Air Soil Pollut.*, 227, 13.
- Balogh, Zs., Harangi, S., Gyulai, I., Braun, M., Hubay, K., Tóthmérész, B., Simon, E. 2017. Exploring river pollution based on sediment analysis in the Upper Tisza region (Hungary). *Environ. Sci. Pollut. R.*, 24, 4851.
- Bengtsson L. & Enell M. 1986. Chemical Analysis. Pp. 423-451 in: Berglund, B.E. (ed.): *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. John Wiley and Sons Ltd.
- Berta, Cs., Kunderát, J. T., Balogh, Zs., Lakatos, Cs., Korponai, J., K. Kiss, Magdolna, Gyulai, I. 2014. [Paleolimnological analyses of oxbows sediment in the Upper-Tisza region]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrol. Közl.* 5-6:21-23.
- Bjerring, R., Becares, E., Declerck, S., Gross, E. M., Hansson, L. A., Kairesalo, T., Nykanen, M., Halkiewicz, A., Kornijow, R., Conde-Porcuna, J. M., Seferlis, M., Nöges, T., Moss, B., Amsinck, S. L., Odgaard, B.V., Jeppesen, E. 2009. Subfossil Cladocera in relation to contemporary

- environmental variables in 54 Pan-European lakes. *Freshwater Biol.*, 54, 2401.
- Bledzki L. A. & Rybak J. I. 2016. *Freshwater Crustacean zooplankton of Europe*. Springer.
- Bos, D. G., Cumming, B. F., Smol, J. P. 1999. Cladocera and Anostraca from the Interior Plateau of British Columbia, Canada, as palaeolimnological indicators of salinity and lake level. *Hydrobiologia* 392, 129–141.
- Botár, I. & Károlyi, Zs. 1971. [The regulation of the Tisza. Part I. (1846-1879)]. [Article in Hungarian]. *Vizdok*, Budapest.
- Braun, M., Tóth, A., Alapi, K., Dévai, G., Lakatos, G., Posta, J., Szalóki, I. 2000. Environmental history of oxbow ponds: a sediment geochemical study of Marót-zugi-Holt-Tisza. *Tiscia* 5:133-138.
- Braun, M., Papp, I., Korponai, J., Lukács, V., Gyulai, I., Forró, L., Hubay, K., Szalóki, I. 2010. [Traces of water level changes in the sediment of Marótzug Oxbow Lake]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrol. Közl.* 90:20-22.
- Brodersen, K. P., Melbourne, C.W., Claus, L. 1998. Reconstruction of trophic state in Danish lakes using subfossil chydorid (Cladocera) assemblages. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 55, 1093–1103.
- Chen, G. J., Dalton, C., Taylor, D. 2010. Cladocera as indicators of trophic state in Irish lakes. *Journal of Paleolimnology* 44: 465-481.
- Davidson, T. A., Sayer, C. D., Perrow, M. R., Bramm, M., Jeppesen, E. 2010. The simultaneous inference of zooplanktivorous fish and macrophyte density from subfossil cladoceran assemblages: a multivariate regression tree approach. *Freshwater Biol.*, 55, 546.
- Davidson, T. A., Bennion, H., Jeppesen, E., Clarke, G. H., Sayer, C. D., Morley, D., Odgaard, B. V., Rasmussen, P., Rawcliffe, R., Salgado, J., Simpson, G. L., Amsinck, S. L. 2011. The role of cladocerans in

- tracking long-term change in shallow lake trophic status. *Hydrobiologia* 676:299–315.
- Dean, W. E. Jr. 1974. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss on ignition: Comparison with other methods. *J. Sed. Petrol.* 44: 242–248.
- Felföldy L. 1987. A biológiai vízminősítés. *Vízügyi hidrobiológia*, 16. VGI, Budapest, pp. 95-96, 192-195.
- Feri, D. R., Kovács, R., Vitai, G., Kundrát, J. T., Lakatos, Gy., Gyulai, I. 2013. [Cladocera taxons' distribution in the function of water depth and macrovegetation]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrol. Közl.* 5-6:27-30.
- Forró L. (szerk.) 1997. Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer V. Rákok, szitakötők és egyenesszárnyúak. Magyar Természettudományi Múzeum. Budapest.
- Frey, D. G. 1950. The taxonomic and phylogenetic significance of the head pores of the Chydoridae (Cladocera). *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 44:27–50.
- Frey, D. G. 1958. A differential flotation technique for recovering microfossils from inorganic sediments. *New Phytol.*, 54: 257-258.
- Frey, D. G. 1962. Cladocera from the Eemian interglacial of Denmark. *Journal of Paleontology* 36: 1133–1154.
- Frey, D. G. 1986. Cladocera analysis. In: Berglund, B. E. (ed.) *Handbook of holocene palaeoecology and palaeohydrology*. Wiley & Sons Ltd. p. 667-692.
- Frey, D. G. 1988. What is Paleolimnology? *Journal of Paleolimnology* 1: 5 – 8. doi:10.1007/BF00177764.

- Frey, D. G. 1988. Littoral and offshore communities of diatoms, cladocerans and dipterous larvae, and their interpretation in paleolimnology. *Journal of Paleolimnology* 1: 179 – 191. doi:10.1007/BF00177764.
- Frey, D. G. 1991. First subfossil records of *Daphnia* headshields and shells (Anomopoda, Daphniidae) about 10,000 years old from northernmost Greenland, plus *Alona guttata* (Chydoridae). *Journal of Paleolimnology* 6:193–197.
- Galbarczyk-Gąsiorowska, L., Gąsiorowski, M., Szeroczyńska, K. 2009. Reconstruction of human influence during the last two centuries on two small oxbow lakes near Warsaw (Poland). *Hydrobiologia* 631:173-183.
- Gąsiorowski, M. & Kupryjanowicz, M. 2009. Lakepeat bog transformation recorded in the sediments of the Stare Biele mire (Northeastern Poland). *Hydrobiologia* 631:143–154.
- Goslar, T., Ralska-Jasiewiczowa, M., van Geel Łącka, B., Szeroczyńska, K., Chróst, L., Walnus A. 1999. Anthropogenic changes in the sediment composition of Lake Gościąż (central Poland), during the last 330 yrs. *J. Paleolimnol.* 22:171-185.
- Goulden, C. E. & Frey, D. G. 1963. The occurrence and significance of lateral head pores in the genus *Bosmina* (Cladocera). *Internationale Revue gesamten Hydrobiologie* 48: 513 – 522.
- Gulati, R. D. & DeMott, W. R. 1997. The role of food quality for zooplankton: remarks on the state of the art, perspectives and priorities, *Freshwater Biology*, 38: 753–768.
- Gulyás, P. & Forró, L. 1992. Composition and abundance of microcrustacean fauna in the Upper Reservoir (Hídvégi-tó) of the Kis-Balaton. *Miscnea Zool. Hung.* 7:39-51.
- Gulyás, P. & Forró, L. 1999. A guide for the identification of Cladocera occurring in Hungary. KGI, Budapest (in Hungarian).

- Gyulai, I., Kundrát, J. T., Balogh, Zs., Tóth, A., Lakatos, G. 2012. [Comperative experiment wirh Cladocera from the oxbows of Rakamaz] [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrol. Közl.* 5-6:36-38.
- Hart, R. C., 2004. Cladoceran periodicity patterns in relation to selected environmental factors in two cascading warm-water reservoirs over a decade, *Hydrobiologia*, 526: 99–117.
- Havel, J. E., Eisenbacher, E. M., Black, A. A. 2000. Diversity of crustacean zooplankton in riparian wetlands: colonization and egg banks. *Aquat Ecol.* 34:63-76.
- Heiri, O., Lotter, A. F., Lemcke, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *J. Paleolimnol.*, 25, 101.
- Herzig, A. 1994. Predator-prey relationships within the pelagic community of Neusiedler See, *Hydrobiologia*, 275(276): 81–96.
- Hofmann, W. 1987. Cladocera in space and time: Analysis of lake sediments. *Hydrobiologia* 145, 315-321.
- Hvorslev, M. J. 1949. Subsurface Exploration and Sampling of Soils for Civil Engineering Purposes. American Society of Civil Engineers, Waterways Experiment Station, Corps of Engineers, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, 521 pp.
- Jeppesen, E., Jensen, J. P., Lauridsen, T. L., Amsinck, S. L., Christoffersen, K., Søndergaard, M., Mitchell, S. 2003. Subfossils of cladocerans in the surface sediment of 135 lakes as proxies for 48 community structure of zooplankton, fish abundance and lake temperature. *Hydrobiologia* 491, 321-330.
- Jeppesen, E., Nöges, P., Davidson, T. A., Haberman, J., Nöges, T., Blank, K., Lauridsen, T. L., Søndergaard, M., Sayer, C., Laugaste, R., Johansson, L. S., Bjerring, R., Amsinck, S. L. 2011. Zooplankton as indicators in

- lakes: a scientific-based plea for including zoo-plankton in the ecological quality assessment of lakes according to the European Water Framework Directive (WFD). *Hydrobiologia* 676:279-297.
- Jeppesen, E., Meerhoff, M., Davidson, T. A., Trolle, D., Søndergaard, M., Lauridsen, T. L., Beklioglu, M., Brucet, S., Volta, P., González-Bergonzoni, I., Nielsen, A. 2014. Climate change impacts on lakes: an integrated ecological perspective based on a multifaceted approach, with special focus on shallow lakes. *J. Limnol.*, 2014; 73(s1): 84-107.
- Kattel, G. R., Battarbee, R. W., Mackay, A., Birks, H. J. B. 2007. Are cladoceran fossils in lake sediment samples a biased reflection of the communities from which they are derived? *Journal of Paleolimnology* 38: 157 – 181.
- Kindt, R. & Coe, R. 2005. Tree diversity analysis. A manual and software for common statistical methods for ecological and biodiversity studies. Nairobi (Kenya): World Agroforestry Centre (ICRAF). ISBN 92-9059-179-X.
- Korhola, A. 1990. Paleolimnology and hydroseral development of the Kotasuo Bog, Southern Finland, with special reference to the Cladocera. *Ann. Acad. Sci. Fenn. A. III.*, Vol. 155, 1-40pp.
- Korhola, A. 1999. Distribution patterns of Cladocera in subarctic Fennoscandian lakes and their potential in environmental reconstruction. *Ecography* 22, 357-373.
- Korhola, A., Olander, H., Blom, T. 2000. Cladoceran and chironomid assemblages as qualitative indicators of water depth in subarctic Fennoscandian lakes. *Journal of Paleolimnology* 24: 43–54.
- Korhola, A. & Rautio, M. 2001. Cladocera and Other Branchiopod Crustaceans. In: Smol, J.P., H. J. B. Birks & W. M. Last (eds.): *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments, Vol. 4. Zoological Indicators*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 5 – 41.

- Korosi, J. B. & Smol, J. P. 2012. An illustrated guide to the identification of cladoceran subfossils from lake sediments in northeastern North America: part 2—the Chydoridae. *Journal of Paleolimnology*. Vol.: 48: 3. pp.587 -622.
- Korponai, J., Braun, M., Gyulai, I., Forró, L., Nédli, J., Papp, I. 2010. [Are Cladoceran remains in sediment able to reconstruct diversity in lakes?] [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrologiai Közlöny*, 90: 66-67.
- Korponai, J., Braun, M., Buczkó, K., Gyulai, I., Forró, L., Nédli, J., Papp, I. 2010a. Transition from shallow lake to a wetland: a multi-proxy case study in Zalavári Pond, Lake Balaton, Hungary. *Hydrobiologia* 641:225-244.
- Korponai, J., Braun, M., Gyulai, I., Forró, L., Nédli, J., Papp, I. 2010b. [Are the Cladocera remains in sediment suitable for reconstruction of diversity of cladoceran community of lakes?]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrol. Közl.* 90:66-68.
- Korponai, J., Braun, M., Gyulai, I., Forró, L., Nédli, J., Papp, I. 2010c. [Paleolimnological reconstruction of naturally cut-off oxbow by geochemical and Cladocera remains proxies]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrol. Közl.* 90:68-70.
- Korponai, J., Varga, K., Lengré, T., Papp, I., Tóth, A., Braun, M. 2011a. Paleolimnological reconstruction of the trophic state in Lake Balaton (Hungary) using Cladocera remains. *Hydrobiologia* 676:237-248.
- Korponai, J., Varga, K., Nédli, J., G.-Tóth, L. 2011b. [Changes in Cladoceran assemblages in Keszthely-bay, lake Balaton]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrológiai Közlöny*, 91. évf. 6. szám.
- Korponai, J., Gyulai, I., Braun, M., Kövér, Cs., Papp, I., Forró, L. 2016. Reconstruction of flood events in an oxbow lake (Marótzugi-Holt-Tisza, NE Hungary) by using subfossil cladoceran remains and sediments. *Advances Oceanog. Limnol.*, 7, 131.

- Kundrát, J. T., Balogh, Zs., Harangi, S., Tóthmérész, B., Simon, E. 2017. Assessment of anthropogenic, seasonal and aquatic vegetation effects on the contamination level of oxbows. *Comm. Ecol.*, 18, 237.
- Kurek, J., Korosi, J. B., Jeziorski, A., Smol, J. P. 2010. Establishing reliable minimum count sizes for cladoceran subfossils sampled from lake sediments. *J. Paleolimnol.*, 44, 603.
- Lászlóffy, W. 1982. [The River Tisza]. [Book in Hungarian]. Akadémiai Kiadó, Budapest: 610 pp.
- Lepš, J. & Šmilauer, P. 2003. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO. Cambridge University Press 1-277.
- Luoto, T. P., Nevalainen, L., Kultti, S., Sarmaja-Korjonen, K. 2011: An evaluation of the influence of water depth and river in-flow on quantitative Cladocera-based temperature and lake level inferences in a shallow boreal lake. *Hydrobiologia* 676:143-154.
- Lukács, B. A., Dévai, G., Tóthmérész, B. 2009. Aquatic macrophytes as bioindicators of water chemistry in nutrient rich backwaters along the Upper-Tisza river (in Hungary). *Phytocoenologia*, 39, 287.
- Lukács, B. A., Dévai, G., Tóthmérész, B. 2011. Small scale macrophyte-environment relationship in an oxbow-lake of the Upper-Tisza valley (Hungary). *Community Ecol.*, 12, 259.
- Magyar Szabvány: MSZ 448/12-82. A nitrit tartalom meghatározása spektrofotometriás módszerrel.
- Magyar Szabvány: MSZ 448-20:1990. A foszfát tartalom meghatározása spektrofotometriás módszerrel.
- Magyar Szabvány: MSZ ISO 7150-1:1992. Az ammónium- ion tartalom meghatározása spektrofotometriás módszerrel.

Magyar Szabvány: MSZ ISO 10260:1993. Vízminőség. A biokémiai paraméterek mérése. Az A-klorofill tartalom spektrofotometriás meghatározása.

Magyar Szabvány: MSZ 12749:1993. Felszíni vizek minősége, minőségi jellemzők és minősítés.

Magyar Szabvány: MSZ 1484-13:2009. A nitrát tartalom meghatározása spektrofotometriás módszerrel.

Matthews, J. A. 2014. *Encyclopedia of Environmental Change*. SAGE.

Meijering, W. P. D. 1983. On the occurrence of “arctic” Cladocera with special reference to those along the Strait of Belle Isle (Quebec, Labrador, Newfoundland). *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.*, 68, 885.

Moss, B., Stephen, D., Alvarez, C., Becares, E., Van Den Bund, W., Collings, S. E., Van Donk, E., De Eyto, E., Feldmann, T., Fernández-Aláez, C., Fernandez-Aláez, M., Franken, R. J. M., García-Criado, F., Gross, M. E., Gyllström, M., Hansson, L-A., Irvine, K., Järvelt, A., Jensen, J-P., Jeppesen, E., Kairesalo, T., Kornijów, R., Krause, T., Künnap, H., Laas, A., Lill, E., Lorens, B., Luup, H., Miracle, M. R., Nöges, P., Nöges, T., Nykänen, M., Ott, I., Peczuła, W., Peeters, E. T. H. M., Phillips, G., Romo, S., Russel, V., Salujõe, J., Scheffer, M., Siewertsen, K., Smal, H., Tesch, C., Timm, H., Tuvikene, L., Tonno, I., Virro, T., Vicente, E., Wilson, D. 2003. The determination of ecological status in shallow lakes – a tested system (ECOFRAME) for implementation of the European Water Framework Directive. *Aquat. Conserv: Mar. Freshwat. Ecosyst.*, 13: 507-549.

Müller, Z., Dévai, G., Miskolczi, M., Kiss, B., Tóth, A., Nagy, S., Grigorszky, I., Jakab, T. 2000. [Study on dragonflies as indicators of biotope heterogeneity in the active floodplain of River Tisza between Tiszabercel and Gávavencsellő]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrol. Közl.* 5-6:373-376.

- Nevalainen, L. 2008. Parthenogenesis and gamogenesis in seasonal succession of chydorids (Crustacea, Chydoridae) in three low-productive lakes as observed with activity traps. *Polish Journal of Ecology* 56, 85-97.
- Nevalainen, L. & Luoto, T. P. 2010. Temperature sensitivity of gamogenesis in littoral cladocerans and its ecological implications. *J. Limnol.*, 69, 120.
- Nollet, L. M. & De Gelder, L. S. P. 2011. *Handbook of water analysis*. CRC Press.
- Oksanen, J., Kindt, R., Legendre, P., OHara, B., Stevens, M. H. H. 2007. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 1.8-8.
- Pálfai I. 2001. *Magyarország holtágai*. Közlekedési és Vízügyi Minisztérium, Budapest.
- Pujin, V., Ratajac, R., Djukić, N. 1986. [Ein Beitrag zur limnologischen Untersuchungen der Carska bara]. [Article in German]. *Tiscia* 21:69-80.
- Pujin, V. & Ratajac, R. 1988. Structure and dynamics of zooplankton in the dead Theiss. *Tiscia* 23:51-59.
- R Development Core Team 2008. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0.
- Ratajac, R. 1989. The composition and the dynamics in population of the dominant Crustacea species in Mortva Tisza. *Tiscia* 24:49-57.
- Ratajac, R. 1992. The structure and dynamics of Cladocera in the Yugoslavian section of the River Tisza. *Tiscia* 26:59-61.
- Sarmaja-Korjonen K. 2002. Multi-proxy data from Kaksoislampi Lake in Finland: dramatic changes in the late Holocene cladoceran assemblages. *Journal of Paleolimnology* 28, 287-296.

- Sebestyén, O. 1965. [Cladocera studies in Lake Balaton III. Pre-liminary studies for lake history investigations]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Annal. Biol. Tihany* 36:229-256.
- Sebestyén, O. 1969. Kládocera tanulmányok a Balatonon IV. Negyedkori maradványok a Balaton üledékében I. - Cladocera studies in Lake Balaton IV. Quaternary remains in the sediment of Lake Balaton I. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academie Scientarium* 36:229–256. (in Hungarian with English abstract).
- Sebestyén, O. 1970. Kládocera tanulmányok a Balatonon IV. Negyedkori maradványok a Balaton üledékében II. - Cladocera studies in Lake Balaton IV. Quaternary remains in the sediment of Lake Balaton II. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academie Scientarium* 37: 247–279. (in Hungarian with English abstract).
- Sebestyén, O. 1971. Kládocera tanulmányok a Balatonon IV. Negyedkori maradványok a Balaton üledékében III. - Cladocera studies in Lake Balaton IV. Quaternary remains in the sediment of Lake Balaton III. *Annales Instituti Biologici (Tihany) Hungaricae Academie Scientarium* 38: 227–268. (in Hungarian with English abstract).
- Shumate, B. C. A., Schelske, C. L. A., Crisman, T. L. A., Kenney, W. F. A. 2002. Response of the cladoceran community to trophic state change in Lake Apopka, Florida. *J. Paleolimnol.*, 27, 71.
- Smol, J. P. 2002. *Pollution of Lakes and Rivers: A paleoenvironmental Perspective*. London, UK: Arnold.
- Smol, J. P. 2008. *Pollution of lakes and rivers: a paleoenvironmental perspective*, 2nd edn. Blackwell Publishing, Oxford.
- Szeroczyńska, K. 1998. Paleolimnological investigations on Poland based on Cladocera (Crustacea). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 140, 335-345.

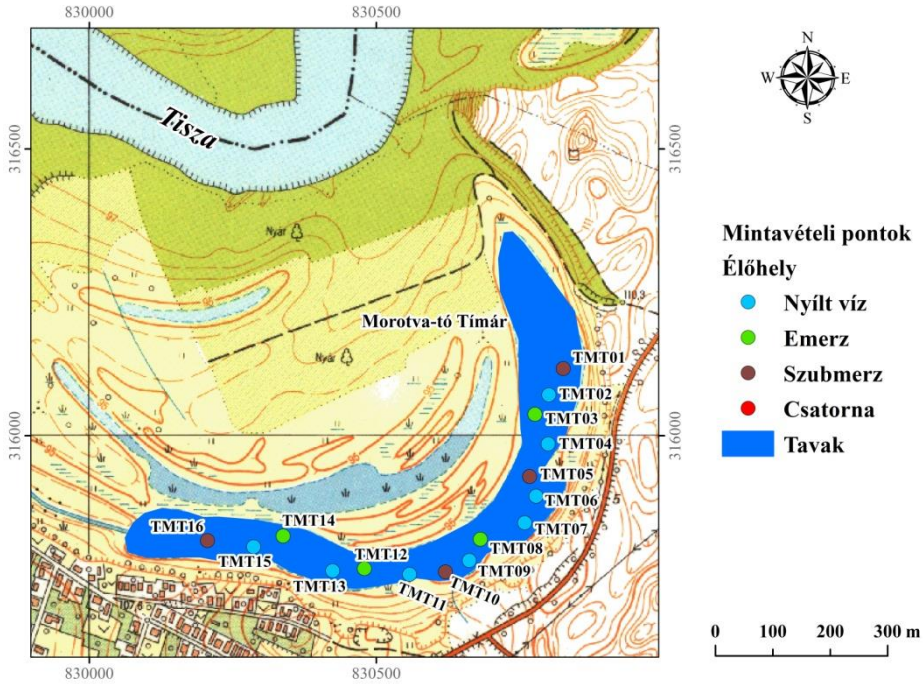
- Szeroczyńska, K. & Sarmaja – Korjonen, K. 2007. Atlas of Subfossil Cladocera from Central and Northern Europe. Świecie, Poland: Friends of the Lower Vistula Society.
- Vadadi-Fülöp, Cs., Mészáros, G., Jablonszky, Gy., Hufnagel, L. 2008. The zooplankton of the Ráckeve-Soroksár Danube: spatiotemporal changes and similarity patterns. *Appl. Ecol. Env. Res.* 6:121-148.
- Vadadi-Fülöp Cs. 2009. Zooplankton (Cladocera, Copepoda) dynamics in the River Danube upstream and downstream of Budapest, Hungary. *Opusc. Zool. Budapest* 40:87-98.
- Vaničková, I., Seda, J., Petrusek, A. 2010. The stabilizing effect of resting egg banks of the *Daphnia longispina* species complex for longitudinal taxon heterogeneity in long and narrow reservoirs. *Hydrobiologia* 643:85-95.
- Von Elert, E. 2004. Food quality constraints in *Daphnia*: interspecific differences in the response to the absence of a long chain polyunsaturated fatty acid in the food source, *Hydrobiologia*, 526: 187–196.
- Waters, M. N., Piehler, M. F., Rodriguez, A. B., Smoak, J. M., Bianchi, T. S. 2008. Shallow lake trophic status linked to late Holocene climate and human impacts. *Journal of Paleolimnology* 42: 51–64.
- Whiteside, M. C., Williams, J. B., White, C. P. 1978. Seasonal Abundance and Pattern of Chydorid, Cladocera in Mud and Vegetative Habitats. *Ecology* 59: 1177–1188.
- Wojewódka, M., Zawisza, E., Cohuo, S., Laura, Macario – González, L., Schwalb, A., Zawiska, I., Pérez, L. 2016. Ecology of Cladocera species from Central America based on subfossil assemblages. *Advances Oceanog. Limnol.*, 7, 145.

- Zawisza, E., Zawiska, I., Correa – Metrio, A. 2016., Cladocera Community Composition as a function of physicochemical and morphological parameters of Dystrophic Lakes in NE Poland. *Wetlands*, 36, 1131.
- Zsuga, K. 1981. Benthic Entomostraca fauna of the Tisza and its tributaries. *Tiscia* 16, 183-190.
- Zsuga, K. 1998. Spatial heterogeneity and mosaic-like structure of zooplankton in Kisköre Reservoir. *Int. Rev. Hydrobiol.* 83:199-202.
- Zsuga, K., Tóth, A., Pekli, J., Udvari, Zs. 2004. [The changes in the zooplankton of the watershed of the River Tisza from 1950s to the present]. [Article in Hungarian with English abstract]. *Hidrol. Közl.* 84:175-178.

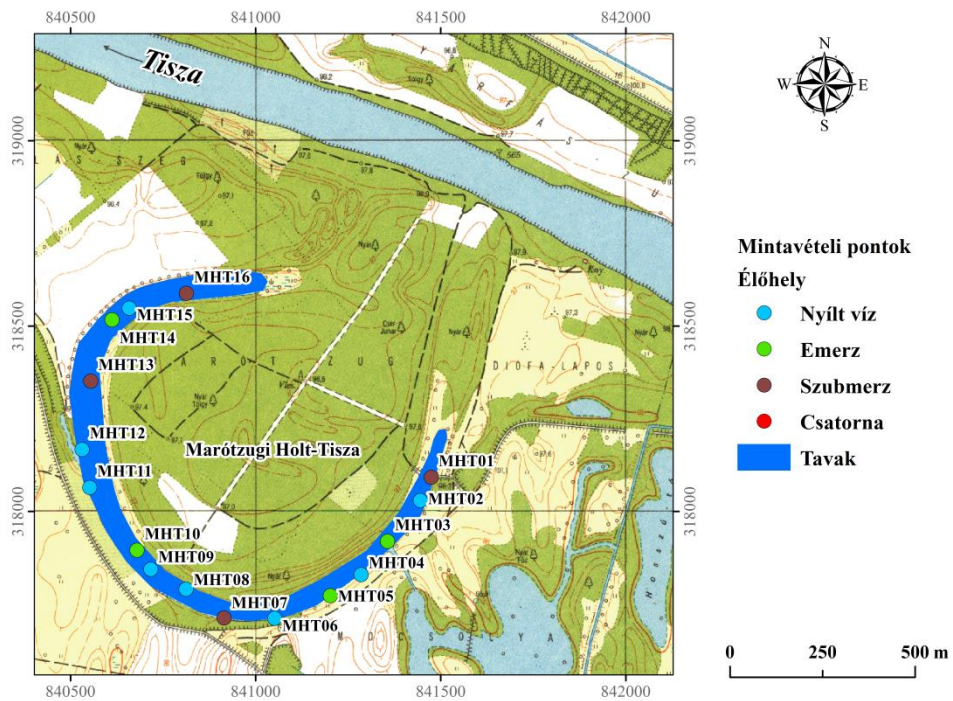
10. FÜGGELÉK

F 1. táblázat. A doktori értekezés keretében mintázott medrek koordinátái

Mintavételi meder	Rövid név	Szélesség	Hosszúság
tímári Morotva-tó	TMT01	48.162151	21.478681
tímári Morotva-tó	TMT02	48.162647	21.478582
tímári Morotva-tó	TMT03	48.162272	21.477906
tímári Morotva-tó	TMT04	48.162311	21.478431
tímári Morotva-tó	TMT05	48.161561	21.477522
tímári Morotva-tó	TMT06	48.161247	21.477758
tímári Morotva-tó	TMT07	48.160638	21.477709
tímári Morotva-tó	TMT08	48.160603	21.476326
tímári Morotva-tó	TMT09	48.160275	21.476051
tímári Morotva-tó	TMT10	48.160107	21.475485
tímári Morotva-tó	TMT11	48.160085	21.474642
tímári Morotva-tó	TMT12	48.160152	21.473436
tímári Morotva-tó	TMT13	48.160097	21.472732
tímári Morotva-tó	TMT14	48.160696	21.471546
tímári Morotva-tó	TMT15	48.160444	21.471353
tímári Morotva-tó	TMT16	48.160513	21.470664
Marótzugi Holt-Tisza	MHT01	48.177923	21.622318
Marótzugi Holt-Tisza	MHT02	48.17737	21.621897
Marótzugi Holt-Tisza	MHT03	48.176404	21.620653
Marótzugi Holt-Tisza	MHT04	48.175617	21.619657
Marótzugi Holt-Tisza	MHT05	48.175131	21.618513
Marótzugi Holt-Tisza	MHT06	48.174629	21.616465
Marótzugi Holt-Tisza	MHT07	48.174677	21.614635
Marótzugi Holt-Tisza	MHT08	48.175403	21.613289
Marótzugi Holt-Tisza	MHT09	48.175917	21.612031
Marótzugi Holt-Tisza	MHT10	48.176389	21.611554
Marótzugi Holt-Tisza	MHT11	48.177948	21.609911
Marótzugi Holt-Tisza	MHT12	48.178874	21.609682
Marótzugi Holt-Tisza	MHT13	48.180525	21.610077
Marótzugi Holt-Tisza	MHT14	48.181995	21.610919
Marótzugi Holt-Tisza	MHT15	48.182262	21.611560
Marótzugi Holt-Tisza	MHT16	48.182575	21.613653



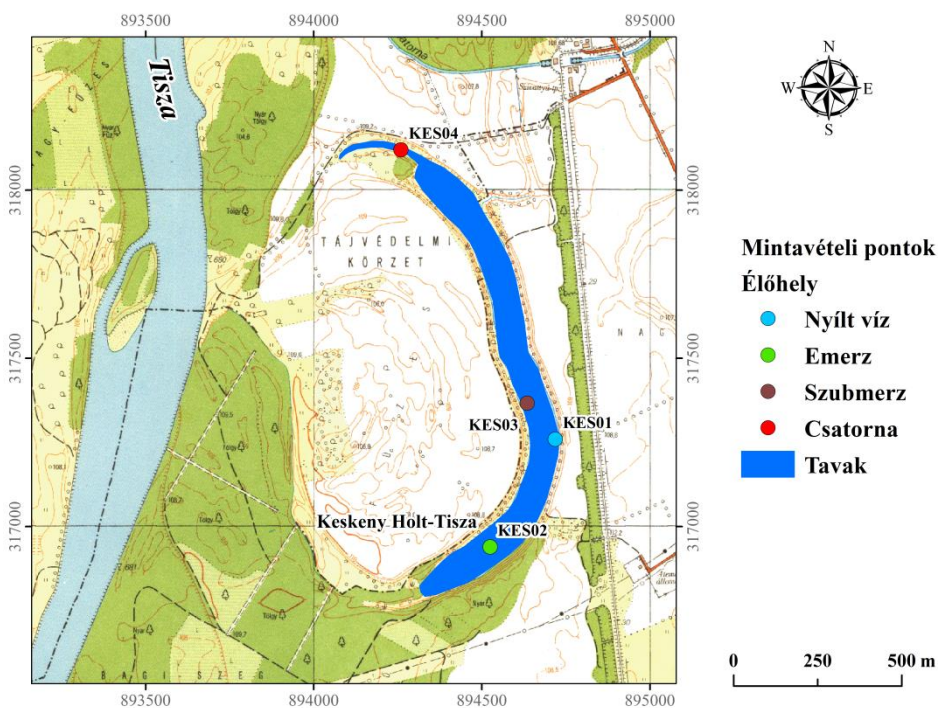
F 1. ábra. Mintavételi helyek a tímári Morotva-tóban



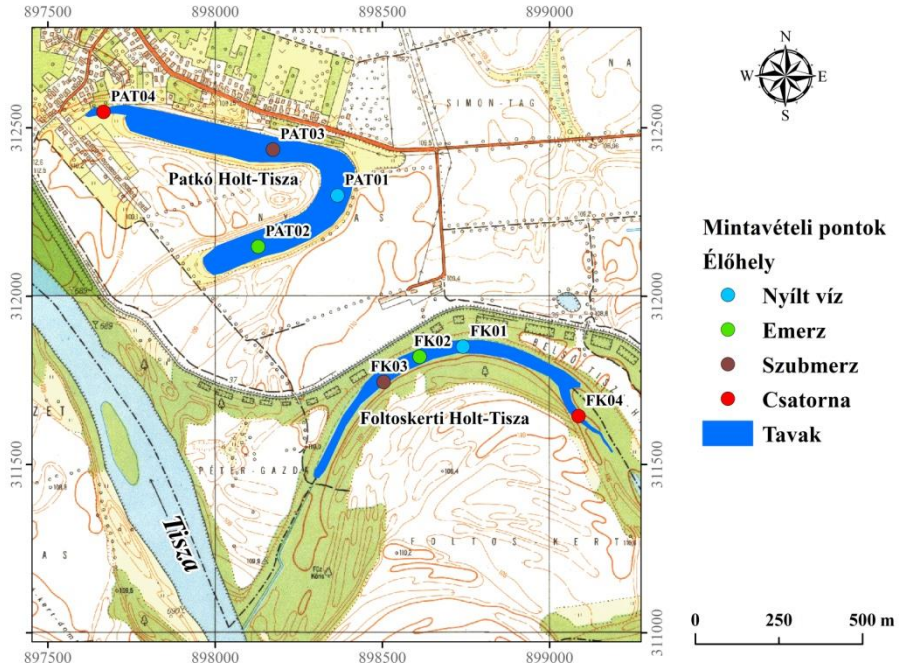
F 2. ábra. Mintavételi helyek a Marótzugi Holt-Tiszában

F 2. táblázat. A doktori értekezés keretében mintázott medrek koordinátái

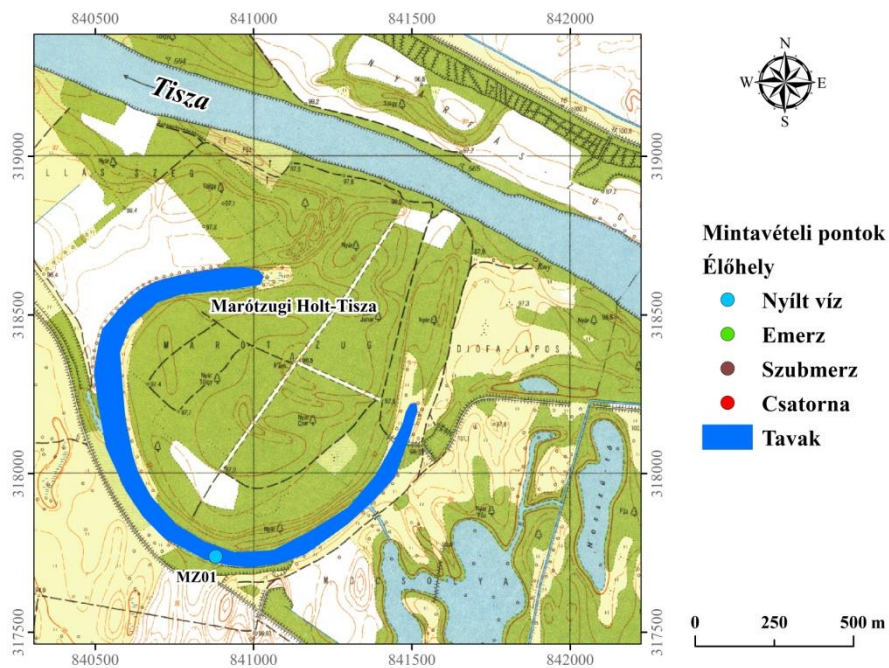
Mintavételi meder	Rövid név	Szélesség	Hosszúság
Patkó Holt-Tisza	PHT	48.105913	22.381677
Patkó Holt-Tisza	PHT	48.105261	22.379954
Patkó Holt-Tisza	PHT	48.107835	22.380713
Patkó Holt-Tisza	PHT	48.108713	22.377113
Keskeny Holt-Tisza	KHT	48.152490	22.337093
Keskeny Holt-Tisza	KHT	48.149685	22.334314
Keskeny Holt-Tisza	KHT	48.152792	22.336310
Keskeny Holt-Tisza	KHT	48.159152	22.333957
Foltoskerti Holt-Tisza	FHT	48.102355	22.388002
Foltoskerti Holt-Tisza	FHT	48.102138	22.386243
Foltoskerti Holt-Tisza	FHT	48.101504	22.384758
Foltoskerti Holt-Tisza	FHT	48.101076	22.391936
Marótzugi Holt-Tisza	MZ01	48.175403	21.613289



F 3. ábra. Mintavételi helyek a Keskeny Holt-Tiszában



F 4 ábra. Mintavételi helyek a Patkó Holt-Tiszában és a Foltoskerti Holt-Tiszában



F 5. ábra. Mintavételi hely a Marótzugi Holt-Tiszában