



DEBRECENI EGYETEM
TERMÉSZETTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLÓGIAI KAR
HIDROBIOLÓGIAI TANSZÉK



37. Országos Tudományos Diákköri Konferencia
Biológia Szekció

A Sebes-Körös és a Holt-Sebes-Körös halfaunája és halközösség alapú ökológiai állapotértékelése

Készítette:

Huttman Máté, Hidrobiológus MSc hallgató

Témavezetők:

Dr. Antal László

egyetemi docens, DE TTK Hidrobiológiai Tanszék

Dr. Nyeste Krisztián József

egyetemi adjunktus, DE TTK Hidrobiológiai Tanszék

Debrecen
2024

Tartalom

1. Bevezetés és célkitűzés	2
2. Irodalmi áttekintés	6
3. Anyag és módszer	8
3.1. Terepi módszerek.....	8
3.2. Statisztikai eljárások	9
3.2.1. Az ökológiai állapotértékelés módszerei	9
3.2.2. Funkcionális guildek szerinti csoportosítás	10
3.2.3. Klaszteranalízis és nem-metrikus multidimenzionális skálázás	12
4. Eredmények és értékelés.....	14
4.1. Sebes-Körös.....	14
4.1.1. Szeghalom	14
4.1.2. Vésztő	15
4.1.3. Diverzitási értékek összehasonlítása	16
4.1.4. Funkcionális guildek.....	17
4.2. Holt-Sebes-Körös.....	21
4.2.1. Komádi.....	21
4.2.2. Zsadány	22
4.2.3. Okány	23
4.2.4. Vésztő I.....	24
4.2.5. Vésztő II.	24
4.2.6. Szeghalom	26
4.2.7. Diverzitási értékek összehasonlítása	27
4.2.8. Funkcionális guildek.....	28
4.3. Klaszteranalízis és NMDS a két vizsgált vízfolyás eredményeivel	32
5. Összefoglalás.....	35
6. Köszönetnyilvánítás	37
7. Irodalomjegyzék.....	38

1. Bevezetés és célkitűzés

Hazánk vizei a jelenkorban olyan változásoknak vannak kitéve, mint a földtörténet során eddig soha. Az emberi tevékenység okozta ökológiai stresszorok hatásai szinte kivétel nélkül megfigyelhetőek minden víztest esetében, akár közvetetten vagy közvetlenül (Grizetti et al. 2017). Az emberi tevékenység következtében felgyorsult klímaváltozás eredményezte melegedő, szárazabbá váló klíma a mérsékelt övi területeken fekvő vizes élőhelyeket is egyre inkább veszélybe sodorja, és a trendek alapján ez várhatóan folytatódni fog (Nagy et al. 2019, O'Briain 2019). A csapadék hiánya, valamint egyenlőtlen térbeli és időbeli eloszlása egyre jellemzőbbé válik a közép-európai térség esetében, ez hirtelen, nem megszokott időben érkező árvizeket is magába foglal (Kundzewicz et al. 2005).

Hazánk esetében ez fokozott veszélyt jelent, mivel a 19. századi folyószabályozások miatt szűk töltések közé szorított folyók az árhullámok levezetésére kiválóan alkalmasak, amely az akkori kor céljait megfelelően szolgálta (új mezőgazdasági területek és veszélytelenebb árhullámok), viszont hosszú távon a vízgazdálkodás tekintetében megfontolatlan tevékenységnek tekinthető, mert a folyószabályozások következtében kisvizes időszakokban sem megfelelő a vízviasszatartás. A megszűnt ártéri területek fontossága mind vízgazdálkodásilag, mind a halfauna szempontjából vitathatatlan (Guti & Potyó 2010, Zsoldos 2024). A nagy kiterjedésű vizes élőhelyek, amelyeket az ártéri területek jelentettek, képesek voltak újratölteni és szinten tartani a felszín alatti vízbázist, amely napjainkban már nem mindig megoldható, a talajvíz csökkenése általános az emberi tevékenységek következtében, emellett a vízfolyások lefolyási hányadosa is nő (Beighley & Moglen 2002, Farahmand et al. 2007, Huang et al. 2008). Bizonyos területeken akár erdőpusztulások (Bréda et al. 2006) jelentkezhetnek (Dél-Nyírség) vagy szemisztatikusá, asztatikusá válhatnak vízterek, amelyek korábban stabil vízháztartással rendelkeztek.

Az elárasztott területek lényeges feladata volt még a halfauna számára elérhető hatalmas mennyiségű ívóhely, ahova zöldár idején a kifejlett halak ívni jártak, az ivadékhalak pedig zavartalanul táplálkozhattak és nőhettek a sekély, növényzetben gazdag vizes élőhelyeken. A folyószabályozás másik hatása a csatornaépítés, valamint holtmedrek és holtágak keletkezése, amelyek új, másodlagos élőhelyet jelentenek az egykor széles körben elterjedt láp- és mocsárvilág fajainak. Az ilyen csatornák és csatornaként hasznosított kisvízfolyások különösen nagy veszélynek vannak kitéve, mert fragmentációjuk és degradációjuk egyre jelentősebb az elmúlt évtizedekben (Halasi-Kovács & Tóthmérész 2011, Sály & Erős 2016). A közvetlen emberi hatások közé tartoznak napjainkban a pontszerű szennyezések, például a szennyvízbefolyók és ipari létesítmények szennyezése, valamint a keresztzárások, mint például vízierőművek és gátak. A kutatásunkban felmért két vízfolyás esetén mindkettő érintett hasonló emberi tevékenység által.

Ez kiváló esettanulmányt biztosít az ilyen és ehhez hasonló létesítmények befolyásoló erejére a vízfolyások halfaunájának esetében.

A vízi életközösségek egyik legmeghatározóbb elemei a halak (Actinopterygii). A halfajok igényeinek ismeretében a fajösszetételből következtethetünk egy adott víztest állapotára (Antal 2013). A vizsgálatokat minden víztest esetén időközönként ismételni kell, hiszen a környezet változik, ez a változás pedig az emberi tevékenység által még gyorsabbá és kiszámíthatatlanná válik. Magyarországon a környezeti rendszerek 85%-a mesterségesen szabályozott, a célként kitűzött természetes állapotok visszaállítása olyan akadályokba ütközhet, mint például az inváziós halfajok megtelepedése, az ember tájalakító tevékenysége és mezőgazdasági, ipari szennyezések (Bíró 2011). Ennek tekintetében nagy szerepet kell fordítanunk a rendszeres monitorozásra, hogy aktuális képet kapjunk a vizeink tényleges állapotáról.

Önmagában a halfauna nem elégséges egy vízterület állapotának meghatározásához, ezért az Európai Unió Víz keretirányelve alapján öt élőlénycsoport fajösszetételének vizsgálata alapján kell meghatározni azt. A halállomány vizsgálatakor a helyenkénti standardizált, egyszerűen és gyorsan megismételhető mintavételi módszerekkel történő fajösszetételi és tömegességi viszonyok szerinti feltárása, valamint a funkcionális guildok eloszlásának vizsgálata a fő mérvadó, a teljes halállomány feltárása nem realisztikus cél (Erős & Sály 2016). A gyors, rutinszerű felmérések fontossága esszenciális a megfelelő számú mintavételi hely vizsgálatához. A halállomány összetétele, valamint annak minőségi és mennyiségi változóin alapuló minősítési indexek, például a halfauna természetvédelmi értékelésére használható szoftver (TAR) (Antal et al. 2015) és a Magyar Multimetrikus Halindex (Sály & Erős 2016) hatékony eszközei a vízterek egységes halfauna alapján történő értékelésének.

A Körösök vidéke Kelet-Magyarországon, az Alföld tiszántúli régiójának déli részén található. A vízrendszer tagjai a Fehér-Körös, Fekete-Körös, ezek összefolyásából kialakul a Kettős-Körös, majd a Kettős-Körös és a Sebes-Körös összefolyásából jön létre a Hármaskörös, amely végül Csongrádnál a Tiszába torkollik. E vidék halfaunája meglehetősen gazdag és sokféle, az itt elterülő folyók, holtágak, tavak, és egyéb vizes élőhelyek változatos környezetet kínálnak a különböző halfajok számára (Harka 1996). A 19. század nagy mértékű vízrendezési és folyószabályozási munkálatainak köszönhetően a vizek halfaunája nagy mértékben átforgatódott (Zsoldos 2024), így van ez a Körösök vidékén is (Sallai 1997). A szabályozott medrek rengeteg mesterséges eredetű holtmedret és holtágat hagytak hátra (Albert et al. 2016), amelyek némelyikét öntözőcsatornánaként hasznosították. A Holt-Sebes-Körös is egy ilyen, lassú vízáramlású, alföldi csatornánaként funkcionáló, mesterségesen levágott holtmeder. Az alábbi kutatás ezen holtmeder és az élő Sebes-Körös folyó területén végzett halfaunisztikai mintavételekre alapul.

A Sebes-Körös forrásvidéke a Romániai Szigethegység északkeleti lábánál található Körösfőttől nem messze helyezkedik el (URL1). A teljes, 209 km hosszú folyóból 58,9 km található Magyarország határain belül (URL1). A Sebes-Körös magyarországi szakaszán több szakaszjelleg is megfigyelhető. Az országhatárnál belépő folyó még középszakasz jellegű, erősebb áramlású, legtöbb helyen gázolható. A Gyomaendrőd melletti Kettős-Sebes összefolyásnál viszont már többnyire alsószakasz jellegű, az áramlása jóval visszafogottabb. Így a folyó halfaunája is eltérő képet mutat eltérő helyenként. A folyót övező területek jelentős része mezőgazdasági hasznosítású, így az ebből származó antropogén hatások és szennyezések kedvezőtlenül hathatnak a folyó élővilágára.

A folyó romániai, eredetileg felsőszakasz jellegű részein több keresztzárás található, többek között egy energetikai célú tározórendszert építettek ki rajta (URL2), amely feltöltöttségi állapota jelentősen befolyásolja az aktuális vízjárást. Ez a kiszámíthatatlanság is hozzájárult ahhoz, hogy az alsóbb, hazai szakaszokon is duzzasztásra legyen szükség, hiszen a Körösvidék vízellátásának is fontos része a Sebes-Körös. A magyarországi szakaszon két keresztzárás található, a határ közelében, Körösszakálnál elhelyezkedő fenékküszöb, valamint a mintavételi helyeink alatt néhány kilométerrel található körösladányi duzzasztómű. Az ilyen jellegű műtárgyak képesek negatívan befolyásolni a halfauna összetételét, így ez további vizsgálatok szükségességét kívánja a különböző szakaszokon (Wu et al. 2019, García et al. 2011, Fazekas et al. 2016). A magyarországi keresztzárások közül ezen kutatásban főleg a körösladányi duzzasztómű hatásait elemezzük, két mintavételi helyünk a felvíz különböző pontjain helyezkedett el, amely jó összehasonlítási alapot ad a halfauna különbségei alapján történő vizsgálatra. Szintén aggasztó, hogy a Sebes-Körös felsőbb szakaszai adnak otthont a védett és endemikus bihari márnának [*Barbus biharicus* (Antal & Kotlík 2016)] (Antal et al. 2016), így az ott elhelyezett keresztzárások értékes élőhelyeket szüntethetnek meg, amelyek ezt az egyedülálló és védendő halfajt veszélyeztetik.

A Holt-Sebes-Körös a Sebes-Körös folyó mentett oldali holtmedre, amelyben a folyó a szabályozások előtt folyt, a mai főmedertől délre helyezkedik el. Napjainkban a Sárrét belvizeit gyűjti össze, majd a Sebes-Körösbe fut. Vízigyűjtőjének nagy része NATURA2000 besorolású természetvédelmi terület. Vízigyűjtőjéből 273,37 ha a Kis-Sárrét Magas Természetvédelmi Értékű Terület alá tartozik. A holtmeder emellett csatornásítva van, vize lassan áramlik, főleg a felsőbb szakaszokon. A csatorna vizét öntözésre és halastavi vízutánpótlásra is használják, valamint horgászati tevékenység is folyik rajta, amely ilyen kis vízhozamú vízfolyás esetén szintén további tápanyagbevitelt jelent.

A legfőbb pontszerű antropogén szennyezője az Okánynál beleengedett lakossági eredetű tisztított szennyvíz, amely jelentős tápanyagtöbbletet juttat a víztérbe, amely a teljes vízi életközösségre, ezzel együtt a halfaunára is befolyásoló hatással van. Az okányi szennyvíztelep átadására 2020 decemberében került sor (URL3), az üzembe helyezése előtti időkből származó mintavételek (Sallai 1997 publikálatlan adat) pedig eltérő képet festenek az alsóbb szakasz halfaunájáról. Vízugyűjtő területét szintén főleg mezőgazdasági hasznosítás jellemzi, amely további terhelést ró a természetes állapotúnak már nem mondható vízterületre. További veszélyeztető tényezők a halfauna esetében a nagymértékű vízelvezetés, üledékkotrás (főleg a rétcsík állományra nézve, valamint a szivárványos ökle szaporodásához szükséges kagylók eltávolítása miatt), a feliszapolódás (pl. a vágócsík populáció szaporodóhelyei megszűnnek), a vízi és parti vegetáció kezelése csatornázási célokból (mocsári faunaelemek élőhelyei), a nagymértékű vízelvezetés (ökológiai vízhiány és alacsony téli vízszint miatt bekövetkező teljes átfagyás), az eutrofizáció és az inváziós halfajok jelenléte, főleg a szennyezettebb szakaszokon, amelyek kiszorítják az érzékeny és védendő fajok populációit (URL4).

Ezek alapján látható, hogy annak ellenére, hogy egy értékes és szigorú természetvédelmi szabályozást igénylő víztérrel van szó, a valóságban az egyik legelhanyagoltabb és legveszélyeztetettebb víztestek egyike hazánkban. Védelmének előtérbe helyezésével mocsári és lápi fajok számára megfelelő másodlagos élőhelyet biztosíthatna ez a vízfolyás, hiszen felsőbb szakaszain máig alacsony a szennyezettség mértéke és az inváziós fajok jelenléte is.

Kutatásunk fő célja volt, hogy a Sebes-Körös két, valamint a Holt-Sebes-Körös hat mintavételi helyén felmérjük a halközösség összetételét, meghatározzuk a vízfolyások vizsgált szakaszainak ökológiai állapotát, ezen felül felmérjük az antropogén tényezők jelentőségét a halfaunára nézve, valamint ahol lehetséges, ott összehasonlítsuk kapott eredményeinket a korábbi elérhető faunisztikai adatokkal.

2. Irodalmi áttekintés

A Körös-vízrendszer halfaunáját Harka (1997) „Halaink” című kiadványában részletesen írta le, köztük a Sebes-Körös halfaunáját is. A Körös-vízrendszert továbbá Györe és Sallai (1998) kutatta, mintavételeik során 44 faj került elő, a mentett oldali holtágakból 32 faj, az ártérből kevesebb, 24 faj. Szintén Sallai és Györe (1998) a Kis-Sárrétre kiterjedő kutatásában a Holt-Sebes-Körösön két helyen végzett mintavételt, ahonnan 12 fajt sikerült kimutatni (a felmérésben szereplő többi víztérrel együtt összesen 17 fajt). További történeti vizsgálatok során 1997-ben Holt-Sebes-Körösből 27 fajt (Sallai 1997, publikálatlan adat), a Sebes-Körösből 33 fajt sikerült azonosítani (Sallai 2017, publikálatlan adat). A Sebes-Körösből és a Holt-Sebes-Körösből származó eddigi fogási adatokat az 1. táblázat és a 2. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A Holt-Sebes-Körösből eddig kimutatott halfajok listája (Sallai 1997 publikálatlan adat, Györe & Sallai 1998) +: a faj az adott vizsgálat során előkerült; *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Sallai 1997	Györe & Sallai 1998	Tudományos név	Magyar név	Sallai 1997	Györe & Sallai 1998
<i>Abramis brama</i>	dévérkeszeg	+	+	<i>Leuciscus idus</i>	jászkeszeg	+	
<i>Alburnus alburnus</i>	küsz	+	+	<i>Misgurnus fossilis</i> *	réticsík*	+	+
<i>Ameiurus melas</i>	fekete törpeharcsa	+	+	<i>Perca fluviatilis</i>	sügér	+	
<i>Ameiurus nebulosus</i>	törpeharcsa		+	<i>Perccottus glenii</i>	amurgéb	+	
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg	+	+	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	tarka géb	+	
<i>Carassius carassius</i>	széles kárász	+	+	<i>Pseudorasbora parva</i>	kínai razbóra	+	+
<i>Carassius gibelio</i>	ezüstkárász	+	+	<i>Rhodeus amarus</i> *	szivárványos ökle*	+	+
<i>Cobitis elongatoides</i> *	vágócsík*	+	+	<i>Romanogobio vladykovi</i>	halványfoltú küllő*	+	
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	amur	+		<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	+	+
<i>Cyprinus carpio</i>	ponty	+		<i>R. rutilus x B. bjoerkna</i>	bodorka X karikakeszeg	+	
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	fehér busa	+		<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	vörösszárnú keszeg	+	+
<i>Esox lucius</i>	csuka	+	+	<i>Sander lucioperca</i>	fogassüllő	+	
<i>Lepomis gibbosus</i>	naphal	+	+	<i>Squalius cephalus</i>	domolykó	+	
<i>Leuciscus aspius</i>	balin	+		<i>Tinca tinca</i>	compó	+	+
Összes fajszaám: 28							

2. táblázat: A Sebes-Körösből eddig kimutatott halfajok listája (Sallai 2017 publikálatlan adat; Harka 1997) +: a faj az adott vizsgálat során előkerült; *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Sallai 2017	Harka 1997	Tudományos név	Magyar név	Sallai 2017	Harka 1997
<i>Abramis brama</i>	dévérkeszeg	+	+	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	fehér busa		+
<i>Acipenser ruthenus</i>	kecsege		+	<i>Lepomis gibbosus</i>	naphal	+	+
<i>Alburnoides bipunctatus</i> *	sujtásos күsz*	+		<i>Leucaspis delineatus</i> *	kurta baing*		+
<i>Anguilla anguilla</i>	angolna		+	<i>Leuciscus idus</i>	jászkeszeg	+	+
<i>Alburnus alburnus</i>	kүsz	+		<i>Leuciscus leuciscus</i> *	nyúldomolykó*	+	+
<i>Ameiurus melas</i>	fekete törpeharcsa	+		<i>Lota lota</i>	menyhal	+	+
<i>Aspius aspius</i>	balin	+		<i>Misgurnus fossilis</i> *	réticsík*		+
<i>Aristichthys nobilis</i>	pettyes busa		+	<i>Neogobius fluviatilis</i>	folyami гéb	+	
<i>Ballerus ballerus</i>	laposkeszeg		+	<i>Perca fluviatilis</i>	sүгér	+	+
<i>Ballerus sapa</i>	bagolykeszeg	+	+	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	tarka гéb	+	
<i>Barbus barbus</i>	márna	+		<i>Pseudorasbora parva</i>	kínai razbóra	+	
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg	+		<i>Rhodeus amarus</i> *	szívárványos ökle*	+	
<i>Carassius carassius</i>	széles kárász		+	<i>Romanogobio vladykovi</i>	halványfoltú күllő*	+	
<i>Carassius gibelio</i>	ezüstkárász	+		<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	+	
<i>Chondrostoma nasus</i>	paduc	+	+	<i>Sabanejewia balcanica</i> *	balkáni csík*	+	+
<i>Cobitis elongatoides</i> *	vágócsík*	+		<i>Sabanejewia bulgarica</i> *	bolgár csík*	+	+
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	amur	+	+	<i>Sander lucioperca</i>	fogassүllő	+	+
<i>Cyprinus carpio</i>	ponty	+	+	<i>Sander volgensis</i>	kősүllő		+
<i>Esox lucius</i>	csuka	+	+	<i>Silurus glanis</i>	harcsa	+	+
<i>Gobio carpathicus</i> *	tiszai күllő*	+		<i>Squalius cephalus</i>	domolykó	+	
<i>Gymnocephalus baloni</i> *	széles durbincs*		+	<i>Vimba vimba</i>	szilvaorrú keszeg	+	+
<i>Gymnocephalus cernua</i>	vágó durbincs	+	+	<i>Zingel streber</i>	német bucó*	+	+
<i>Gymnocephalus schraetzer</i> *	selymes durbincs*		+	<i>Zingel zingel</i> *	magyar bucó*		+
Összes fajszám: 46							

3. Anyag és módszer

3.1. Terepi módszerek

A Holt-Sebes-Körös hat mintavételi helyén, Komádi, Zsadány, Okány, Szeghalom és Vésztő települések vonzáskörzetében végeztük a halközösség felmérését. A Sebes-Körösön két helyszínen történtek mintavételek, Vésztő és Szeghalom közelében. A mintavételek pontos helyéről a 3. táblázat és az 1. ábra ad részletesebb tájékoztatást. A Sebes-Körösön mintázott két szakasz közötti fő különbség, hogy a szeghalmi rész jóval közelebb található a Körösladányhoz közel elhelyezkedő duzzasztóműhöz, amelynek áramláslassító hatása erősebben érvényesül itt. A mintavételek helyén a fizikai és kémiai háttérváltozókat (elektromos vezetőképesség, oldott oxigéntartalom %-ban és mg/L-ben kifejezve, oxigéntelítettség és hőmérsékletet) Hach Lange HQ2200 típusú hordozható multiméter-műszerrel mértük.

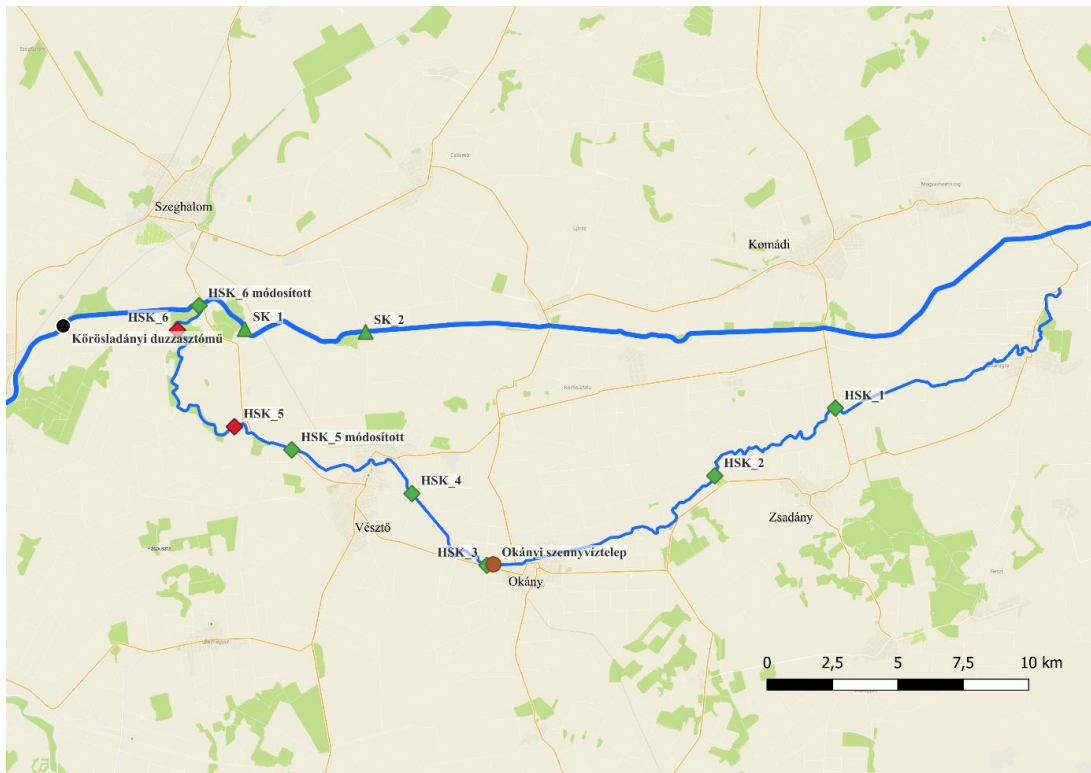
3. táblázat: A mintavételi pontok földrajzi elhelyezkedése, kategorizálása és a mintavételek időpontjai (*: a nem megfelelő mintavételi körülmények miatt módosítva).

Mintahely kódja	Vízfolyás neve	Település	EOV X	EOV Y	Víztér kategória	Mintavétel időpontja
SK_1	Sebes-Körös	Szeghalom	183875	814010	River 3	2023.09.27
SK_2	Sebes Körös	Vésztő	183893	818617	River 3	2023.09.27
HSK_1	Holt-Sebes-Körös	Komádi	181534	836600	River 2	2023.09.21
HSK_2	Holt-Sebes-Körös	Zsadány	178821	832082	River 2	2023.09.21
HSK_3	Holt-Sebes-Körös	Okány	175160	823495	River 2	2023.09.21
HSK_4	Holt-Sebes-Körös	Vésztő	177804	820556	River 2	2023.09.21
HSK_5	Holt-Sebes-Körös	Vésztő*	179331	815925	River 2	2023.09.21
HSK_6	Holt-Sebes-Körös	Szeghalom*	184696	812288	River 2	2023.09.21

A Holt-Sebes-Körösön végzett mintavételek során vízben gázolva, egy ukrán gyártmányú SAMUS 725 MP típusú pulzáló egyenáramú elektromos halászgép segítségével végeztük a felméréseket. A Sebes-Körösön véghez vitt felmérések során csónakból, német gyártmányú, aggregátorral működtetett Hans Grassl EL64 II GI aggregátoros, egyenárammal és pulzáló egyenárammal működő, kutatói halászgépet (DC max. teljesítmény 7 kW; PDC, 75–100 Hz, max. teljesítmény 120 kW/impulzus, Hans Grassl GmbH, Németország) használtunk.

A terepi mintavételek a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer protokollja alapján történtek, amelyek a következők (Sallai et al. 2001-2018): A Holt-Sebes-Körös az adottságai alapján „River 2” alkategóriába sorolható, kis és közepes méretű patakok, síkvidéki erek, csatornák kategóriájába tartozik, melyeknek változó mélységű a medre, ezért a litorális zónában és a mederben egyaránt végeztünk halászatot. A mintaszakaszokat úgy választottuk meg a jobb és bal partot váltakoztatva, hogy a teljes, 150 méteres lehalászott szakasz megfelelően reprezentálja a vízfolyás élőhelyi sajátosságait. A „River3” (közepes- és kisfolyók) kategóriájú Sebes-Körös

esetén, mivel a mintázni kívánt szakasz nem volt gázolható, így csak a csónakból történő mintázás volt lehetséges. A gázolós módszerrel szemben, ahol 150 (3x50) métert kell mintázni, a csónakból történő mintavételnél esetén 3x200 méter hosszon a bal és jobb partot váltva végeztük a kutatóhalászatot. Az elektromos kecsés (EBKH) mintavételt, 3x100 méteren alkalmaztuk kiegészítő módszerként mindkét mintavételi hely esetén. Az elektromos kecsa használatával a bentikus fajok jelenlétéről reprezentatívabb képet kaphatunk, leginkább a 1,5 métert meghaladó vízmélységű folyók esetén célszerű a használata (URL5). A fajok és egyedszámok rögzítésére digitális diktafont használtunk. A fajok meghatározása a FishBase (Froese & Pauly 2017) adatbázisa alapján történt. A halnevek tekintetében Harka (2011) munkája volt irányadó.



1. kép: A Sebes-Körös (▲) és a Holt-Sebes-Körös (◆) mintavételi pontjai. A mintavételi helyek kódjait a **3. táblázat** tartalmazza (◆): a Holt-Sebes-Körös eredetileg kijelölt, mintavételre alkalmatlan szakaszai).

3.2. Statisztikai eljárások

3.2.1. Az ökológiai állapotértékelés módszerei

A mintavételi helyek állapotának kategorizálásához a Magyar Multimetrikus Halindexet (HMMFI) mint halalapú állapotminősítő rendszert alkalmaztuk (Sály & Erős 2016). A HMMFI előnye az általános statisztikai indexekkel szemben az, hogy nem csak az egyedszámokat, hanem a fajokra jellemző tulajdonságokat is figyelembe veszi. Hátránya, hogy érzékeny a mintavételi szakaszok hosszára, régebbi, rövidebb szakaszokról származó adatok esetén kevésbé pontos.

Az általunk vizsgált két vízfolyás természetvédelmi szempontú értékelése során az abszolút (T_A), illetve a relatív (T_R) természetvédelmi érték indexpárt alkalmaztuk (Guti et al. 2014). Ezen indexek kiszámításához pedig a TAR szoftvert (Antal et al. 2015) használtuk.

A vízfolyások ökológiai állapotértékeléséhez három diverzitási indexet használtunk. A ritka fajokra érzékeny Shannon (H), a gyakori fajokra érzékeny Simpson (C) és a legtömegesebben jelenlévő fajra érzékeny Berger-Parker (d) indexeket (Tóthmérész 2011).

A Shannon index kiszámítása a következő képlet alapján történik, ahol: S a fajszaám, p_i az i faj előfordulási valószínűsége, amit például a relatív gyakorisággal közelíthetünk (Tóthmérész 2011). A H értéke 0 és H_{max} között változhat. A H_{max} értéke a fajszaám függvényében változik.

$$H = - \sum_{i=1}^{S_{obs}} p_i \log_e p_i$$

A Simpson féle diverzitási index, avagy kvadratikusan index számítására használt képlet a következő, amelyben $p_i = (N_i / N_T)$, N_i az i -ik fajhoz tartozó egyedszám N_T pedig a mintába tartozó összes egyed száma. Az index maga pedig:

$$D = \frac{1}{C}$$

Az index azt vizsgálja, hogy mennyi a valószínűsége annak, hogy a második mintázott egyed ugyanabba a fajba tartozik, mint az első (Tóthmérész 2011). A C érték kiszámításának a képlete a következő:

$$C = \sum_i^{S_{obs}} p_i^2$$

A Berger-Parker diverzitás számítása a következő képlet alapján történik. A domináns faj egyedszámát (N_{max}) viszonyítja az összes egyedszámmal (N_T).

$$d = \frac{N_{max}}{N_T}$$

3.2.2. Funkcionális guildek szerinti csoportosítás

A halfauna elemei élettani szükségleteik alapján csoportokba sorolhatók be, ezeket a csoportokat hívjuk funkcionális csoportoknak vagy guildeknek (Halasi-Kovács 2019). Egy-egy guildben olyan fajok találhatók, amelyek a környezeti adottságokat hasonló módon használják fel, tehát a funkcionális jellemzők a halfajok ökológiai térben (niche) betöltött szerepét mutatják (Halasi-Kovács & Tóthmérész 2011, Halasi-Kovács 2019). Halak esetén klasszikusan a funkcionális csoportoknak hét típusát különítjük el, ezek a táplálkozás helye, a táplálék típusa,

szaporodás helye, áramláskedvelés, élőhellyel szembeni érzékenység, valamint az eredet (Halasi-Kovács & Tóthmérész 2011). Kutatásunk során mind a hét funkcionális csoport abundanciaviszonyait figyelembe vettük, ezek a táplálékszerzés helye, a táplálék típusa, az élőhelyspecializáció és az áramláskedvelés foka, a tolerancia, a szaporodási szubsztrát típusa, és az eredet.

A táplálékszerzés helye meghatározó a halfajok szempontjából, hiszen morfológiájuk ennek megfelelően alakult ki az evolúció során. A bentikus halfajok a vízfenéken táplálkoznak, szájuk ennek megfelelően legtöbbször alsó állású. Általában a metafitikus, azaz vízi növényzet között táplálékot kereső halak és a nyílt vízi, más néven pelágikus halak testfelépítésén is látható életmódjuknak ez az aspektusa (Koundal et al. 2016, Ward-Campbell et al. 2005).

A táplálék típusára épülő funkcionális csoport a kifejlett halak táplálkozása alapján csoportosítja a halfajokat, hiszen szinte minden halfaj ivadéakai többszöri táplálékforrás-váltáson esnek át mire átállnak a kifejlett egyedek által fogyasztott táplálékra (Halasi-Kovács 2019, Specziár 2019). Természetesen adult egyedek esetén is vízterenként megfigyelhető bizonyos szintű alkalmazkodás a táplálékbázis tekintetében attól függően, hogy mi áll rendelkezésre az adott élőhelyen az adott időben, de ettől eltekintve felállítható egy általános sorrend a preferált és kevésbé preferált táplálékok között (Halasi-Kovács 2019). Táplálkozás alapján elkülönítünk herbivor (növényevő/bevonatalkotó alga fogyasztó), omnivor (mindenevő), planktivor (fito- és zooplankton fogyasztó), piscivor (valódi ragadozó, halevő), invertivor-piscivor, (makrogerinctelen- és halfogyasztó), invertivor-bentivor (makrogerinctelen és szerves törmelék fogyasztó), detritivor (törmelékevő), invertivor-detritivor (makrogerinctelen és törmelékfogyasztó) és parazita (élősködő) fajokat (Halasi-Kovács 2019).

A szaporodás helye abból a szempontból meghatározó, hogy milyen jellegű szubsztrátok találhatóak a víztéren belül. A halak különböző szubsztrátokra rakhatják ikráikat, mint például köves-kavicsos aljzatra (litofil), vízi növényzetre (fitofil), a kettő keverékére (fito-litofil), természetes vagy saját maguk által készített üregekbe (speleofil), homokos aljzatra (pszammofil), a vízoszlopban lebegve (pelagofil, lito-pelagofil, az utóbbinál a lipidcseppeket tartalmazó ikrák később lesüllyednek és felületeken megtapadnak), puhatestűekbe (osztrakofil) vagy saját maguk által épített fészkekbe (ariadnofil) (Halasi-Kovács 2019).

Az áramláskedvelés foka szempontjából igen jelentős szerepe van az ember általi keresztzárásoknak a vízfolyásokon. A keresztzárások al- és felvízi szakasza jelentősen eltérhet áramlás – és ezzel halfauna – tekintetében is. Az áramlás foka egyéb háttérváltozókat is befolyásol, mint például az oldott oxigén szintje és az átlátszóság, valamint a hordalékszállítás csökkenése miatti üledékképződés. Áramláskedvelésen belül három kategóriát különböztetünk meg: áramláskedvelő, azaz reofil, állóvíz kedvelő, azaz stagnofil, illetve áramlásra kevésbé érzékeny, azaz eurytop fajokat (Halasi-Kovács 2019).

Az élőhellyel szembeni érzékenység a halfajok alkalmazkodóképességét határolja be. Bizonyos fajok élőhelyek szélesebb skálájában képesek megtalálni életfeltételeiket, ezzel

nagyobb elterjedési területen tudnak sikeresek lenni. Ezeket a fajokat hívjuk generalistának. A specialista fajok szűkebb tűréshatárai egy speciális élőhelytípushoz alkalmazkodtak, amelyben minden életfeltételük kielégítésre kerül. A zavarást tűró fajok minimális ökológiai igényekkel bírnak, szinte bármilyen élőhelyen előfordulhatnak (Halasi-Kovács 2019).

Ehhez kapcsolódik a halfajok toleranciáját behatóró guild, amely minden emberi és természetes eredetű stresszorzattal szembeni tűrőképességet jelent. Eszerint a halfajok lehetnek, toleránsak, közepesen toleránsak és intoleránsak környezeti igényeiket tekintve. Az intoleráns fajok a legérzékenyebbek bármilyen eredetű diszturbanciára (Halasi-Kovács 2019).

A hetedik funkcionális guild a fajok őshonos vagy adventív (idegenhonos) eredete (Halasi-Kovács 2019). Az adventív fajok számos módon bekerülhetnek új élőhelyekre, emberi közreműködéssel (haltelepítésekkel fő- vagy járulékos halként, elengedett díszhalként, hajók ballasztvizében vagy fenekére tapadva) vagy természetes úton (vándorlás, ekto- és endozoochoria) (Lovas-Kiss et al. 2020).

3.2.3. Klaszteranalízis és nem-metrikus multidimenzionális skálázás

A kutatás során a mintavételi pontok közötti fajösszetételbeli hasonlóságokat és különbségeket hierarchikus klaszteranalízis segítségével vizsgáltuk. Az elemzésekhez az R programozási nyelvet használtuk (R Core Team 2023), amelyben a vegan csomagot telepítettük és alkalmaztuk (Oksanen et al. 2023). A klaszteranalízis során két különböző indexet, a Jaccard-indexet (Jaccard 1901) és a Morisita-indexet (Morisita 1959) használtuk, amelyek eltérő szempontok alapján mérik és értékelik a minták közötti hasonlóságot.

Az adatelemzés első lépéseként az adatahalmazt előkészítettük, amelyben a mintavételi helyszínek (sorok) és a fajok (oszlopok) jelenlétét/hiányát rögzítettük. Az adatok bináris mátrixként kerültek átalakításra, ahol az értékek 1 (jelenlét) vagy 0 (hiány) voltak. A Morisita-index számítása során azonban figyelembe vettük a fajok relatív abundanciáját is.

A disszimilaritási mátrixokat az alábbiak szerint számítottuk ki:

- A Jaccard-index segítségével meghatároztuk az egyes helyszínek közötti fajösszetételbeli különbségeket. Ez az index a mintavételi helyek közös fajainak arányát méri a fajok összesített számához képest (Jaccard 1901).
- A Morisita-index alkalmazásával az egyes helyszínek közötti abundancia-alapú hasonlóságot vizsgáltuk, amely leginkább a domináns fajokra érzékeny (Morisita 1959).

A disszimilaritási mátrixok alapján hierarchikus klaszteranalízist végeztünk az UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) módszerrel, amely lehetővé teszi a minták csoportosítását azok hasonlósága alapján (Sneath & Sokal 1973). Az eredményeket dendrogram formájában ábráztuk, ahol az Y-tengelyen a disszimilaritási értékeket százalékos

formában tüntettük fel (0–100%), míg az X-tengelyen a mintavételi helyszínek kódjai (3. táblázat) szerepeltek.

Az R-ben végzett elemzésekhez az alábbi csomagokat használtuk:

- **vegan:** Az ökológiai adatok elemzésére szolgáló csomag, amely lehetővé tette a disszimilaritási mátrixok kiszámítását és a klaszteranalízist.
- **stats:** Az R beépített csomagja, amely tartalmazza a hierarchikus klaszteranalízishez szükséges függvényeket, például a `hclust()` függvényt.

A dendrogramok alapján elemeztük, hogy mely mintavételi helyszínek alkotnak homogén csoportokat, illetve melyek mutatnak jelentős eltéréseket. Az eredmények segítettek megérteni a mintavételi helyszínek között megfigyelhető ökológiai különbségeket.

A mintavételi helyek és fajok közötti ökológiai kapcsolatok vizsgálatához nem-metrikus multidimenzionális skálázást (NMDS) végeztünk. Az NMDS egy olyan ordinációs módszer, amely a disszimilaritási mátrix alapján egy alacsonyabb dimenziójú térképet készít, miközben megpróbálja megőrizni az eredeti adatokban rejlő távolságviszonyokat (Kruskal, 1964). Az elemzés során az R programnyelv `vegan` csomagjának `metaMDS()` függvényét használtuk, ahol távolságmértékként a Morisita-indexet vettük alapul.

A közösségi mintázatok vizsgálatához a Morisita-féle hasonlósági indexet alkalmaztuk, amely érzékeny a domináns fajok relatív abundanciájára, így különösképp alkalmas az ökológiai közösségek összehasonlítására (Morisita, 1959). A Morisita index segítségével egy hasonlósági mátrixot alakítottunk ki, amely kvantitatív módon írja le az egyes mintavételi helyek közötti hasonlóságokat és különbségeket a fajösszetétel alapján. Az index kiszámításához az R programnyelv (R Core Team 2023) `vegan` csomagjának `vegdist()` függvényét alkalmaztuk (Oksanen et al., 2023).

Az NMDS eredményeként egy kétdimenziós ordinációs diagramot kaptunk, amelyen a mintavételi helyeket pontok, míg a fajokat vektorok jelölik. A fajvektorokat az NMDS térképre az `envfit()` függvény segítségével illesztettük fel. A vektorok iránya és hossza azt jelzi, hogy az adott faj milyen mértékben járul hozzá a mintavételi helyek közötti különbségekhez vagy hasonlóságokhoz. A diagramon a mintavételi helyeket kék színnel jelöltük, míg a fajvektorokat piros színnel és nyilakkal ábráztuk.

Az NMDS ábra segíti az egyes mintavételi helyek és fajok közötti ökológiai különbségek vizualizálását. Az eredmények alapján feltártuk azokat a helyszíneket, amelyek hasonló fajösszetétellel rendelkeznek, valamint azokat a fajokat, amelyek a leginkább befolyásolják a közösségi mintázatokat.

4. Eredmények és értékelés

4.1. Sebes-Körös

4.1.1. Szeghalom

A Sebes-Körös szeghalmi szakasza a körösladányi duzzasztó felvívén, a duzzasztóhoz közelebb található. A szakasról nagyon kevés korábbi adat lelhető fel így azokkal összehasonlítani nem tudtuk a kapott eredményeket. A duzzasztás hatása a halfaunára a 4. táblázatban szemléltetett eredményeinkből is látszik. Az naphal [*Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758)] , ezüstkárász [*Carassius gibelio* (Bloch, 1782)] , tarka géb [*Proterorhinus semilunaris* (Pallas, 1814)] és folyami géb [*Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814)], valamint fekete törpeharcsa [*Ameiurus melas* (Rafinesque, 1820)] megtelepedése is kimutatható volt, így az idegenhonos fajok száma 5 (a 2. táblázatban csillaggal jelölve). A folyami géb kivételével mindegyik idegenhonos faj egyedszáma 10 alatt volt, amely a kifogott 16 faj 1033 egyedének elenyésző részét tette ki.

Jelentősebb változás észlelhető a természetvédelmi oltalom alatt álló fajaink (a 2. táblázatban aláhúzva) egyed- és fajsámának (3) csökkenésében a vésztői szakaszhoz képest. A sujtásos küsz [*Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782)] állománya nem volt kimutatható a szakaszon, a szivárványos ökle [*Rhodeus amarus* (Pallas, 1776)] egyedsűrűsége a vésztői szakaszhoz képest közel kétharmadával kisebb, illetve vágócsíkból [*Cobitis elongatoides* (Băcescu & Maier, 1969)] is kevés egyed mutatkozott. A szigorúan reofil faunaelemek mint a márna [*Barbus barbus* (Linnaeus, 1758)] és a paduc [*Chondrostoma nasus* (Linnaeus, 1758)] nem voltak megtalálhatók a mintavételi szakaszon, feltehetően a duzzasztás következtében lassuló áramlás és magasabb hőmérséklet miatt. A szintén reofil domolykó [*Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758)] is alacsony egyedszámot mutatott. Ehelyett stagnofil és zavarást tűrő fajok nagyobb egyedszámban kerültek elő. Keszegfélék közül fellelhető volt még itt a dévérkeszeg [*Abramis brama* (Linnaeus, 1758)] és karikakeszeg [*Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758)] is. Az elektromos kecsés mintavétel során nagy számban került elő a védett halványfoltú küllő [*Romanogobio vladkovi* (Lukash, 1933)] , amely bentikus faj lévén jobban fogható az említett módszerrel. A legtömegesebben előforduló faj a küsz [*Alburnus alburnus* (Linnaeus, 1758)] volt 739 egyeddel, amelyet a szivárványos ökle követett 58 egyeddel. A nagy mennyiségű táplálékhal ellenére a ragadozó fajok egyedszáma alacsony volt, a balin [*Aspius aspius* (Linnaeus, 1758)] , sügér [*Perca fluviatilis* (Linnaeus, 1758)] és csuka [*Esox lucius* (Linnaeus, 1758)] esetében, egyéb hlevő ragadozót nem sikerült fognunk.

A duzzasztógát antropogén hatásának köszönhetően a kapott természetvédelmi állapotértékelő indexek is ennek tükrében alacsonyabbak. A kapott abszolút és relatív természetvédelmi érték, valamint a HMMFI érték is elmarad a vésztői szakaszétól. Az EQR érték alapján történő kategorizálás során ez a „Mérsékelt” kategóriába helyezi az élőhelyet.

A 275/2004 (X. 8) kormányrendelet 2/A melléklete szerint közösségi jelentőségű állatfajok (NATURA2000 jelölő fajok) közé 3 fogott faj tartozik (*Cobitis elongatoides*, *Rhodeus amarus*, *Romanogobio vladykovi*).

4. táblázat: A Sebes-Körös szeghalmi mintavételi szakaszának fogási eredményei és a belőlük vonatkoztatott természetvédelmi és diverzitási indexek. *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Szeghalom	Szeghalom (kece)
<i>Abramis brama</i>	dévérkeszeg	15	
<i>Alburnus alburnus</i>	küsz	739	
<u><i>Ameiurus melas</i></u>	<u>fekete törpeharcsa</u>	2	1
<i>Aspius aspius</i>	balin	1	
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg	9	
<u><i>Carassius gibelio</i></u>	<u>ezüstkárász</u>	2	
<i>Cobitis elongatoides</i> *	vágócsik*	5	
<i>Esox lucius</i>	csuka	4	
<u><i>Lepomis gibbosus</i></u>	<u>naphal</u>	1	
<u><i>Neogobius fluviatilis</i></u>	<u>folyami géb</u>	3	65
<i>Perca fluviatilis</i>	sügér	3	
<u><i>Proterorhinus semilunaris</i></u>	<u>tarka géb</u>	1	7
<i>Rhodeus amarus</i> *	szivárványos ökle*	58	
<i>Romanogobio vladykovi</i> *	halványfoltú küllő*		51
<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	44	9
<i>Squalius cephalus</i>	domolykó	13	
Összes egyedszám		1033	
Összes fajszám		16	
T _A		15	
T _R		0,938	
HMMFI		34	
EQR		0,444	
EQC		Mérsékelt	
Shannon-diverzitás		1,184	
Simpson-diverzitás		0,475	
Berger-parker diverzitás		0,715	

4.1.2. Vésztő

A vésztői mintavételi helyről (5. táblázat) szintén nem elérhetők korábbi fogási adatok, így összehasonlításra nincs lehetőség. A szakasz a körösladányi duzzasztótól messzebbi, felsőbb szakaszon található, amely közel természetes jelleget mutat. A kapott fogási adatok tükrözik ezt, hiszen összesen csak kettő idegenhonos faj a tarka géb és a folyami géb került elő kis egyedszámban. A védett fajok száma magasabb volt, a balkáni csík [*Sabanejewia balcanica* (Karaman, 1922)] egyetlen egyede, a szivárványos ökle stabil állományra mutató 141 egyede, sujtásos küsz 29 egyede, a halványfoltú küllőnek pedig 22 egyede került elő. Megtalálhatóak voltak itt olyan folyóvízi fajok mint a paduc, a márna és jelentős számban a domolykó. A

legtömegesebb faj itt is a kűsz. A több piscivor faj volt megtalálható, a harcsa [*Silurus glanis* (Linnaeus, 1758)] , a csuka, a balin és a sügér, bár nem túl nagy egyedszámban. Keszegféléink közül itt is a bodorka [*Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)] , a dévérkeszeg és a karikakeszeg volt fellelhető, bár kisebb számban. A ponty [*Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758)] egyetlen egyede került elő a szakasról.

5. táblázat: A Sebes-Körös vésztői mintavételi szakaszának fogási eredményei és a belőlük vonatkoztatott természetvédelmi és diverzitási indexek. *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Vésztő	Vésztő (kece)
<i>Abramis brama</i>	dévérkeszeg	7	1
<i>Alburnoides bipunctatus</i> *	sujtásos kűsz*	29	
<i>Alburnus alburnus</i>	kűsz	708	
<i>Aspius aspius</i>	balin	1	
<i>Barbus barbus</i>	márna	4	1
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg	9	2
<i>Chondrostoma nasus</i>	paduc	6	
<i>Cobitis elongatoides</i> *	vágócsík*	13	
<i>Cyprinus carpio</i>	ponty	2	
<i>Esox lucius</i>	csuka	1	
<i>Neogobius fluviatilis</i>	folyami géb	23	4
<i>Perca fluviatilis</i>	sügér	9	
<i>Proterorhinus semilunaris</i>	tarka géb	1	
<i>Rhodeus amarus</i> *	szivárványos ökle*	141	
<i>Romanogobio vladkovi</i> *	halványfoltú küllő*	15	7
<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	30	
<i>Sabanejewia balcanica</i> *	balkáni csík*		1
<i>Silurus glanis</i>	harcsa	5	
<i>Squalius cephalus</i>	domolykó	97	
Összes egyedszám		1117	
Összes fajsza		19	
T _A		27	
T _R		1,421	
HMMFI		48	
EQR		0,833	
EQC		Kiváló	
Shannon		1,406	
Simpson		0,572	
Berger-Parker diverzitás		0,634	

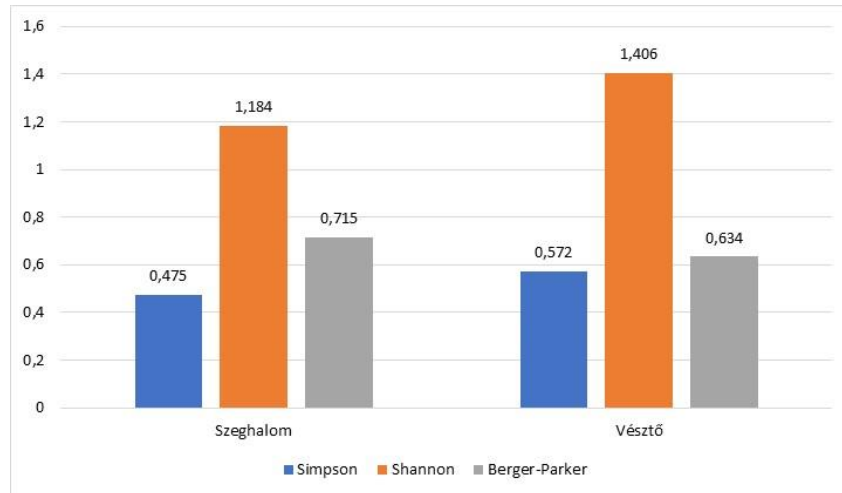
Mindezeket egybevéve elmondható, hogy a szakasz az összes természetvédelmi mutatóban felülmúlja az összehasonlított szeghalmi szakasz értékeit. Az EQR érték alapján „Kiváló” kategóriába sorolható az élőhely az idegenhonos gébfélék jelenléte ellenére is.

A 275/2004 (X. 8) kormányrendelet 2/A melléklete szerint közösségi jelentőségű állatfajok (NATURA2000 jelölő fajok) közé 4 faj tartozik (*Cobitis elongatoides*, *Rhodeus amarus*, *Romanogobio vladkovi*, *Sabanejewia balcanica*).

4.1.3. Diverzitási értékek összehasonlítása

A diverzitási indexek összehasonlítása a Sebes-Körös két mintavételi helye esetén az 1. ábrán van feltüntetve. Az általunk számolt diverzitási indexek közül a ritka fajokra érzékeny Shannon és a gyakori fajokra érzékeny Simpson diverzitás is a vésztői hely esetén a magasabb (1.

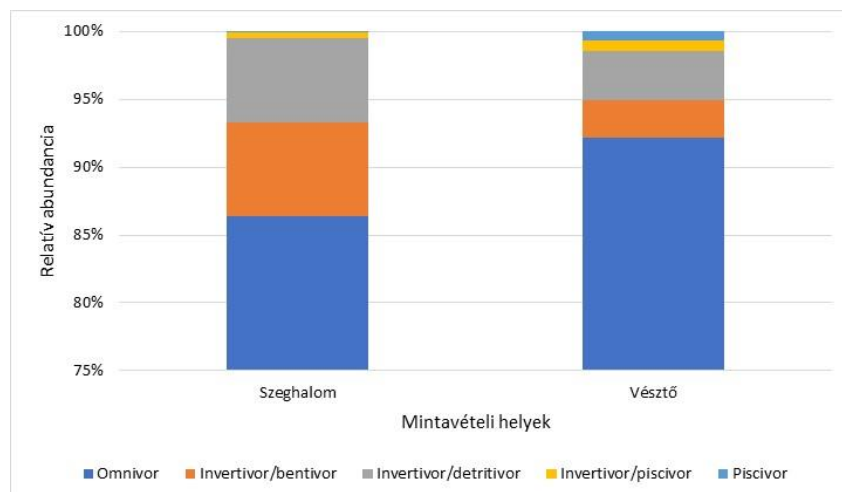
ábra). Ez korrelál további eredményeinkkel, hiszen itt a halközösség természetesebb állapotúnak mondható, több stabilabb, nagyobb számú populáció megfigyelhető, valamint ritka fajok egyedei is nagyobb számban voltak megtalálhatóak itt. A leggyakoribb fajra érzékeny Berger-Parker diverzitás esetén figyelhető meg enyhe csökkenés, hiszen a vésztői helyen a kűsz, a mely mindkét helyen a legtömegesebb faj volt, kisebb relatív abundanciával volt jelen.



1. ábra: A Sebes-Körös mintavételi helyeinek diverzitási értékei.

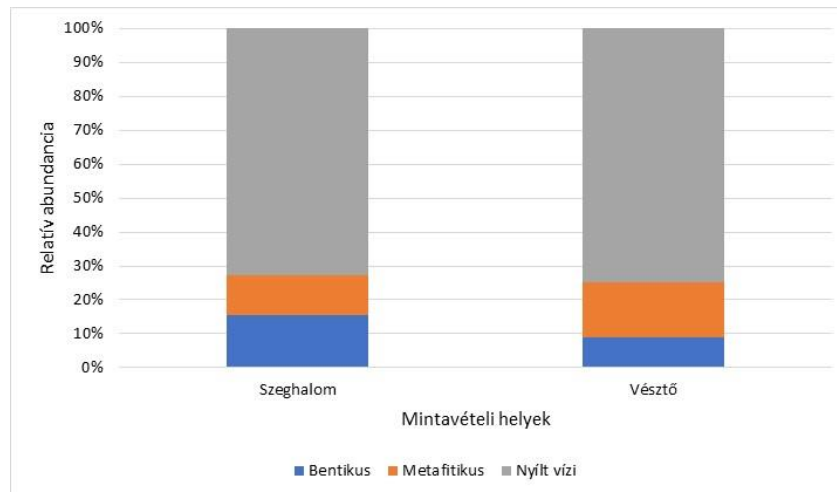
4.1.4. Funkcionális guildek

A Sebes-Körös mintavételi helyein táplálékforrás funkcionális csoport alapján (2. ábra) mindkét mintavételi helyen az omnivor fajok domináltak. Szeghalomnál 86%-ban, Vésztőnél 92%-ban omnivor fajokból állt a halfauna. A szeghalmi részen a maradék 14%-ban invertivor-bentivor és invertivor detritivor fajok voltak a jelentősek, ezen kívül a fajok körülbelül 1%-át kitevő mértékben előfordultak halevő és hal- és gerinctelenfogyasztó fajok.



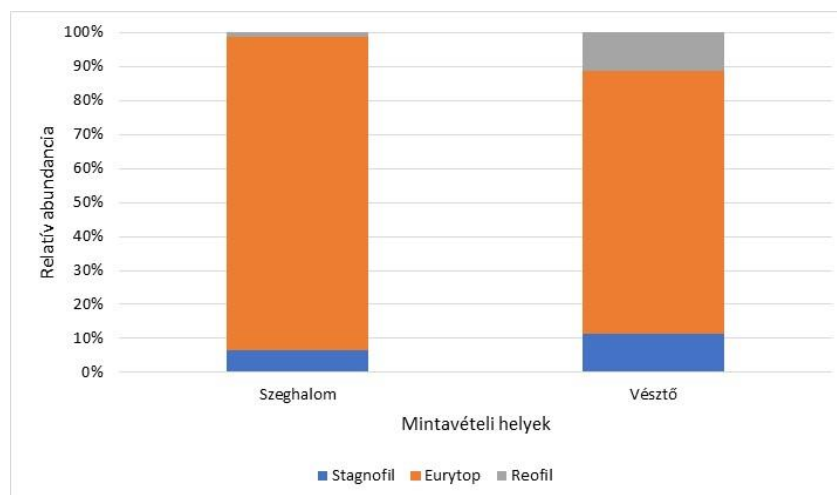
2. ábra: A Sebes-Körös halfaunája táplálkozási csoport funkcionális jellemző tekintetében Szeghalomnál és Vésztőnél.

A táplálékszerzés helye szerinti funkcionális csoportokat a 3. ábra mutatja be. Itt a kapott eredmények mindkét helyen hasonlóak voltak, 70% feletti pelagikus táplálkozású fajjal. A különbség a másik két csoport tekintetében adódott. A szeghalmi mintavételi hely esetén a bentikus táplálkozású fajok voltak megtalálhatók nagyobb részarányban, ez feltételezhetően a duzzasztás miatti tápanyagdúsabb üledéknek köszönhető. A vésztői szakaszon a metafitikus táplálkozású halak relatív abundanciája volt a nagyobb.



3. ábra: A Sebes-Körös halfaunája táplálkozási habitat funkcionális jellemző tekintetében Szeghalomnál és Vésztőnél.

Az áramlásokkedvelés, amelyet a 4. ábra mutat be, az egyik legjelentősebb mutató halfauna tekintetében a vízfolyások esetén.

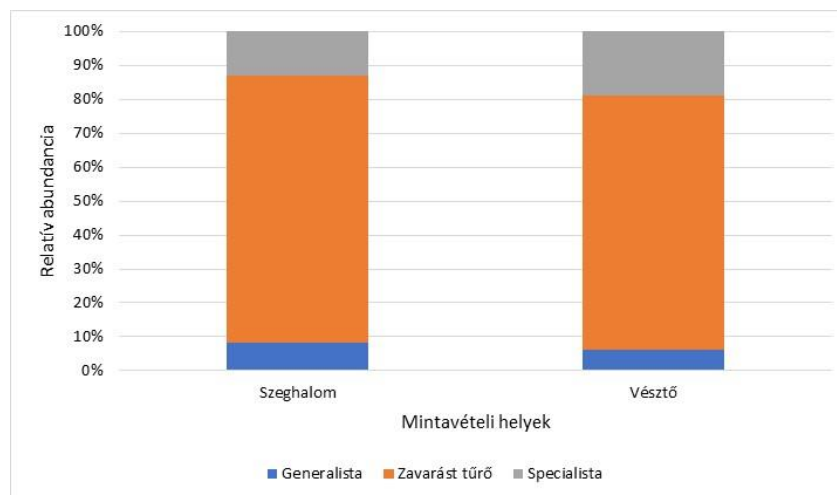


4. ábra: A Sebes-Körös halfaunája áramlásokkedvelés foka funkcionális jellemző tekintetében Szeghalomnál és Vésztőnél.

A duzzasztott szeghalmi szakaszon az eurytop fajok szinte teljesen uralják a halfaunát, kevés, nagyjából 5% stagnofil fajjal (kizárólag szivárványos ökle). Reofil faunaelemekből egyetlen példányt sikerült fogni. A Vésztő környékén található szakasz természetesebb halfaunával bír,

amelyben még mindig az eurytop fajok dominálnak, de megtalálható nagyjából 11% reofil faunaelem is. Emellett a lassan áramló szélvizekben a szívárványos ökle állománya is nagyobb volt, így a stagnofil fajokat nagyobb arányban képviselte ez a faj.

Az 5. ábra mutatja be az élőhely specializáció guildjeit, amelyek a különböző faunaelemek élőhelyükkel szemben támasztott követelményei alapján kerülnek csoportosításra. A szeghalmi mintavételi hely nagyobb relatív abundanciát mutat zavarást tűrő fajok tekintetében, de túnyomórészt itt is zavarástűrő fajok alkották a halfauna nagy részét. Ehhez képest a Vésztőnél vett minta nagyobb arányban tartalmaz specialista, környezetükre érzékeny fajokat. A generalisták részaránya Szeghalom esetében volt nagyobb, bár elenyésző mértékben.

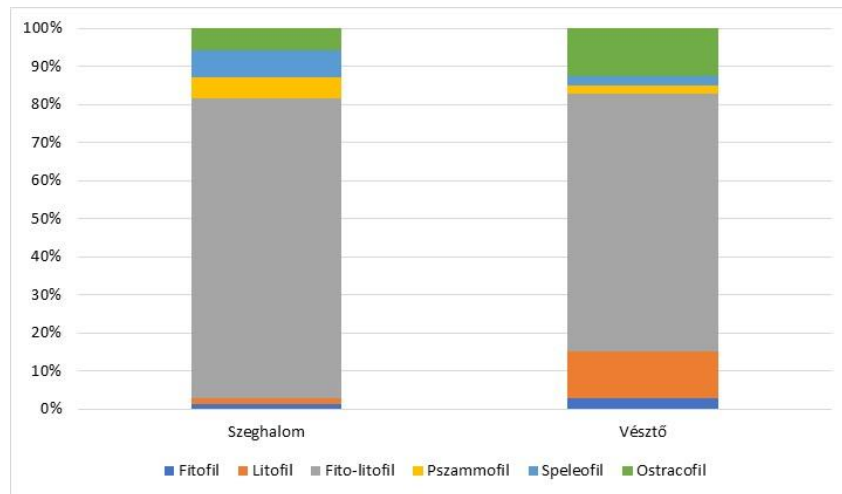


5. ábra: A Sebes-Körös halfaunája élőhely specializáció funkcionális jellemző tekintetében Szeghalomnál és Vésztőnél

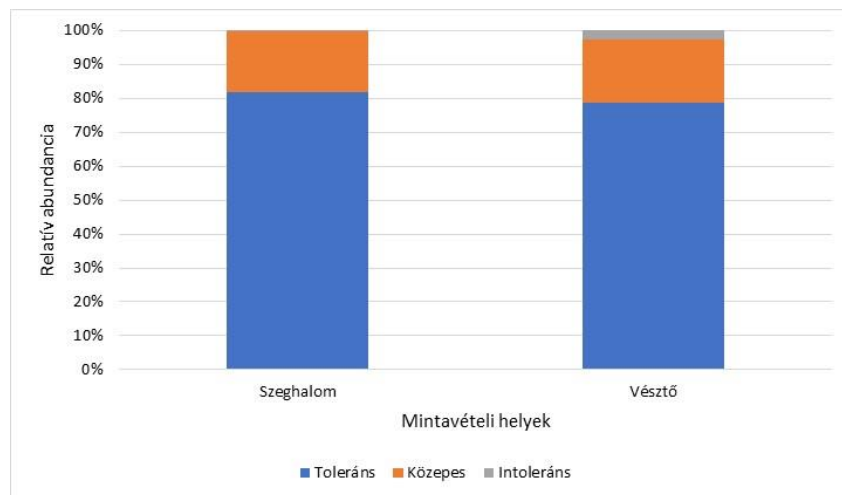
A szaporodási habitat funkcionális jellemző, amely a 6. ábráról olvasható le, számos információt tartalmaz, amely alapján következtethetünk egy élőhelyen lévő mikrohabitatok összetételére. Minkét helyen túlnyomó többségben voltak jelen a fito-litofil fajok, amelyek ívási szubsztrát szempontjából kevésbé válogatnak, mind növényzet, mind pedig kövek közé ívnak. A vésztői szakaszon szembetűnőbb a litofil fajok számának növekedése, amely kavicsosabb-kövesebb aljzatösszetételre utal. Ezen kívül több ostracofil szívárványos ökle itt volt jelen, ebből következtethetünk arra, hogy a nagytestű kagylófajok ideálisabb életteret találnak maguknak ezen a szakaszon. A fitofil fajok számának csökkenése a vésztői szakaszon a nagyobb sodrás miatti csökkent makroszkópikus vegetációnak a következménye.

A tolerancia funkcionális guild (7. ábra) a különféle emberi eredetű, nem ideális környezeti feltételekkel szembeni ellenállóképességet mutatja. Mindkét helyen a toleráns, zavarást tűrő fajok voltak dominánsak. Szeghalom esetében kissé alacsonyabb volt a közepesen toleráns fajok száma, ezzel szemben Vésztőnél kis számban intoleráns, érzékeny fajok is jelen

voltak a halfaunában és a közepesen toleránsak részaránya is növekedést mutatott, amely továbbra is erősíti az eredményeinkben tapasztalt egyéb tendenciákat.

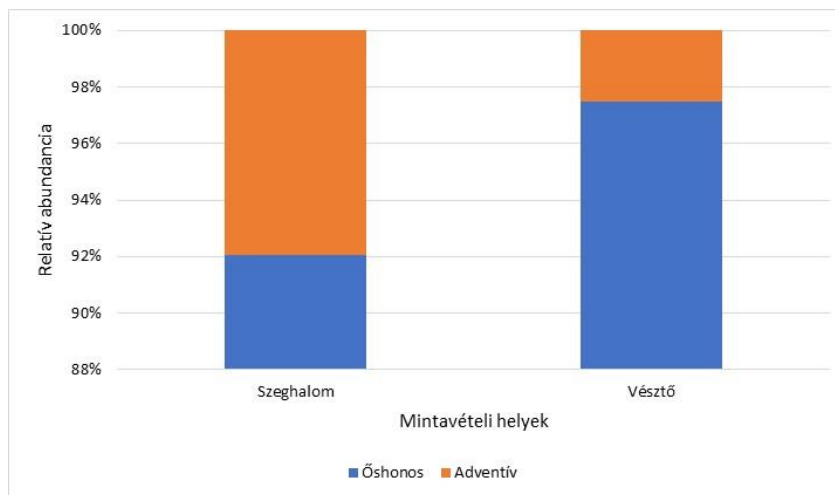


6. ábra: A Sebes-Körös halifaunája szaporodási funkcionális jellemző tekintetében Szeghalomnál és Vésztőnél.



7. ábra: A Sebes-Körös halifaunája tolerancia funkcionális jellemző tekintetében Szeghalomnál és Vésztőnél.

Az adventív és őshonos fajok arányának különbsége szembevető (8. ábra). Vésztőnél a természetközeli jellegű szakaszon alig 2%, ezzel szemben Szeghalomnál majdnem 8%-ban voltak jelen idegenhonos fajok. A vésztői szakaszon ezek pontokaszpius gébfélékből tevődnek ki, ezek terjedésének természetes vagy ember által facilitált mivoltja máig vitatott. Eredményeinkből jól látható, hogy a keresztzárások felvize jó megtelepedési pontot kínál az idegenhonos fajoknak az őshonos halifaunában bekövetkező változások mellett.



8. ábra: A Sebes-Körös halfaunája eredet funkcionális jellemző tekintetében Szeghalomnál és Vésztőnél.

4.2. Holt-Sebes-Körös

4.2.1. Komádi

A Komádiban található Holt-Sebes-Körös szakasz gyorsabb folyású, a vízmélység a mintavétel indópontjában helyenként nem volt gázolható. A mintavételi helyről nem elérhetőek korábbi adatok, így azokkal való összehasonlításra nincs lehetőség, a 6. táblázatban csak a recens adatok kerültek listázásra.

6. táblázat: A Holt-Sebes-Körös komádi mintavételi szakaszának fogási eredményei és a belőlük vonatkoztatott természetvédelmi és diverzitási indexek. *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Komádi
<i>Alburnus alburnus</i>	küsz	26
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg	7
<i>Carassius gibelio</i>	ezüstkárász	24
<i>Misgurnus fossilis</i> *	réticsík*	2
<i>Perccottus glenii</i>	amurgéb	9
<i>Pseudorasbora parva</i>	kínai razbóra	22
<i>Rhodeus amarus</i> *	szivárványos ökle*	345
<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	21
Összes egyedszám		456
Összes fajszám		8
T _A		8
T _R		1
HMMFI		26
EQR		0,222
EQC		Gyenge
Shannon-diverzitás		0,983
Simpson-diverzitás		0,417
Berger-Parker-diverzitás		0,756

A szakasz mintázása során a legtömegesebb faj a védett szivárványos ökle volt 345 egyeddel, ez egyben a legmagasabb faji egyedszám a vízfolyás összes faja és mintavételi helye esetén is. Szintén jelentős volt a küsz és a bodorka állománya is. A csakugyan védett réticsíknak [*Misgurnus fossilis* (Linnaeus, 1758)] két egyede került elő a helyről és az egész vízfolyásról is.

Ez a faj különösen érzékeny az emberi szennyezésekre, állományainak a Holt-Sebes-Körös esetén ez a fő veszélyeztető tényezője. Sajnálatos módon idegenhonos fajoknak is jelentősebb populációit mutattuk ki a szakaszról a védett fajok mellett, ezek az amurgéb [*Perccottus glenii* (Dybowski 1877)], a razbóra [*Pseudorasbora parva* (Temminck & Schlegel, 1842)] és az ezüstkárász. Az utóbbi fajok nagy számú jelenléte rontja az élőhely minőségét, ezért természetvédelmi értékeszámai nem túl jók, a kategorizálás során csak „Gyenge” minősítést ért el. A szakaszon fogott NATURA2000 jelölőfajok a rétcsík és a szivárványos ökle.

4.2.2. Zsádány

Erről a mintavételi helyről sem elérhetőek történeti adatok amelyekkel össze lehetne hasonlítani jelenlegi eredményeinket. Zsádányban végzett mintavételünk során kevés fajnak meglehetősen kevés egyede került elő (7. táblázat). Ezek közül messze kimagaslóan a legtöbb a szivárványos ökle 102 egyedszámmal. Második az inváziós kínai razbóra. Mind az idegenhonos ezüstkárásznak, az őshonos karikakeszegnek 4-4 egyede került elő. A domolykó, a bodorka és a küsz egyedei voltak még jelen a területen. Ezzel elmondható, hogy szinte kizárólag pontyfélékből állt a mintázott szakasz faunája. A szakaszon fogott halak közül több fajnál megfigyelhető volt gerincdeformitás, ezt több befolyásoló tényező okozhatja, például olajszenyezés (Jawad & Ibrahim 2018) vagy nehézfém-szenyezés (Chandra et al. 2024). A kis fajgazdagság, az idegenhonos fajok jelenléte és az egyetlen védett faunaelem miatt csak „Rossz” állapotjelző kategóriába sorolható a Holt-Sebes-Körös ezen szakasza. NATURA2000 jelölőfajok közül csak a szivárványos ökle került elő.

7. táblázat: A Holt-Sebes-Körös zsádányi mintavételi szakaszának fogási eredményei és a belőlük vonatkoztatott természetvédelmi és diverzitási indexek. *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Zsádány
<i>Alburnus alburnus</i>	küsz	8
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg	4
<i>Carassius gibelio</i>	<u>ezüstkárász</u>	4
<i>Pseudorasbora parva</i>	<u>kínai razbóra</u>	11
<i>Rhodeus amarus</i> *	szivárványos ökle*	102
<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	9
<i>Squalius cephalus</i>	domolykó	1
Összes egyedszám		139
Összes fajsza		7
T _A		6
T _R		0,857
HMMFI		25
EQR		0,194
EQC		Rossz
Shannon-diverzitás		1,009
Simpson-diverzitás		0,446
Berger-Parker-Diverzitás		0,734

4.2.3. Okány

A Holt-Sebes-Körös Okánynál kijelölt mintavételi szakaszán történt mintavétel során összesen 14 fajt sikerült fogni, amelyeket a 8. táblázatban foglaltunk össze. Ezek közül öt idegenhonos volt (fekete törpeharcsa, kínai razbóra, ezüstkárász, naphal, amurgéb), az egyetlen védett faj a szivárványos ökle, amely egyben a legtömegesebb faj is volt a mintavétel helyszínén. Ragadozó fajok közül a csuka két egyede, valamint az egyetlen süllő [*Sander lucioperca* (Linnaeus, 1758)] a teljes vízfolyás bármely mintavételi helyéről. Előkerült még két kisebb testű ponty is, amelyek szintén összességében ritkának bizonyultak a vízterületen a horgászati célú hasznosítás ellenére. Az itt jelenlévő egyéb őshonos pontyfélék a küsz, a vörösszárnú keszeg [*Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758)], a dévérkeszeg, a karikakeszeg és a bodorka voltak. A mintavételi hely kijelölt szakasza magába foglalta az okányi szennyvíztelep kifolyóját, amelyből a mintavétel idején is tisztított szennyvíz folyt. A tisztított szennyvizek szervesanyag tartalma igen magas, így nagy terhelést tud helyezni egy adott vízfolyásra, főleg olyan kis vízhozam esetén, mint ami a Holt-Sebes-Körösnél megfigyelhető. A mintavételi hely túlnyomó része a szennyvízbefolyó feletti szakaszra esett. Az alá eső szakaszokon a minta egyedeinek elenyésző részét sikerült fogni. A nagy számú idegenhonos és inváziós hal is betudható ennek az antropogén eredetű zavarásnak. Mindezzel együtt az okányi szakasz sem kaphatott a „Gyenge” kategóriánál jobb besorolást a HMMFI keretrendszerében. A szakaszon szintén csak a szivárványos ökle fordult elő a NATURA2000 jelölőfajok közül.

8. táblázat: A Holt-Sebes-Körös okányi mintavételi szakaszának fogási eredményei és a belőlük vonatkoztatott természetvédelmi és diverzitási indexek. *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Okány
<i>Abramis brama</i>	dévrkeszeg	3
<i>Alburnus alburnus</i>	küsz	18
<i>Ameiurus melas</i>	fekete törpeharcsa	8
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg	1
<i>Carassius gibelio</i>	ezüstkárász	130
<i>Cyprinus carpio</i>	ponty	2
<i>Esox lucius</i>	csuka	2
<i>Lepomis gibbosus</i>	naphal	9
<i>Perccottus glenii</i>	amurgéb	38
<i>Pseudorasbora parva</i>	kínai razbóra	106
<i>Rhodeus amarus</i> *	szivárványos ökle*	261
<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	12
<i>Sander lucioperca</i>	süllő	1
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	vörösszárnú keszeg	8
Összes egyedszám		599
Összes fajsza		14
T _A		12
T _R		0,857
HMMFI		30
EQR		0,333
EQC		Gyenge
Shannon		1,623
Simpson		0,726
Berger-Parker-diverzitás		0,436

4.2.4. Vésztő I.

Vésztő vonzáskörzetébe két mintavételi helyünk is beleesett. Ebből az első szakasz Vésztőtől keletre helyezkedik el, itt még csak részben borította a felszínt úszó növényzet, amely helyenként nagyon sűrű volt. Összesen 9 faj 42 egyedet fogtuk, ez az eddigi legalacsonyabb összegyedszám (9. táblázat). A 9 fajból két adventív eredetű volt jelen, a naphal és az amurgéb. A vágócsík volt az egyetlen védett faunaelem, amely egyben NATURA2000 jelölőfaj is. Jelen voltak még a vízfolyás általánosan elterjedt pontyféléi, a kűsz, a dévérkeszeg, a bodorka és a vörösszárnú keszeg is. Egyetlen ragadozó faj a csuka volt, melynek két egyede került elő. A ponty egyetlen egyedét találtuk a szakaszon. Összességében az itt található fajszerkezet sem volt kiemelkedő a többi közül, bár a védett fajok aránya meglehetősen alacsony, de az előző szakaszon felmért nagy mennyiségű adventív faunaelem sem volt megtalálható. Ezzel a EQC értékelése „Gyenge”. Az egyetlen NATURA2000 jelölőfaj a szakaszon a vágócsík volt.

9. táblázat: A Holt-Sebes-Körös első vésztői mintavételi szakaszának fogási eredményei és a belőlük vonatkoztatott természetvédelmi és diverzitási indexek. *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Vésztő I.
<i>Abramis brama</i>	dévérkeszeg	4
<i>Alburnus alburnus</i>	kűsz	7
<i>Cobitis elongatoides</i> *	vágócsík*	3
<i>Cyprinus carpio</i>	ponty	1
<i>Esox lucius</i>	csuka	2
<i>Lepomis gibbosus</i>	naphal	8
<i>Perccottus glenii</i>	amurgéb	6
<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	5
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	vörösszárnú keszeg	6
Összes egyedszám		42
Összes fajsza		9
T _A		10
T _R		1,111
HMMFI		30
EQR		0,333
EQC		Gyenge
Shannon-diverzitás		2,07
Simpson-diverzitás		0,864
Berger-Parker-diverzitás		0,191

4.2.5. Vésztő II.

A második vésztői mintavételi hely a mágori Holt-Sebes-Körös szakaszon lett kijelölve. A terepi felmérések során teljes úszó növényzet általi borítást tapasztaltunk (főleg *Salvinia natans* és *Lemna minor*), így az eredeti helyet mintavételre alkalmatlannak nyilvánítottuk. Az új mintavételi hely az eredeti helytől néhány kilométerrel feljebbi szakaszon lett kijelölve, amely még mindig Vésztő vonzáskörzetébe tartozik, és közvetlenül az alsó szakaszt teljesen beborító úszónövény-szőnyeg előtt található.

Összehasonlítás korábbi fogási adatokkal és értékelés

A mágori Holt-Sebes-Körös szakaszról korábbi mintavételi adat elérhető, és mivel a módosított mintavételi hely jellege megegyezik az eredeti szakaszéval, így a kettő összehasonlítható, az összehasonlítás a 10. táblázatban tekinthető meg.

10. táblázat: A Holt-Sebes-Körös második vésztői mintavételi szakaszának fogási eredményei és a belőlük vonatkoztatott természetvédelmi és diverzitási indexek. *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Vésztő II. (2023)	Györe & Sallai 1998
<i>Abramis brama</i>	dévérkeszeg	1	2
<i>Alburnus alburnus</i>	küsz		20
<i>Ameiurus nebulosus</i>	törpeharcsa		3
<i>Ameiurus melas</i>	fekete törpeharcsa	2	6
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg		2
<i>Carassius carassius</i>	széles kárász		1
<i>Carassius gibelio</i>	ezüstkárász	13	233
<i>Cobitis elongatoides</i> *	vágócsík*		12
<i>Esox lucius</i>	csuka		4
<i>Lepomis gibbosus</i>	naphal		2
<i>Perca fluviatilis</i>	sügér		1
<i>Perccottus glenii</i>	amurgéb	3	
<i>Pseudorasbora parva</i>	kínai razbóra		26
<i>Rhodeus amarus</i> *	szivárványos ökle*		30
<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	2	48
<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	vörösszárnyú keszeg	1	90
Összes egyedszám		22	484
Összes fajszám		6	16
T _A		4	18
T _R		0,667	1,125
HMMFI		19	30
EQR		0,027	0,333
EQC		Rossz	Gyenge
Shannon-diverzitás		1,3	2,46
Simpson-diverzitás		0,612	0,28
Berger-Parker-diverzitás		0,591	0,485

A korábbi fogási adatok (Györe & Sallai 1998) sokkal nagyobb fajszámot és halsűrűséget tükröznek, mint az általunk végzett kutatás során nyert adatok. A fajszám 1998-ban 16 volt, 2023-as felmérésünk során csak 6 fajt sikerült kimutatni a szakaszon, amelyből az amurgéb, a fekete törpeharcsa és az ezüstkárász idegenhonosak. A további három őshonos faj a dévérkeszeg, a bodorka és a vörösszárnyú keszeg, amelyek egyedszáma rendkívül alacsony volt. A korábbi felmérés során olyan védett fajok is előkerültek, mint a széles kárász [*Carassius carassius* (Linnaeus, 1758)], a vágócsík és a szivárványos ökle, amelyek a 2023-as mintavétel során csak a felsőbb szakaszokon voltak jellemzőek. 1998-ban további őshonos fajok kerültek elő, mint a küsz, karikakeszeg, csuka, sügér, bodorka és vörösszárnyú keszeg. Az adventív fajok közül az ezüstkárász és a fekete törpeharcsa állományát mindkét mintavétel során sikerült kimutatni, a régebbi mintavételben még jelen volt a hazai vizekből mára már nagyrészt kiszorult törpeharcsa. A kínai razbóra jelenlétét szintén csak a régebbi mintavételben mutatták ki.

A markáns csökkenést a halbőségben leginkább az okányi szennyvíztelep 2021-es átadására lehet visszavezetni, az alá eső szakaszokon jellemző volt a kevés fogott hal és az egyedszámarányosan sok idegenhonos faunaelem. Az 1998-as mintavétel „Gyenge” kategóriájához képest romlás tapasztalható, így már csak „Rossz” kategóriába sorolható a második vésztői szakasz.

4.2.6. Szeghalom

A Szeghalom vonzáskörzetében található Holt-Sebes-Körös mintavételi pont (11. táblázat) a vízfolyás legalsóbb szakaszán van kijelölve.

11. táblázat: A Holt-Sebes-Körös szeghalmi mintavételi szakaszának fogási eredményei és a belőlük vonatkoztatott természetvédelmi és diverzitási indexek. *: védett fajok; Aláhúzás: adventív fajok

Tudományos név	Magyar név	Szeghalom (2023)	Györe & Sallai 1998
<i>Abramis brama</i>	dévékeszeg	1	
<i>Alburnus alburnus</i>	küsz	24	
<i>Ameiurus melas</i>	fekete törpeharcsa	1	
<i>Blicca bjoerkna</i>	karikakeszeg	2	
<i>Carassius carassius</i>	széles kárász		2
<i>Carassius gibelio</i>	ezüstkárász	2	1
<i>Cobitis elongatoides</i> *	vágócsík*	1	
<i>Esox lucius</i>	csuka	1	
<i>Gymnocephalus cernua</i>	vágó durbincs	1	
<i>Lepomis gibbosus</i>	naphal	4	
<i>Misgurnus fossilis</i> *	réticsík*		3
<i>Perccottus glenii</i>	amurgéb	6	
<i>Proterorhinus semilunaris</i>	tarka géb	5	
<i>Rutilus rutilus</i>	bodorka	3	
<i>Silurus glanis</i>	harcsa	1	
Összes egyedszám		52	6
Összes fajszám		13	3
T _A		12	8
T _R		0,923	2,667
HMMFI		31	26
EQR		0,361	0,222
EQC		Gyenge	Gyenge
Shannon-diverzitás		1,9	1,46
Simpson-diverzitás		0,75	0,26
Berger-Parker-diverzitás		0,462	0,5

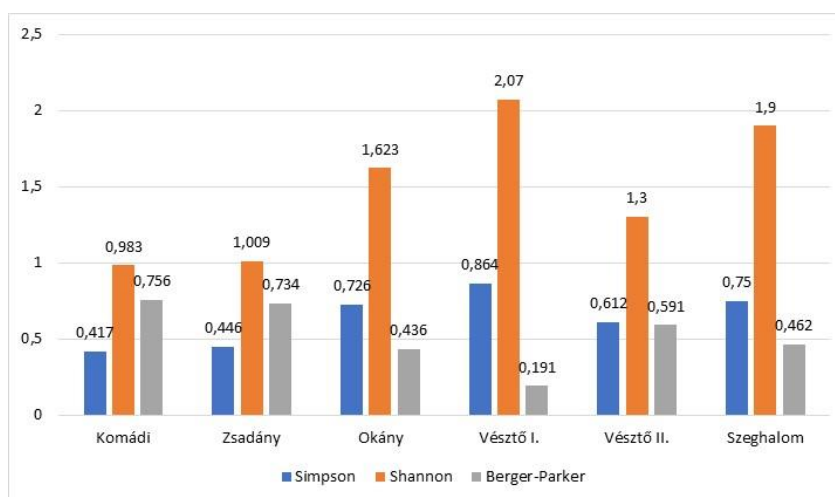
A kijelölt hely a felmérésünk időpontjában halászhatatlannak bizonyult a rucaöröm (*Salvinia natans*) általi erős, szinte 100%-os növényborítottság miatt. A halászat helyének módosítása csak egyetlen helyen volt kivitelezhető, a Holt-Sebes-Körös kifolyó műtárgya után, a hullámtéri torkolat jobb és bal partját halásztuk végig, ennek tükrében a Holt-Sebes-Körös és a Sebes-Körös halfaunája erősen keveredhetett. A mintavételi hely módosítása miatt a korábbi elérhető adatokkal nem lehet összehasonlítani az általunk nyert adatokat. A Györe és Sallai által végzett 1998-as felmérésben a halfauna összesen három faj hat egyedéből áll, három réticsíkból,

két széles kárászból és egy ezüstkárászból. Ebből jól kivehető az eredeti mintavételi szakasz lassan folyó, szinte állóvíz jellege.

Az általunk nyert adatok szélesebb fajgazdagságot mutatnak néhány olyan fajjal ami egyébként nem fordulna elő a mőtárgy feletti szakaszon a holtmederben, ilyen a megritkult és védendő vágó durbincs [*Gymnocephalus cernua* (Linnaeus, 1758)] és a harcsa. Legnagyobb számban a kűsz képviseltette magát. Idegenhonos fajokból a fekete törpeharcsa, az ezüstkárász, a naphal, a tarka géb és az amurgéb volt jelen. Keszegfélék közül a bodorka, karikakeszeg és a dévérkeszeg egyedeit találtuk meg. Egyetlen védett, NATURA2000 jelölőfaj a vágócsík volt. Alapvetően a mintavételi hely nem túl kiemelkedő, sok idegenhonos és inváziós fajjal, így alacsony természetvédelmi értékelést és „Gyenge” besorolást kapott.

4.2.7. Diverzitási értékek összehasonlítása

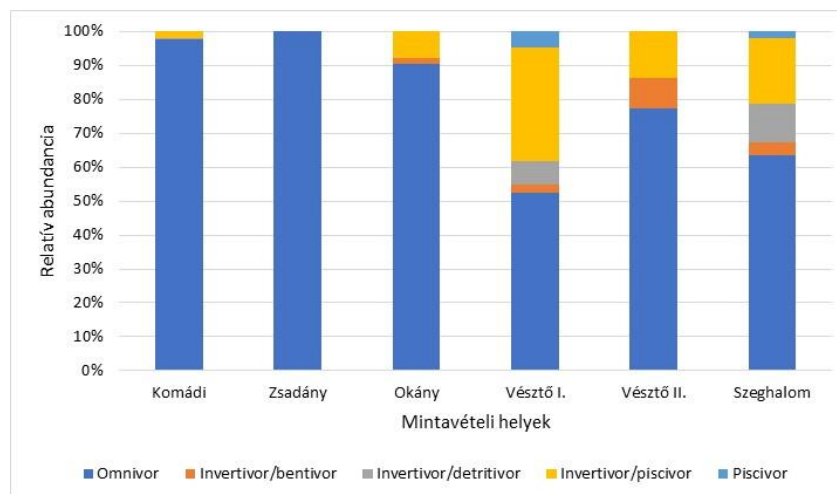
A Holt-Sebes-Körös esetén számított diverzitási értékeket a 9. ábra tartalmazza. Ezen kifejezett trendek nem olvashatók le. A Simpson és Shannon diverzitás értékei a jobb állapotúnak mondható szakaszon a legalacsonyabbak, a Berger-Parker diverzitás viszont itt a legmagasabb, hiszen a szivárványos ökle dominanciája kiemelkedően jelentős volt. Az alsóbb szakaszok közül több helyen megfigyelhető kiugrás a Shannon diverzitás értékében. Ez nem a ritka fajok jelenlétével, hanem ritkának nem mondható fajok alacsony egyedszámával magyarázható, amelyet pszeudodiverzitásnak is nevezünk. Ezt alátámasztja az ezeken a helyeken megfigyelhető alacsony Berger-Parker érték is, amely a legtömegesebb faj esetén is alacsony egyedszámot jelez. A Simpson-diverzitás értékei sehol nem mutatnak kiemelkedően magas értéket, egyik helyen sem voltak jelentős számban gyakori, nagy egyedszámmal bíró fajok.



9. ábra: A Holt-Sebes-Körös mintavételi helyeinek diverzitás értékei.

4.2.8. Funkcionális guildek

A Holt-Sebes-Körös hat mintavételi helyen felmért halfaunájának táplálkozási csoport szerinti felosztását az 10. ábra részletezi. Az omnivor fajok minden mintavételi helyen többségben voltak, ez egy alföldi csatornásított holtmedernél, mint a Holt-Sebes-Körös általános jelenség, viszont túlzott arányuk veszélyeztetheti az élőlényközösség stabilitását (Halasi-Kovács 2019). Komádinál kis százalékban invertivor-piscivor fajok fordultak elő mellettük, Zsadánynál, kizárólag omnivor fajok fordultak elő, Okányon invertivor piscivor, valamint elenyésző mértékben invertivor-bentivor fajok fordultak elő. Az okányi szennyvíztelep utáni első szakasz Vésztőnél nagyobb abundanciával fordultak elő gerincteleneket is fogyasztó fajok, ez a relatív halszegénységnek köszönhető, hiszen kevés hal esetén a makrogerinctelen közösség nagyobb számban lehet jelen, a jelenlévő táplálékhoz a halfauna adaptálódik. A további két mintavételi helyen is megfigyelhető volt a gerinctelen és halfogyasztók aránya, bár kisebb mértékben, mint az első vésztői szakaszon. A második vésztői szakasz faunájának nagyjából egytized részét tették ki invertivor-bentivor fajok.

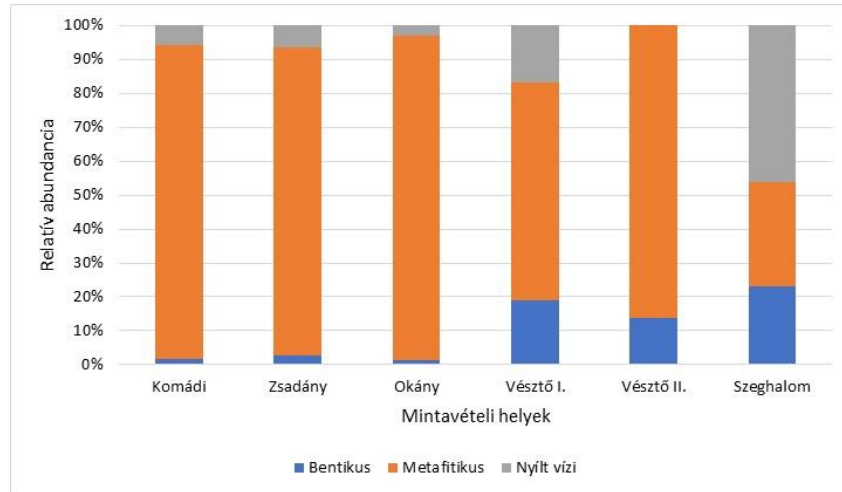


10. ábra: A Holt-Sebes-Körös halfaunája táplálkozási csoport funkcionális jellemző tekintetében mintavételi helyenként felosztva.

A táplálkozási habitat szerinti csoportosítás, amely a 11. ábrán látható az első három mintavételi helyen 90% feletti metafitikus dominancia figyelhető meg, ez alföldi csatornásított élőhelyek esetén megszokott az erős növényborítottság miatt.

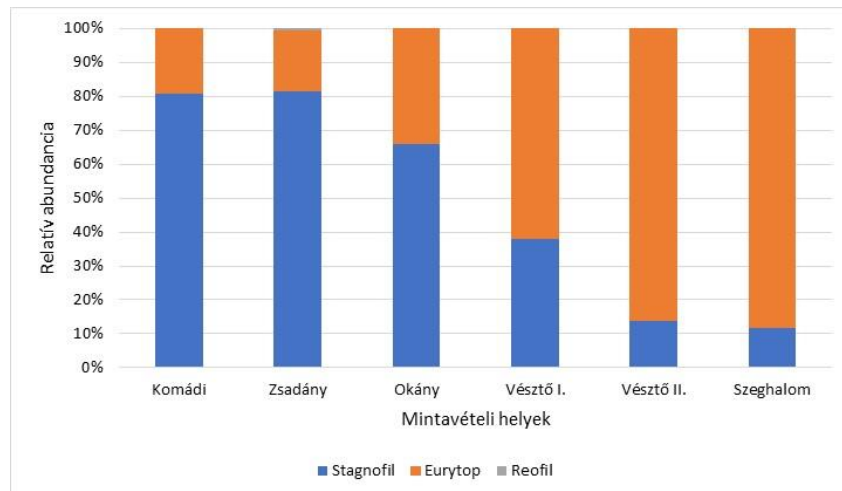
Mindhárom helyen találhatók emellett elenyésző mértékben nyílt vízben vagy a vízfenéken táplálkozó fajok is. A vésztői első mintavételi helyen nagyobb arányban jelennek meg a pelagikus és bentikus fajok, a gyér halfauna nagyobb százalékát teszik ki. A második vésztői mintavételnél nem fogtunk pelagikus fajt, csak a bentikusakra volt példa a nagy arányú metafitikus dominancia mellett, erre valószínűleg az úszó növényzet általi borítottság lehet az ok, hiszen nyílt víz az alsóbb szakaszokon egyre kevésbé volt fellelhető. A szeghalmi mintavétel

esetén megfigyelhető kiegyenlítettebb halfauna a Sebes-Körössel való kapcsolatnak köszönhető, amely a csatorna szerű jelleget megtöri.



11. ábra: A Holt-Sebes-Körös halfaunája táplálkozási habitat funkcionális jellemző tekintetében mintavételi helyenként felosztva.

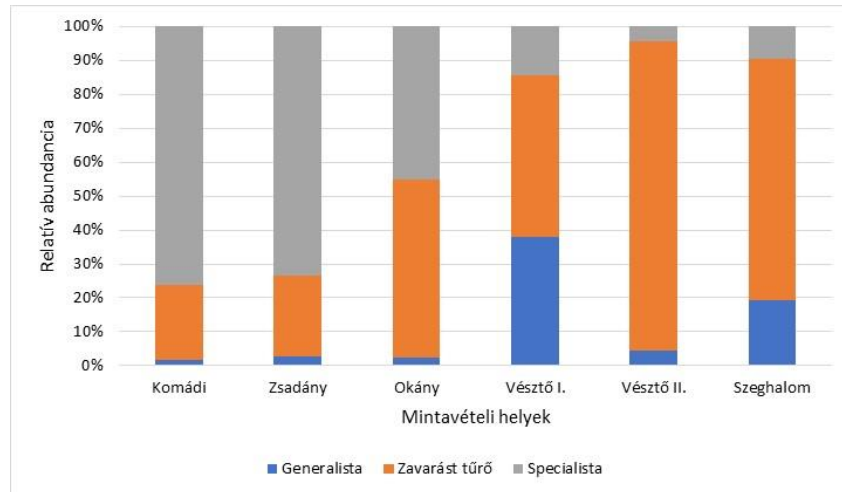
Az áramlásokedvelés fokának változásai a 12. ábrán követhetők. Az első három hely esetében megfigyelhető folyamatosan csökkenő stagnofil dominancia a szivárványos ökle fokozatos csökkenésével magyarázható az alsó szakaszok felé haladva. Ezzel szemben az eurytop fajok részaránya folyamatosan nő a vízfolyáson lefelé haladva, mivel a stagnofilok jelentős részét kitevő szivárványos ökle ott már nem találta meg életfeltételeit. Feltételezéseink szerint nem ez a funkcionális jellemző volt meghatározó a szivárványos ökle populációinak alakulásában, hiszen stagnofil preferenciája ellenére a gyorsabban folyó szakaszokon volt jelen.



12. ábra: A Holt-Sebes-Körös halfaunája áramlásokedvelés foka funkcionális jellemző tekintetében mintavételi helyenként felosztva.

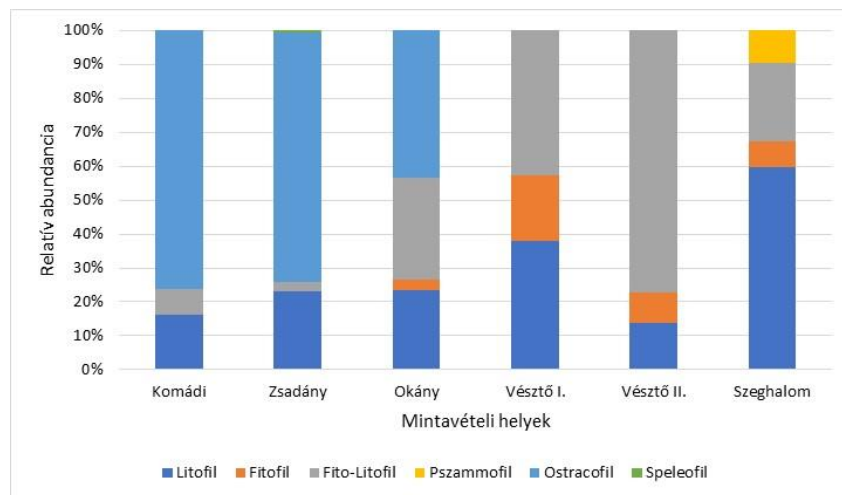
Hasonló trend figyelhető meg a 13. ábrán, amely az élőhely specializáció alapján csoportosítja a fogott halakat. A diagram első három oszlopa esetén, ahol a specialista fajok nagy részét szintén a szivárványos ökle teszi ki, az áramlásokedveléshez hasonló trend rajzolódik ki. A zavarást tűrő fajok aránya a természetesebb felső szakaszoktól lefelé haladva egyre nő, csak a

szeghalmi mintavételi helyen csökken kis mértékben a második vésztőihez képest, feltehetően a Sebes-Körös halfaunájának hatása miatt. Generalista fajok minden mintavételi helyen előfordulnak, magasabb arányuk az első vésztői és a szeghalmi mintákban volt megfigyelhető.



13. ábra: A Holt-Sebes-Körös halfaunája élőhely specializáció funkcionális jellemző tekintetében mintavételi helyenként felosztva.

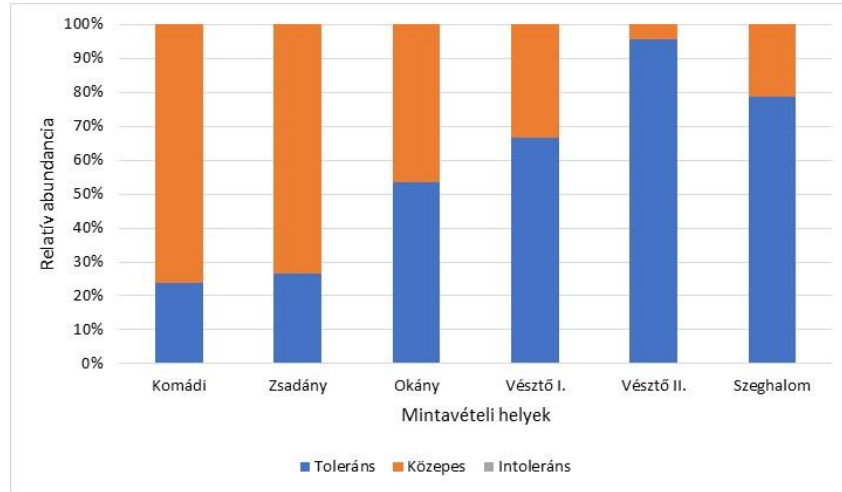
A szaporodási csoportok eloszlásának alakulása a Holt-Sebes-Körös különböző szakaszai esetén a 14. ábrán látható.



14. ábra: A Holt-Sebes-Körös halfaunája szaporodás funkcionális jellemző tekintetében mintavételi helyenként felosztva.

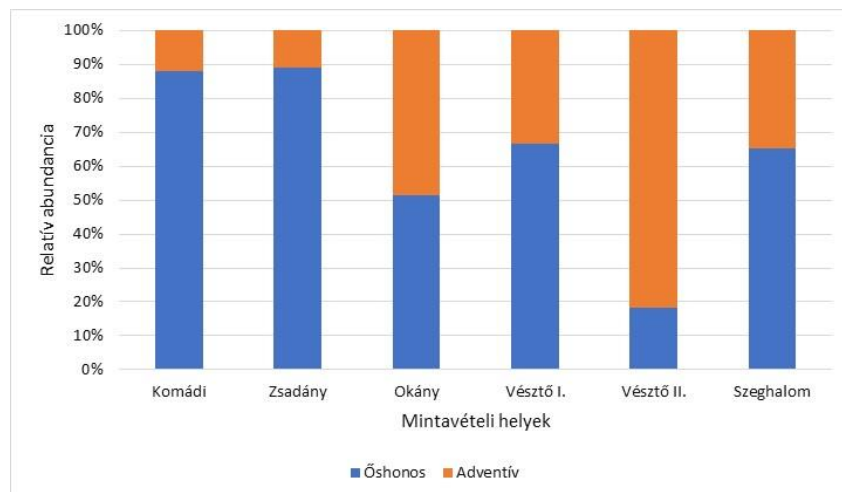
Az első 3 helyen fokozatos csökkenő tendenciát mutat az ostracofil szivárványos ökle populációja, amelyet fito-litoofil dominancia követ. Szintén megjelennek még a liofil és fitofil fajok is az alsóbb szakaszokon. A folyóvízi környezet következtében a Sebes-Köröshöz kapcsolódó szeghalmi szakasz esetén litoofil dominancia tapasztalható. A szivárványos ökle eltűnését az alsóbb szakaszokon leginkább ez a funkcionális jellemző határozza meg, hiszen a szaporodásához szükséges kagylófajok kevésbé találják meg életfeltételeiket a szennyezettebb, makrovegetációval jobban borított szakaszon.

A tolerancia funkcionális jellemző (15. ábra) összetétele jól példázza a vízfolyást érő hatásokat, hiszen ez a halfajok minden természetes vagy mesterséges eredetű zavarással szembeni ellenállóképességét mutatja meg. A Holt-Sebes-Körösön lefelé haladva csökken a közepes toleranciájú fajok száma és helyüket átveszik a toleránsabb faunaelemek. Ebből arra következtethetünk, hogy több stresszor éri az alsóbb szakaszokat, akár a szennyvíztelep formájában, akár egyéb, például mezőgazdasági bemosódás miatt.



15. ábra: A Holt-Sebes-Körös halfaunája tolerancia funkcionális jellemző tekintetében mintavételi helyenként felosztva.

Az adventív fajok aránya, amely a 16. ábrán figyelhető meg, a két felső szakaszon a legalacsonyabb. Kiemelkedően magas értéket Okánynál és Vésztőnél mutat. A szennyvíztelep zavaró hatása jól megfigyelhető, az alkalmazkodóképes adventív halfajok megtelepedése az alsóbb szakaszon jelentősebbnek mutatkozik. Az eutrofizáció miatti oxigénszint-ingadozások, magasabb tápanyagtartalom és összességében zavarásokat elszenvedett élőhely kedvez az ilyen jellegű fajok megtelepedésének.

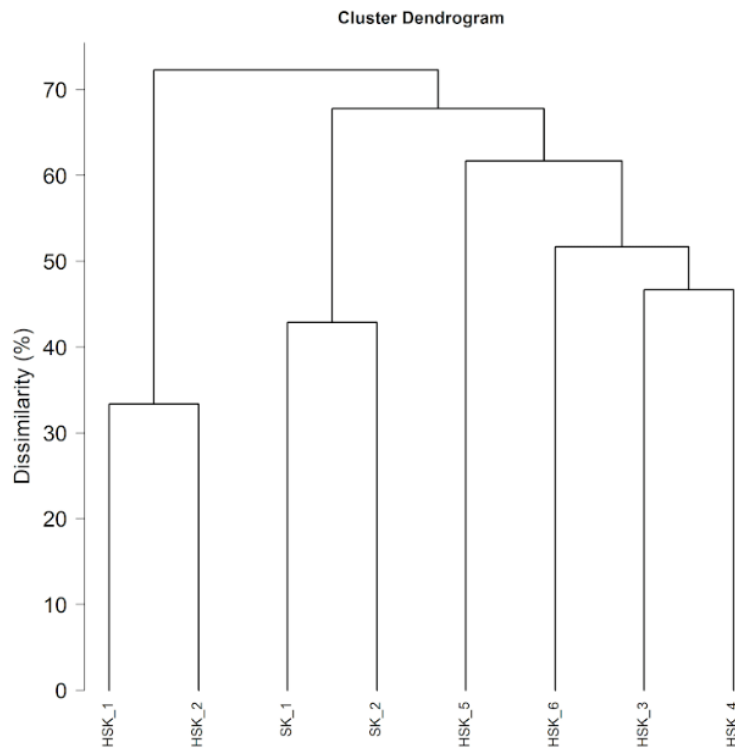


16. ábra: A Holt-Sebes-Körös halfaunája eredet funkcionális jellemző tekintetében mintavételi helyenként felosztva.

4.3. Klaszteranalízis és NMDS a két vizsgált vízfolyás eredményeivel

A Jaccard-index segítségével történő összehasonlítás eredménye, amely a fajösszetételbeli egyezéseken és különbségeken (egyes fajok jelenléte és hiánya) alapul, a következőképp alakultak. A 17. ábrán megfigyelhető, hogy a Sebes-Körös mintavételi helyei közös csoportot képeznek. A Holt-Sebes-Körös mintavételi pontjai közül a szennyvíztelep befolyója előtti (HSK_1, HSK_2) és utáni (HSK_3, HSK_4, HSK_5, HSK_6) szakaszok képeznek közös ágakat, amelyen belül a HSK_3 és HSK_4, azaz az okányi és első vésztői szakasz mutatja a legnagyobb hasonlóságot. Ez a két hely helyezkedik el a legközelebb a szennyezőforráshoz.

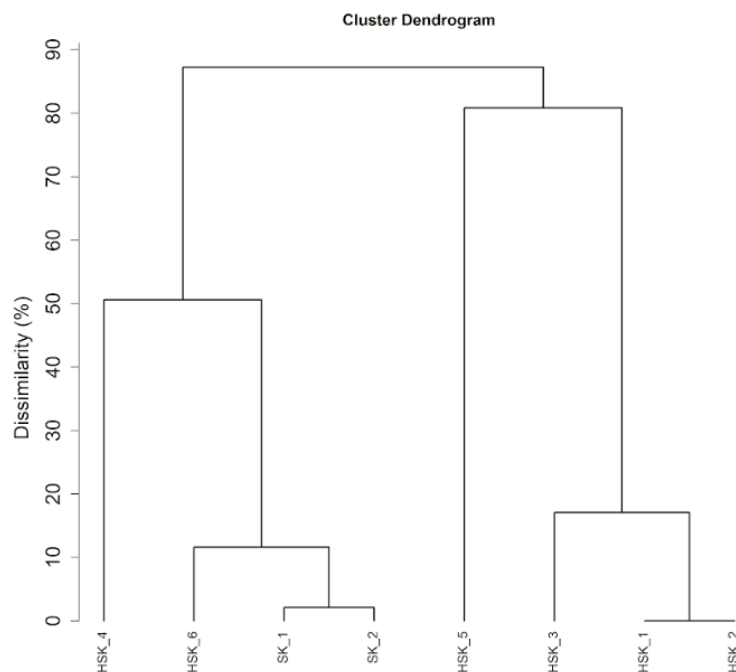
Egy másik ok lehet, hogy a Holt-Sebes-Körös időszakosan a felső szakasz felől vízpótlást kap a Sebes-Körös irányából is. A felső szakaszokon még egy viszonylag áramló képet mutatott a víztér, ami okozhatta a HSK_1 és a HSK_2 szakaszok hasonlóságát. Ezzel szemben a lentebbi szakaszok már sokkal inkább állóvízi jellegűek voltak. Ezek közül is a HSK_5 teljesen állóvízi jellegű volt, makrovegetációval gazdagon benőtt. A HSK_6 pedig erőteljesen elkülönült a többi szakasztól, hiszen az már a Holt-Sebes-Körös torkolati műtárgya alatt, a Sebes-Körös hullámterén helyezkedett el.



17. ábra: A Sebes-Körös és a Holt-Sebes-Körös mintavételi helyeinek dendrogramja a Jaccard-index alapján.

A helyszínek halközösségének hasonlóságát a fajok abundanciája alapján összehasonlító Morisita index használatával kapott eredményeket a 18. ábra tartalmazza. Az élő Sebes-Körös mintái itt is saját klasztert alkotnak, ahogyan a Holt-Sebes-Körös két Komádi és Zsadányi, felsőbb szakaszai is (HSK_1 és HSK_2). A Sebes-Köröshöz legközelebb álló csoportba tartozik még a

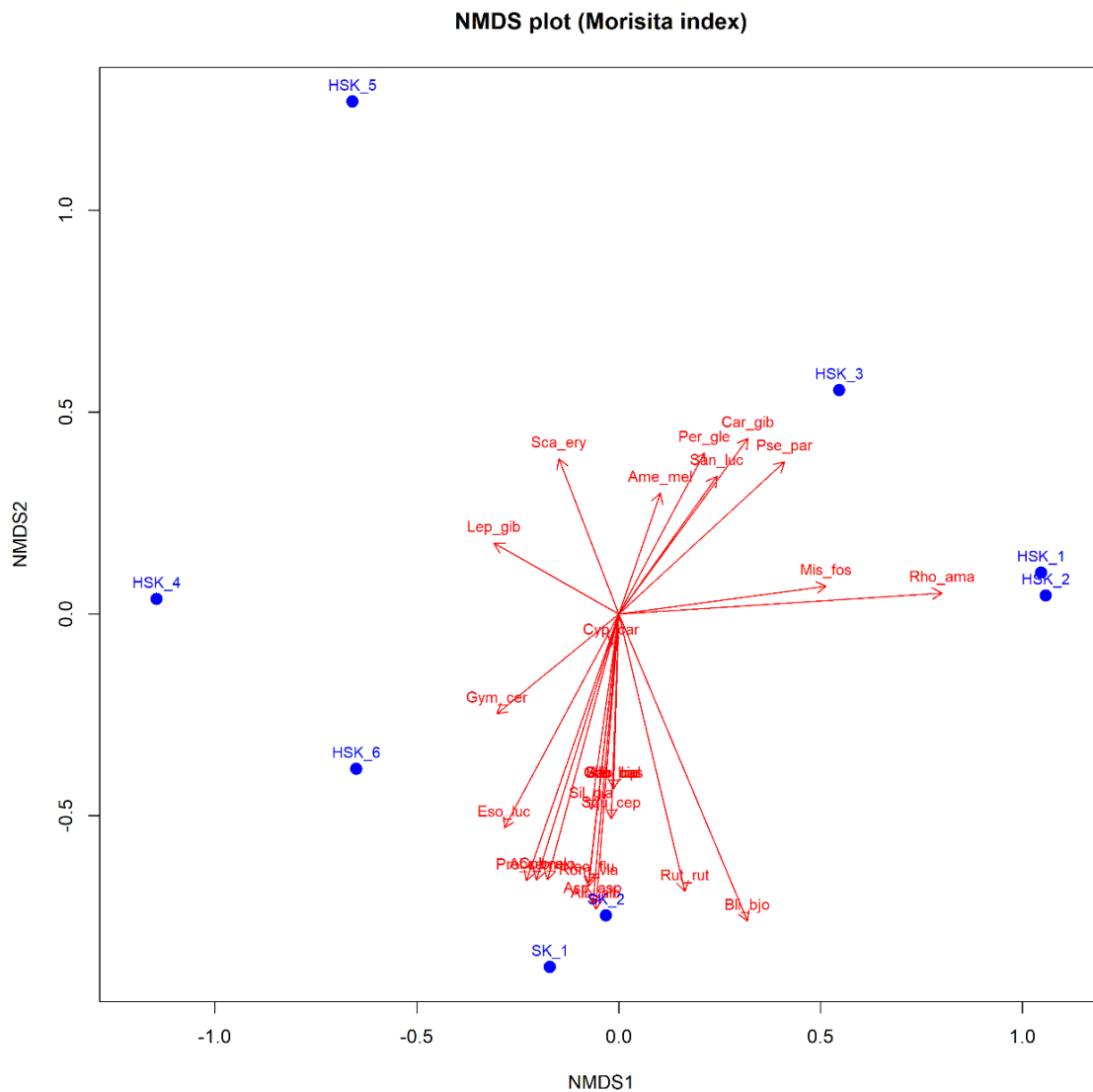
Holt-Sebes-Körös hatodik mintavételi pontja (HSK_6), ez feltételezhetően a módosított mintavételi helynek köszönhető, ugyanis ez a szakasz a Holt-Sebes-Körös torkolati műtárgya alatt, a Sebes-Körös hullámterén helyezkedett el, és a Sebes-Körös folyó halfaunája keveredik a Holt-Sebes-Körös műtárgyán lejutó fajokkal. Emellett még 50%-os disszimilitási értékkel ide tartozik a vésztői első mintavételi pont is (HSK_4). A Holt-Sebes-Körös további mintavételi pontjai külön klasztert képeznek, melyben az első két mintavételi pont a leghasonlóbb (HSK_1 és HSK_2), ezzel hasonlóságot még a harmadik mintavételi hely (HSK_3) mutat, az ötödik mintavételi hely ~80%-ban eltérőnek mutatkozik (18. ábra).



18. ábra: A Sebes-Körös és a Holt-Sebes-Körös mintavételi helyeinek dendrogramja a Morisita-index alapján.

A mintavételi helyek és a fogott fajok alapján készített NMDS elemzés (19. ábra) alapján a Sebes-Körös mintavételi helyei jól elkülönülnek, amely a következő, elsősorban a folyóból előkerült és tömeges fajok jelenlétének tudható be leginkább: kűsz, balin, halványfoltú küllő, folyami géb, domolykó, harcsa. A hatodik Holt-Sebes-Körös szakasz, mivel kapcsolatban áll az élő folyóval, így közvetlenül ezen két hely mellett helyezkedik el. A hasonlóságért felelős fajok: csuka, tarka géb, dévérkeszeg, vágócsík. A felső szakaszhoz tartozó HSK_1 és HSK_2 helyek, amelyek természetközelibb állapotot mutattak, itt is jól elkülöníthető csoportot képeznek, amely a szivárványos ökle és a réticsík jelenlétének köszönhető. Az okányi szakaszt leginkább elkülönítő fajok egy kivétellel mind idegenhonosak: ezüstkárász, kínai razbóra, amurgéb, fekete törpeharcsa és a süllő jellemzik leginkább. A két vésztői mintavételi pont (HSK_4 és HSK_5), feltehetően a szinte teljesen állóvízi viszonyok miatti alacsony összegyedesszámok és alacsony fajszámok

következtében jól láthatóan elkülönül a többi helytől. Főleg a naphal és a vörösszárnýú keszeg, két stagnofil faj jellemzi őket.



19. ábra: A Sebes-Körös és a Holt-Sebes-Körös mintaveteli helyeinek NMDS mátrixa. A fajok nevének rövidítése a nem (genus proximum) és a faj (differentia specifica) nevének három betűje.

5. Összefoglalás

Az általunk végzett mintavételek több dologra is rámutattak, amelyeket érdemes figyelembe venni a vízfolyások halközösségének vizsgálata esetén. Ismert jelenség, hogy a keresztzárások al- és felvízén található halfauna jelentős különbségekkel bír az eltérő körülmények miatt. Az alvízen található általában gyors folyású, oxigénben gazdag víz kedvez a folyóvízi, áramláskedvelő fajoknak, viszont a felvíz állóvízhez hasonlóbb jellege nem ideális a folyó természetes faunájának, rá nem jellemző állóvízi fajok is megjelenhetnek, a lecsökkent áramlás, oxigéntartalom, valamint a megnőtt mértékű hordaléklerakás és üledékképződés következtében. A különbség viszont nem csak az alvíz és a felvíz között érzékelhető, hanem eredményeink alapján a műtárgy feletti szakaszok is szignifikáns eltéréseket mutathatnak. A műtárgytól távolabbi szakasról csak őshonos, a Sebes-Körös eredeti halállományába tartozó fajok kerültek elő, ezzel szemben a műtárgyhoz közelebb eső szakaszon adventív és inváziós fajok egyedei is előfordulhatnak, jó megtelepedési pontot biztosít egy-egy keresztzárás közvetlen felvize az idegenhonos fajok számára. Ezzel szemben a természetközeli jellegű szakaszok halfaunája hatékonyabban veszi fel a versenyt az idegenhonos fajok megjelenésével. Annak kiderítésére, hogy egy műtárgytól vagy duzzasztott folyószakasztól való távolság pontosan mekkora hatással van a lokális fajösszetételre, további kutatások szükségesek. A körösladányi duzzasztó ugyan rendelkezik egy kis méretű hallépcsővel, ennek ellenére a hallépcsők kivitelezésének felülvizsgálata javasolt, hiszen feltételezhető, hogy nem minden típust használnak ugyanolyan sikerrel a különböző halfajok. Továbbá a hallépcsők mindössze a keresztzárások által képzett fizikai barrier leküzdésében nyújtanak segítséget. Az ökológiai barrier (a felszíni élettér megváltozása) hatását azonban nem képesek enyhíteni. Tehát a hallépcsők jelenléte ellenére is, a folyóvízi halfajoknak jelentős élőhelykiesést jelent a felvíz azon része, ahol számukra nem megfelelő áramlásbeli és oxigénszintbeli viszonyok uralkodnak.

A Holt-Sebes-Körösön tapasztaltakból egy másik tanulság szűrhető le. Az okányi szakasz szennyvízbefolyója után a halbőség drasztikusan csökkent, és a felsőbb szakaszok védett fajokban való gazdagsága teljesen megszűnt. A szennyvíztisztítók napjainkban jelentős pontszerű szennyezők a vízfolyásainkban. Ezek között külön kiemelten veszélyeztetettek a kisvízfolyások, melyeknek hígító képessége elmarad a nagyobb vízhozamú folyókéttól, a tisztított szennyvíz a mederben lévő víznek sokkal nagyobb százalékát teheti ki. A tisztított szennyvizek a mechanikai és biológiai tisztítás ellenére is tartalmazznak szerves szennyezőket és növények számára elérhető tápanyagokat, amelyek aztán közvetve vagy közvetlenül hatással vannak a vízi életközösségekre. A növényi tápanyagok túltengése általi robbanásszerű eutrofizáció az oxigénviszonyok ingadozását okozhatja, ezzel akár teljesen kipusztítva a halállományt. Ez kifejezetten igaz lehet a

vízhiányos, aszályos időszakokban, mikor vízutánpótlás és hígítóvíz hiányában a meder zömében a tisztított szennyvíz folyik, így a bekerült tápanyagok kifejezetten koncentráltan lehetnek jelen.

A Holt-Sebes-Körös esetén ez azt jelentette, hogy az alsóbb szakaszokon (a módosított szeghalmi mintavételi hely kivételével) minimális halállomány volt jelen, a felsőbb százas nagyságrendű fogási adatokhoz képest. A tisztított szennyvízben található nehézfémek és egyéb szennyezők a halfauna egyedeinek kondícióját is ronthatják, fejlődési rendellenességeket is tapasztaltunk bizonyos egyedeken. Ugyanakkor a legnagyobb probléma az eutrofizáció, és az annak következtében fellépő erőtejles oxigéntartalom-ingadozás, mely során a nyári hajnalokban az ilyen terhelt szakaszokon akár anoxikus állapotok is kialakulhatnak.

A felsőbb szakaszokon az őshonos fajok mellett hiába voltak jelen az idegenhonos faunaelemek, azok még is fel tudták venni velük a versenyt, a felsőbb szakaszok messze a legtömegesebb faja a védett szivárványos ökle volt. Szintén alátámasztja eredményeinket, hogy az alsóbb szakaszokról, ahonnan korábban publikált faunisztikai eredmény elérhető, a halfauna gazdagabb volt vagy ritka és védett fajokat tartalmazott, amelyeket 2023-ban már nem sikerült megtalálni.

Az eredmények alapján javasolható, hogy a szennyvíztelepek kifolyói ne közvetlenül élővizekbe kerüljenek, hanem fitoremediációs medencék által kerüljenek utótisztításra, amely tovább csökkentheti a szennyezőanyag-tartalmat. Az ilyen rendszerekben alkalmazható őshonos növényfajok, különösen a nád, további hasznosítási lehetőségeket is rejtnek. Továbbá, a szennyezettebb szakaszok ökológiai szempontokat figyelembe vevő mederkotrása segíthet a felhalmozódott szerves anyag eltávolításában, csökkentve a feliszapolódást, amely különösen a réticsík és szivárványos ökle élőhelyeit veszélyezteti. Ezen intézkedések hozzájárulhatnak a halközösségek diverzitásának és ökológiai stabilitásának helyreállításához.

6. Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Dr. Antal László egyetemi docensnek és Dr. Nyeste Krisztián József egyetemi adjunktusnak állandó segítségükért és szakértelmükért, amellyel támogatták a munkámat és idejüket nem sajnálva nyújtottak segítséget minden felmerülő kérdés és akadály megoldásában. Köszönetet fejezem ki Somogyi Dóra tanársegédnek a terepi mintavételekben nyújtott segítségéért és mert szakmai tanácsaival bármikor a rendelkezésemre állt.

Köszönöm továbbá Pádár Patrik korábbi Hidrobiológus MSc hallgatónak és Hajdu András Biológia BSc hallgatónak a terepi mintavételek során nyújtott nélkülözhetetlen segítségükért.

Szeretettel köszönöm családomnak és barátnőmnek, hogy mellettem álltak és támogattak a tanulmányaim során.

Köszönet illeti még Sallai Zoltánt a faunisztikai adatainak rendelkezésemre bocsátásáért.

7. Irodalomjegyzék

- ALBERT, T. C., ZSOLT, P. J., GÁBOR, N., & ZOLTÁN, T. (2016) Mezőtúr természeti viszonyai. *MEZŐVÁROS ÚJ SZEREPBEN*, 37.
- ANTAL L. (2013): A Szamos hazai szakaszának halközösségében bekövetkezett változások a cianid- és nehézfém szennyezést követően. Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen.
- ANTAL, L., HARKA, Á., SALLAI, Z., GUTI, G. (2015): TAR: A halfauna természetvédelmi értékelésére használható szoftver TAR: Software to evaluate the conservation value of fish fauna. *Pisces Hungarici* 9, 71-72.
- ANTAL L., LÁSZLÓ B., KOTLIK P., MOZSÁR A., CZEGLÉDI I., OLDAL M., KEMENESI G., JAKAB F., NAGY S. A. (2016): "A Kárpát-medence új halfaja: a bihari márna (*Barbus biharicus*)."
Pisces Hungarici 10, 5-14.
- BEIGHLEY, R.E., MOGLEN, G.E. (2002). Trend assessment in rainfall-runoff behaviour in urbanizing watersheds. *J. Hydrol. Eng.* 7 (1), 27–34
- BIRÓ, M. (2011): Változásterképek használata tíz év alatt bekövetkezett élőhelypusztulási tendenciák kimutatására a Kiskunsági-homokhátság területén. *Tájkölögi Lapok*|*Journal of Landscape Ecology*, 9(2), 357-374.
- BRÉDA, N., HUC, R., GRANIER, A., & DREYER, E. (2006). Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science*, 63(6), 625-644.
- CHANDRA, G., SAINI, V. P., KUMAR, S., & FOPP-BAYAT, D. (2024): Deformities in fish: A barrier for responsible aquaculture and sustainable fisheries. *Reviews in Aquaculture*, 16(2), 872-891.
- FARAHMAND, T., FLEMING, S.W., QUILTY, E.J. (2007). Detection and visualization of storm hydrograph changes under urbanization: an impulse response approach. *J. Environ. Manage.* 85 (1), 93–100.
- FAZEKAS, D., SÓLYOM, N., NYESTE, K. J., & ANTAL, L. (2016): Antropogén beavatkozások hatása az Öreg-Túr halfaunájára. *Pisces Hungarici* 10, 51-56.
- FROESE, R., PAULY, D. (EDS.) (2017): FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (22/06/2017).
- GARCÍA A, JORDE K, HABIT E, CAAMAÑO D, PARRA O. Downstream environmental effects of dam operations: changes in habitat quality for native fish species. *River Research and Applications*. 2011 Mar;27(3):312-27.
- GRIZZETTI, B., PISTOCCHI, A., LIQUETE, C., UDIAS, A., BOURAOUI, F., & VAN DE BUND, W. (2017). Human pressures and ecological status of European rivers. *Scientific reports*, 7(1), 205.
- GUTI, G., POTYÓ, I. (2010). Az emberi tevékenység hatása a halfauna alakulására az Ipoly alsó (magyarországi) szakaszán. *TÁJÖKÖLÖGIAI LAPOK*|*JOURNAL OF LANDSCAPE ECOLOGY*, 8(3), 591-599.
- GUTI, G., SALLAI, Z., HARKA, Á. (2014): A magyarországi halfajok természetvédelmi státusza és a halfauna természetvédelmi értékelése. – *Pisces Hungarici* 8, 19-28.
- GYÖRE, K., SALLAI, Z. (1998): A Körös-vízrendszer halfaunisztikai vizsgálata= Fish faunistical investigations of the Körös Rivers. *CRISICUM: A Körös-Maros Nemzeti Park Igazgatóság Időszaki Kiadványa*, 1998.1: 211-228.
- HALASI-KOVÁCS, B., TÓTHMÉRÉSZ, B. (2011): A hazai vízfolyások Víz Keretirányelv előírásainak megfelelő halegyüttes alapú ökológiai minősítési rendszere. *Acta biologica Debrecina. Supplementum oecologica Hungarica* 25, 77-100.
- HALASI-KOVÁCS, B. (2019): A magyarországi vízfolyások halközösségeinek ökológiai szempontú elemzése. Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Halászati Kutatóintézet, Szarvas, pp. 127.
- Harka, Á. (1996) A Körösök Halai. *Halászat*, 89:144-148.
- HARKA, Á. (1997): Halaink. Kiadja a Természet- és Környezetvédő Tanárok Egyesülete, Budapest, pp. 160
- HARKA, Á., SALLAI, Z. (2004): Magyarország halfaunája. Nimfea Természetvédelmi Egyesület kiadó, Szarvas 269, pp
- HUANG, H.J., CHENG, S.J., WEN, J.C., LEE, J.H. (2008). Effect of growing watershed imperviousness on hydrograph parameters and peak discharge. *Hydrol. Process.* 22 (13), 2075–2085.
- JACCARD, P. (1901). Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles*, 37, 547–579.
- JAWAD LA, IBRAHIM M. Environmental oil pollution: a possible cause for the incidence of ankylosis, kyphosis, lordosis and scoliosis in five fish species collected from the vicinity of Jubail City, Saudi Arabia, Arabian Gulf. *International Journal of Environmental Studies*. 2018 May 4;75(3):425-42.

- KOUNDAL, S., KOUNDAL, A., SHARMA, I., & DHANZE, R. (2016): Mouth morphometry and body lengths with respect to the feeding habits of Hill stream fishes from Western Himalaya HP (India). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(3), 346-356.
- KRUSKAL, J.B. (1964). Nonmetric multidimensional scaling: A numerical method. *Psychometrika*, 29(2), 115–129.
- KUNDZEWICZ, Z.W., ULBRICH, U., BRÜCHER, T., GRACZYK, D., KRÜGER, A., LECKEBUSCH, G.C., MENZEL, L., PIŃSKWAR, I., RADZIEJEWSKI, M. AND SZWED, M., (2005): Summer floods in Central Europe—climate change track?. *Natural Hazards*, 36, pp.165-189.
- LOVAS-KISS, Á., VINCZE, O., LÖKI, V., PALLÉR-KAPUSI, F., HALASI-KOVÁCS, B., KOVÁCS, G., ... & LUKÁCS, B. A. (2020): Experimental evidence of dispersal of invasive cyprinid eggs inside migratory waterfowl. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(27), 15397-15399.
- MORISITA, M. (1959). Measuring of interspecific association and similarity between communities. *Memoirs of the Faculty of Science Kyushu University Series E (Biology)*, 3(1), 65–80.
- NAGY, S.A., NAGY, J., SOMOGYI, D. "Melegedő klíma: kihívások a hal-és halászatbiológiában." *Pisces Hungarici* 13 (2019).
- O'BRIAIN, R. (2019). Climate change and European rivers: An eco-hydromorphological perspective. *Ecohydrology*, 12(5), e2099.
- OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., FRIENDLY, M., ET AL. (2023). vegan: Community Ecology Package. R package version 2.6-4.
- R CORE TEAM (2023). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- SALLAI, Z. (1997) Adatok a Körösvidék halfaunájához (Szarvas környékének halai) *A Puszta* 1997. 1/14 – 156-191.
- SALLAI, Z., GYÖRE, K. (1998): Néhány adat a Kis-Sárrét halfaunájáról. *A Puszta* 15, 168-172.
- SALLAI, Z., VARGA, I., ERŐS, T. (2019): Halközösségek monitorozása Magyarország különböző típusú állóvizeiben és vízfolyásokban. Váczi O. Varga I. & Bakó B.(szerk.), 2019, 157-179.
- SÁLY, P., ERŐS, T. (2016): Vízfolyások ökológiai állapotminősítése halakkal: minősítési indexek kidolgozása= Ecological assessment of running waters in Hungary: compilation of biotic indices based on fish. *Pisces Hungarici* 10, 15-45.
- SNEATH, P.H.A., & SOKAL, R.R. (1973). Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification. W.H. Freeman and Company.
- SPECZIÁR, A. (2019): A halak táplálékfogyasztását befolyásoló tényezők: a faji hovatartozás, a testmérete, a szezonális és az élőhely szerepe. Akadémiai doktori értekezés, Ökológiai Kutatóközpont. pp. 31.
- TÓTHMÉRÉSZ, B. (2011): Diverzitás és mérése. – Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 131 pp.
- WARD-CAMPBELL, B. M. S., BEAMISH, F.W. H., KONGCHAIYA, C.: Morphological characteristics in relation to diet in five coexisting Thai fish species. *Journal of fish biology* 67.5 (2005): 1266-1279.
- WU, H., CHEN, J., XU, J., ZENG, G., SANG, L., LIU, Q., YIN, Z., DAI, J., YIN, D., LIANG, J. AND YE, S., (2019): Effects of dam construction on biodiversity: A review. *Journal of cleaner production*, 221, pp.480-489.
- ZSOLDOS, Z. (2024). Vízépítési tevékenység hatása a természetes vizek halállományára. *Hidrológiai Közöny*, 104(1/HU), 71-77.

Internetes források:

- URL1: Sebes-Körös — <https://hu.wikipedia.org/wiki/Sebes-K%C3%B6r%C3%B6s>
- URL2: A Körösök vízrajza — <https://www.kovizig.hu/koros-videki/vizrajz-vizminoseg/vizrajz/a-korosok-vizrajza/a-korosok-vizrajza>
- URL3: Délkelet-Magyarországi szennyvízelvezetési és -kezelési fejlesztés 2. — <https://www.dkmo2.okany.hu/>
- URL4: A Holt-Sebes-Körös (HUKM20018) kiemelt jelentőségű természetmegőrzési terület fenntartási terve — https://termeszetvedelem.hu/user/browser/File/N2kElfogadott_fenntartasi_tervek2020/HUKM20018_Holt_Sebes_Koros.pdf#page=9&zoom=100,124,738
- URL5: <https://www.globeecology.hu/wp-content/uploads/e-kece.pdf>