



SZAKDOLGOZAT

Balázs István

Gödöllő

2023



MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

GÖDÖLLŐI CAMPUS

AKVAKULTÚRA ÉS KÖRNYEZETBIZTONSÁGI INTÉZET

HALÁSZATI -HALGAZDÁLKODÁSI SZAKIRÁNYÚ TOVÁBBKÉPZÉSI SZAK

A HALASTAVI ÜLEDÉKBEN ELŐFORDULÓ ÓLOM AKKUMULÁCIÓJA A HALAK SZERVEZETÉBEN

Készítette:

Balázs István

ECO3NE

Levelező tagozat

Belső témavezetők:

Dr. Hegyi Árpád

tudományos főmunkatárs

Dr. Lefler Kinga Katalin

tudományos munkatárs

Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet,
Halgazdálkodási Tanszék

Gödöllő

2023

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Irodalmi áttekintés.....	4
2.1. Az ólom és annak tulajdonságai.....	4
2.1.1. Az ólom.....	4
2.1.2. Az ólom előfordulása a környezetben.....	5
2.1.3. Az ólom előfordulása a talajban.....	5
2.1.4. Az ólom előfordulása az ivóvízben.....	6
2.2. Az ólom élő szervezetre gyakorolt hatásai.....	7
2.2.1. A toxikus nehézfémek hatása az élő szervezetekre.....	7
2.2.2. Az ólom toxikus hatása.....	8
2.3. Az ólom határértékei.....	9
2.4. A halgazdálkodásban használt ólom eszközök.....	10
2.4.1. Haltermelés során alkalmazott ólom tartalmú eszközök.....	11
2.4.2. Horgászat során alkalmazott ólom tartalmú eszközök.....	11
2.5. A białorbágyi Peca-tó.....	13
3. Anyag és módszer.....	15
3.1. Üledék mintavételi helyszínek.....	15
3.2. A białorbágyi Peca-tó vizsgálata.....	15
3.3. Üledék ólomkoncentrációjának meghatározása.....	17
3.4. A halak akkumulációjának vizsgálata.....	17
3.5. Hisztológiai vizsgálatok módszertana.....	18
3.6. Statisztikai módszertan.....	18
4. Eredmények.....	19
4.1. Üledék ólomkoncentrációinak eredményei.....	19
4.2. A białorbágyi Peca-tó üledék ólomkoncentráció eredményei.....	20
4.3. A vizsgált halfajok kiválasztószerveinek ólomkoncentrációjának eredményei.....	21
4.4. Hisztológiai eredmények bemutatása.....	21
4.4.1. Szövetteni metszetek készítése során kapott eredmények ezüstkárászban.....	21
4.4.2. Szövetteni metszetek készítése során kapott eredmények harcásában.....	23
4.4.3. Szövetteni metszetek készítése során kapott eredmények ponty fajban.....	24
5. Eredmények értékelése, javaslatok.....	26

6. Összefoglalás	27
7. Köszönetnyilvánítás	28
8. Irodalomjegyzék	29
9. Nyilatkozat	31

1. Bevezetés

A környezetszennyezés problémája mára szinte az élet minden területén felütötte a fejét, a vízi ökoszisztémák, tavak és folyók, tengerek és óceánok sem maradtak ki belőle. A hulladékkezelés még mindig megoldandó probléma mindennapjainkban, az óceánokban úszó műanyagszigetektől kezdve a kevésbé látványos, tengerfenéken pihenő radioaktív hulladékokon át a különböző nehézfémekig rengeteg környezetre káros anyagot juttatunk ki a természetbe. Ez származhat szándékos, illegális hulladéklerakásból, vagy akaratunkon kívül is hagyhatunk a természetben szennyezőanyagokat.

Témaválasztásom azért esett az ólom akkumulációjára az üledékben, és a halak szervezetében, mivel foglalkozásom (halászati agronómus) miatt is közvetlen kapcsolatban vagyok a vizes élőhelyekkel és a vízi ökoszisztémával, valamint horgászni is szeretek. Sajnos sokszor előfordul, hogy horgászat közben a megakasztott hal, vagy csak egyszerűen a dobás akadóba landol, kihúzni nem lehet, ezért a zsinór szakadásával és a szerelék vízben maradásával jár. Sokszor hallani elvakult természetvédőktől, hogy „ez milyen mértékben szennyezi a vizeinket, és hogy ők legszívesebben betiltanák a horgászat minden műfaját, meg amúgy is állatkínzás!” Az ilyen és ehhez hasonló kijelentések mögött rejlő igazság foglalkoztatott dolgozatom elkészítése során. Tényleg ártalmas az a néhány darab ólomkosár vagy távdobó ólom, amit beszakítok egy év alatt a vizeinkbe? Milyen mértékben jelentkezik a szennyezés a szeretett és hön áhított halainkban? Ezek és ehhez hasonló kérdések vezettek a dolgozat elkészítéséhez. Üledékmintákban 90 horgász-hasznosítású tóban, valamint a biatorbágyi Peca tó 4 halfajának vese-, máj- és izom mintáiban vizsgáltuk az ólom jelenlétét.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. Az ólom és annak tulajdonságai

2.1.1. Az ólom

Az ólom napjainkban is egyike a legjelentősebb és legveszélyesebb környezetszennyező anyagoknak. Sötétszürke, élénk fényű fém (többnyire friss vágási felületen észlelhető), hamar oxidálódik, a felülete tompa szürke színűvé válik, azonban a további oxidációtól megóvja az első oxidréteg. Meglehetősen puha, könnyen faragható, préselhető. Régen írásra is használták, a papíron nyomot hagy. Sűrűsége viszonylag nagy: 11,3 g/cm³; olvadáspontja 327,4 °C, forráspontja 1750 °C, viszont jelentős mennyiségű ólom párolog el már olvadáspont fölött is (Marjanovic et al., 1995)

2.1.2. Az ólom előfordulása a környezetben

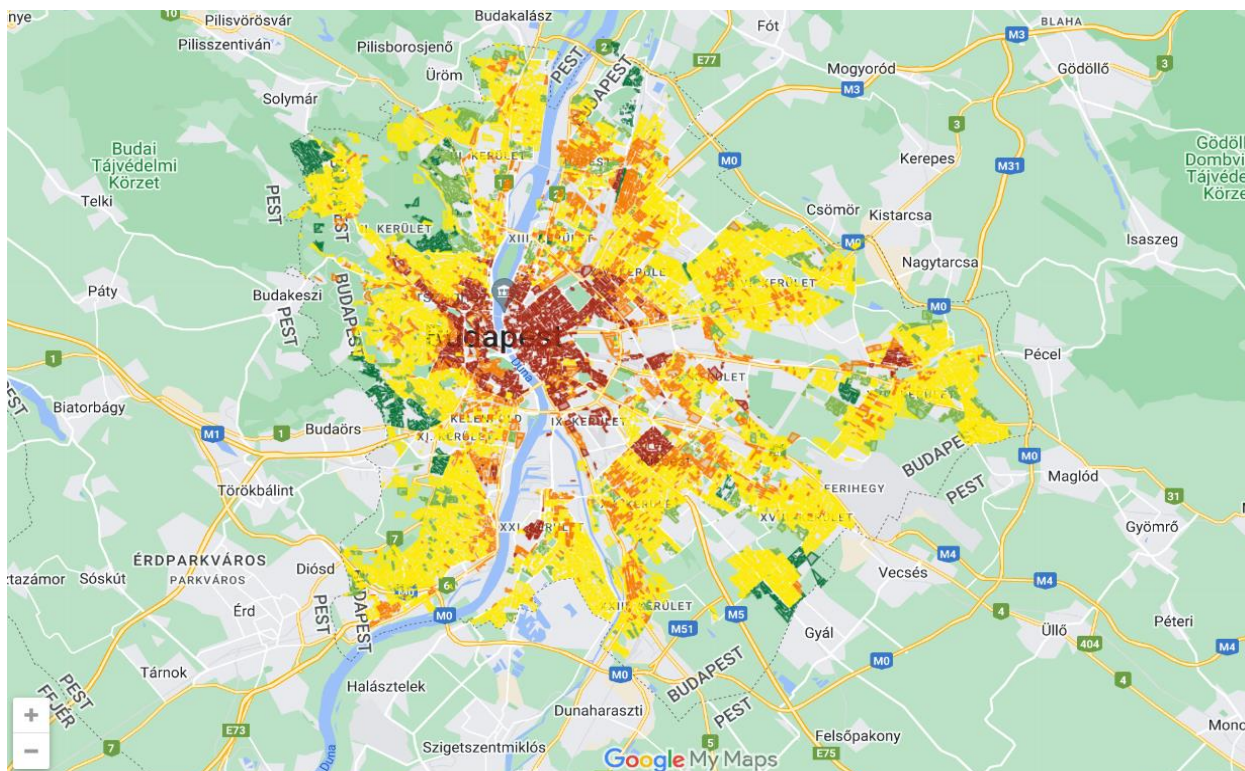
Az ólom a legnagyobb mennyiségben a bioszférába kerülő és a legismertebb toxikus nehézfémek közé tartozik. Természetes körülmények között vulkáni kitörések és természetes eróziók során juthatott nagyobb mennyiségű ólom a környezetünkbe. Emberi tevékenység következtében a víz, a levegő és a talaj egyaránt elszennyeződött ólommal. Talajaink ólomszennyeződését az ipari tevékenység (bányászat, kohászat) mellett elsősorban – megszüntetésükig hazánkban is – a közlekedés során elégetett ólmozott üzemanyagok okozzák. Szennyezett területeken (pl. ipari üzemek környékén) a talajok ólomtartalma a több ezer mg/kg (esetenként a több tízezer mg/kg) értéket is elérheti. Forgalmas autóutak mentén szintén megemelkedhet a talajok ólomtartalma, mely az utaktól távolodva fokozatosan csökken. Feltételezhetően a hazai út menti talajok ólomszennyeződése nem fokozódik tovább, mivel 1999-ben hazánkban is betiltották az ólmozott üzemanyagok forgalmazását. A talajok ólomszennyeződéséhez hozzájárulhatnak továbbá a széntüzelésű erőművek és a gumigyárak, és az ólomakkumulátorokból, gumiköpenyek kopásából, ólomtartalmú festékekből, műanyagok elégetéséből is kerülhet ólom a talajokba (Burton et al., 2011).

2.1.3. Az ólom előfordulása a talajban

Az ólom (Pb) átlagos mennyisége a földkéregben 15 mg/kg. A felszíni talajok ólomtartalma 3-189 mg/kg tartományban változik, a szennyezetlen mezőgazdasági talajok ólomtartalma 10-67 mg/kg, átlagosan 32 mg/kg. A hazai talajok 80 %-ának ólomtartalma kisebb, mint 25 mg/kg, ugyanennyi a hazai háttérérték (A-érték) is.

A mezőgazdasági termelés során ólom juthat be a talajokba a szennyvíziszapokból, melyek ólomtartalma általában 1000 mg/kg alatt van. Szennyvíziszap közvetítésével viszonylag kevés ólom kerül be a növények termésébe, mivel azt a növények nem tudják gyökerükből a föld feletti szerveikbe szállítani. A műtrágyák és a meszező anyagok ólomtartalma nyomoktól néhány száz mg/kg-ig terjed, ezek azonban az ólom rendkívül kismértékű mobilitása miatt nem járulnak hozzá jelentős mértékben az ólom táplálékláncba kerüléséhez. Korábban ólomszennyeződést okozhatott a gyümölcsösökben alkalmazott ólom-arsenát növényvédőszer, használatát azonban betiltották.

Az ólom a talajban erősen kötődik a talajkolloidokhoz és a szerves anyagokhoz, illetve oldhatatlan csapadékként van jelen. A talajfelszínre került ólom elsősorban a felsőrétegekben akkumulálódik, lefelé haladva mennyisége fokozatosan csökken. A növények (elsősorban a



1. ábra Budapest ólomkockázati térképe az épületek korából adódóan (zöld az alacsony-, piros a magas kockázatú terület) (forrás: NNK)

2.2. Az ólom élő szervezetre gyakorolt hatásai

2.2.1. A toxikus nehézfémek hatása az élő szervezetekre

A toxikus nehézfémek és vegyületek a környezeti toxikus hatások szempontjából világszerte a figyelem középpontjában állnak. Ennek oka az, hogy a fejlett ipari és mezőgazdasági technológiák, a növekvő urbanizáció nem nélkülözhetik a különböző kémia anyagok felhasználását, amelynek sajnos nem csak az előnyeit, hanem az egyre fokozottabban jelentkező negatív hatásait is tapasztalhatjuk. Vagyis a levegőbe, talajba, felszíni vagy talajvízbe kerülve gyakorlatilag környezetünk egésze kontaminálódik általuk, s a mikrokörnyezetünkben is folyamatosan kimutathatók. Néhány nehézfém fontos, esszenciális szerepet tölt be (Cu, Zn, Co, Mn, Fe) a szervezetek metabolikus folyamataiban. A fémek gazdag koordinációs kémiája és redox tulajdonságaik teszik ezt lehetővé, illetve azt, hogy sajnos toxikus hatásuk is lehet. Az összes toxikus nehézfém rendkívül káros az élő szervezetekre expozíció és abszorpció szintjén is. Kis mennyiségben néhány toxikusnehézfémion az enzimikus folyamatok kofaktora is. Számos élőlény számára a toxikus nehézfém ion mg/l nagyságrendű koncentrációban már toxikus, mert irreverzibilis gátlásokat idéz elő az enzimek működésében. Áthatolnak a biológiai membránon, és akkumulálódhatnak a különböző szervekben. A halak, mint bioindikátor fajok, rendkívül fontos szerepet töltenek be a vízszennyeződések monitorozásában, mivel nagy

érzékenységgel reagálnak a környezetükben bekövetkező változásokra. A szennyezett víz a halakban stressz állapotot, a védekezőképesség csökkenését és bőrbetegségeket idézhet elő (Briffa et al., 2020).

2.2.2. Az ólom toxikus hatása

Az ólombányászatban és az ólom feldolgozásában a környezetvédelmi szempontok egészen az elmúlt század közepéig fel sem merültek. Sőt, a II. világháború után tömegessé váló gépkocsi használat és az ólomtartalmú üzemanyagok több évtizedes alkalmazása az egész Földet beszennyezte. Korábban jelentős mennyiségben került felhasználásra a nyomdaiparban, azonban a jelenlegi technológiák mellett jelentősége elhanyagolható. A környezetbe természetes körülmények között - vulkáni kitörések, geotermikus erózió kapcsán jelentős mennyiség kerülhet. Az emberi tevékenység eredményeképpen jelentős mennyiségű ólom kerül a levegőbe, melynek forrásai a fosszilis energiahordozók égetése, színesfémipar, akkumulátorgyártás, festékgyártás és üvegyártás. Az ólom a fizikai és kémiai tulajdonságai miatt rendkívül mérgező, s az élő szervezetekre gyakorolt negatív hatása régóta ismert. Az ólom intracellulárisan a fehérjék szulfhidril csoportjaihoz kötődve számos enzim aktivitását változtatja meg. Egyik legfontosabb biokémiai hatás a hemoglobin szintézis gátlása. Az enzimek aktív SH csoportjainak blokkolás révén befolyásolja a szénhidrát, lipid, aminosav és nukleinsav anyagcserét is. A folyamatos expozíció során a tengeri és édesvízi h alfajokban az ólom képes akkumulálódni, s így a tápláléklánc csúcsán található emberi szervezetbe ily módon is bekerülhet. Kísérletekkel bizonyították, hogy halak jelentős mennyiségű ólomot tudnak felhalmozni a szervezetükben, de bizonyos idő után (általában néhány hét) szervezetükben kialakul egy egyensúlyi koncentráció. Az ólom főképpen a kopoltyúban, a májban, a vesében és a csontokban rakódik le. Kimutatták, hogy a Balti-tengerben halászott heringek szervezetében az ólomkoncentráció jelentősen nőtt életkoruk előrehaladásával (WHO, 1989). Dél-amerikai ragadozó halakon (*Hoplias malabrcus*) végzett kísérletekben, pedig bizonyították, hogy alacsony koncentráció esetében is szövettani elváltozások figyelhetők meg, és elhalt sejtek keletkeznek a hal szervezetében (Rabitto et al., 2005).

A különböző halfajok különböző mértékben érzékenyek az ólomra, és a toxikus koncentráció függ a víz keménységétől, a pH-tól, a sótartalomtól, a szerves anyag tartalomtól, a víz oxigéntartalmától és más ionok jelenlététől. Az ivadékok általában érzékenyebbek az ólom jelenlétére, de az ikra ólomtartalma nem jut el a még ki nem kelt halak szervezetébe, mert valószínűleg csak a felületén képes megtapadni (WHO, 1989). Molekuláris szinten

változásokat idéz elő az alapvető biokémiai folyamatokban. Szubletális mennyiségben az ólom a halakban hematológiai és neurológiai változásokat is előidézhethet (Simon, 2006).

2.3. Az ólom határértékei

Az ólom tekintetében 1992. június 19-én az ÉTB véleményt (22) fogadott el, melyben jóváhagyta a WHO által 1986-ban javasolt 25 µg/testsúlykg-os, ideiglenesen megállapított megengedhető heti bevitelt (PTWI). Az ÉTB szakvéleményében azt a következtetést vonta le, hogy az élelmiszerek átlagos ólomtartalma nem ad okot közvetlen aggodalomra.

A 93/5/EGK irányelv keretében 2004-ben sor került a 3.2.11 jelű SCOOP-feladat (23) elvégzésére: „Az arzén, ólom, kadmium és higany táplálék általi felvételének felmérése az Európai Unió tagállamainak lakossága körében”. E felmérés és az ÉTB véleménye fényében helyénvaló intézkedéseket hozni az élelmiszerben lévő ólom lehető legalacsonyabb szintre szorítása érdekében. A rendelet értelmében az élelmiszerekre vonatkozó felső határértékek az ólomtartalmat illetően táblázat formájában elérhető, amelyben a halhús vonatkozásában 0,30 mg/kg (*1. táblázat*) a megengedett felső határérték (Az Európai Unió Hivatalos Lapja - A BIZOTTSÁG 1881/2006/EK rendelete (2006. december 19.) az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról, p.1-15.).

1. táblázat Az élelmiszerekben előforduló ólom felső határértékei (forrás: Az Európai Unió 1881/2006/EK rendelete)

Ólom	
Élelmiszerek	Felső határértékek (mg/kg nedves tömeg)
Nyerstej, tejalapú termékek előállításához használt tej és hőkezelt tej	0,020
Anyatej-helyettesítő és anyatej-kiegészítő tápszerek	0,020
Szarvasmarhafélék, juh, sertés, és baromfi húsa (a belsőségek kivételével)	0,10
Szarvasmarhafélék, juh, sertés, baromfi belsősége	0,50
<u>Hal színhúsa</u>	<u>0,30</u>
Rákfélék, kivéve a tarisznyarák barna húsát, valamint a homár és a hasonló nagy rákfélék (Nephropidae és Palinuridae) fejének és fejtorának a húsát	0,50
Kéthéjű kagylók	1,50
Lábasfejűek (zsigerek nélkül)	1,00
Gabonafélék, nagymagvú hüvelyesek és hüvelyesek	0,20
Zöldségfélék, a káposztafélék, leveles zöldségek, friss fűszernövények és gombák kivételével. A burgonya esetében a felső határérték a hámozott burgonyára alkalmazandó.	0,10
Káposztafélék, leveles zöldségek és természetett gombák	0,30
Gyümölcsök, a bogyós gyümölcsök kivételével	0,10
Bogyós gyümölcsök	0,20
Zsírok és olajok, beleértve a tejsírt is	0,10
Gyümölcslevek, koncentrátumból készített gyümölcslevek és gyümölcsnektárok	0,050
Bor (beleértve a habzóbort és kivéve a likőrborokat), almabor, körtebor és gyümölcsbor	0,20
Ízesített borok, ízesített boralapú italok és ízesített boralapú koktélok	0,20

2.4. A halgazdálkodásban használt ólom eszközök

Napjainkban mind a tógazdasági haltermelés, mind a horgászat során használunk olyan tárgyakat, segédeszközöket, szerszámokat, amelyek ólomból készültek vagy tartalmaznak ólomot. Sok támadás éri emiatt a horgászokat természetvédők, aktivisták részéről. Az ólom tartalmú söréteket a vadászatban már felváltották az acélból készült másaik, nem kizárt, hogy rövid időn belül a horgászoknak, haltermelőknél is alternatívát kell találni az ólom helyettesítésére.

2.4.1. Haltermelés során alkalmazott ólom tartalmú eszközök

A hagyományos, extenzív és félintenzív haltermelésben is megtalálható az ólom, mint használati eszköz. A különböző szemmérettel rendelkező dobóhálók, húzóhálók nehezítéséhez használnak ólmot. Dobóháló esetében lyukasztott golyó formában kerül felkötésre az ólom, ami dobáskor a háló szétterülését, vízbe érkezés után annak süllyedését segíti. Húzóhálóknál az ún. alin (a háló alsó, tófenéken lévő része) megfelelő süllyedését segíti elő az arra felvert ólom, és lent tartja a kötelet a tófenéken, hogy a halak nehezebben tudjanak alábújni, ezáltal megszökni a hálóból (2. ábra). Alternatív megoldásként más, bevonatos fémeket lehetne használni, amelyek így nem oxidálódnának (Újhelyi, 2023)



2. ábra Dobóhálón lévő ólomsúlyok (forrás: Balázs, 2023)

2.4.2. Horgászat során alkalmazott ólom tartalmú eszközök

A horgászat napjainkban reneszánszát éli. Sorra jelennek meg az új eszközök, dolgoznak ki újabb és újabb módszereket vagy csiszolnak a régebbi, jól bevált technikákon. Az ólom viszont a mai napig meghatározó részét képezi a horgászládák tartalmának. A finomszereléses horgászoktól kezdve a modern pontyhorgászat kedvelőiiig szinte mindenki használja valamilyen formában a peca során.

Többnyire puhasága, súlya miatt tökéletes nehezék gyanánt az úszó kisúlyozására pár apró sörétólmot, ami akár újjal is rányomható a zsinórra vagy akár körömmel eltávolítható könnyedén. A parttól távolabb eső helyek meghorgászására pedig ideális választás egy 60-100 grammos távdobó ólom, amely könnyedén repíti csalinkat akár 100-140 méter távolságba is. Sőt, a modern pontyhorgászat- és a legyező horgászatban gyúrható, formázható állapotban, ún. ólompasztaként használják a zsinór süllyesztésére, vagy a csali tökéletes balanszírozására az ólmot. Az etetőkosarak is sok esetben ólommal vannak nehezítve, a ragadozóhalas horgászatban is szinte nélkülözhetetlen a 100-200 g-os fenékólmot, amely egyhelyben tartja a szerelékünket, nem engedi a csalihalunknak, hogy odébb vigye a kapást jelző úszókat „álkapást” előidézve. Azonban egy zsinórszakadás vagy figyelmetlenség következtében a vízbe dobott szerelék az ólommal együtt a vízben marad, így a kisebb, nagy nyomásnak kitett vízterületeken egy idő után komoly problémát is okozhat akár a horgásznak, akár az élővilágnak (Olejár, 2023).

A leggyakrabban használt ólom tartalmú eszközök a sörétólmok, bordás etetőkosarak, method kosarak, távdobó- és fenék ólmok, cseppólmok, csúszó ólmok (3.ábra) és a különböző paszták, valamint ólombetétes, süllyedő előkezsínórok.



3. ábra Különböző etetőkosarak és ólmok (Balázs, 2023)

2.5. A biaorbágyi Peca-tó

A tó története 1952-ben kezdődik, amikor 34 helyi lakos az agresszív orvhorgászat visszaszorításának érdekében megalapítja a Biatorbágyi Sporthorgász Egyesületet. 1955. januárjára megszerzik a Szélesárok, Töki, Etyeki, Füzes, Benta, Bara patakok, és a Százhalombattai torkolat törvényes horgászjogát. Abban az időben a rendszer nem nézte jó szemmel a horgászatot, főleg időtöltésnek vélték, a Termelő Szövetkezet inkább a földekre kívánta a horgász egyesületi tagokat. Barátságukat viszont nem tudta kikezdeni a politika, dacolva mindennel kerékpárra pattantak és közösen örömmel jártak horgászni a Benta torkolatához a Dunára és a Velencei tóra is. Egy ilyen velencei horgászaton fogalmazódott meg a helyi horgászta gondolata. Végül 1956. január 22-én határozza el az egyesület, hogy horgásztavat építenek a 0104 helyrajzi számú Tófarkban lévő Békarokkás területén.



4. ábra A biatorbágyi peca tó a 60-as években (forrás: Környei, 1991)

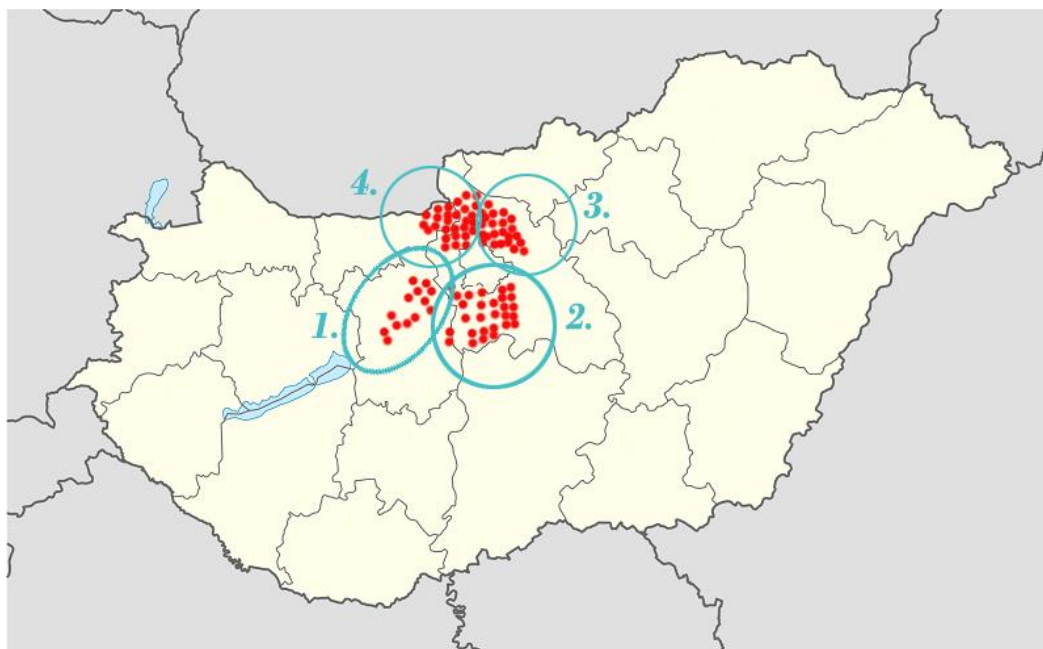
A tényleges munka 1956. július 10-én kezdődött, elkezdtek kiépíteni a gátakat és a zsiliprendszert 46 sporthorgász közreműködésével, így szeptember közepére a tó gyakorlatilag elkészült. 1956. őszén a forradalom és a politika rányomta bélyegét az egyre népszerűbb horgásztó sorsára. A biatorbágyi pártvezetők nem nyújtottak soha semmilyen segítséget,

valamint a Csemege és Édesipari Gyár is szemet vetett a csinos tóra. A gyárban dolgozott két alapító tag, akik révén egyre közelebb került a gyár a horgász egyesülethez. 1962-ben felépült egy horgásztanya, ahol a gyár üzemeltetésében csokoládék és kekszfélések voltak kaphatók. Az egyesület neve Biatorbágyi és Édesipari Horgász Egyesület lett. Zavaros sikkasztási perekkel terhelt időszak után végül 1967-től a törzsgyökeres horgászok kiszorultak a horgásztanyáról a terület az édesipar üdülője lett. Az igazán szép területre pihenő övezetet tervezett a tanács, megkezdik a parcellázásokat. Először munkásöröknek és színészeknek biztosítanak üdülőterületeket a pataktól nyugati területeken. 1970 tavaszán a biatorbágyi tanács rendkívüli ülésén a Magyar Horgász Szövetség javaslatára az Édesipari Horgász egyesület tevékenységét beszünteti és a Zalka Máté MH. BM. Horgász egyesületet nevezik ki jogutódnak. Az öregek elmondása szerint 1986-ban volt kitorva utoljára, azóta csak ülepedik.

3. Anyag és módszer

3.1. Üledék mintavételi helyszínek

Vizsgálatainkban 90 tó üledékének ólomkoncentrációját határoztuk meg. A vizsgált területeket négy nagy csoportra osztottuk. A területek elhelyezkedése Budapesttől a négy égtáj irányába mutattak (5. ábra). A nyugati égtáj felé a tavak és vízfolyások Székesfehérvár és Budapest között helyezkedtek el. A Budapesttől déli irányban Majosháza, Délegyháza és Dunavarsány települések környékén lévő, elsősorban bányatavak mintázása történt. Keleti irányban Gödöllő, Fót, Veresegyház, Órbottyán és Dunakeszi tavait mintáztuk. Északi irányban pedig Esztergom és Pilisvörösvár környékén elhelyezkedő vízterületeket.



5. ábra Üledékmintavételi helyszínek és csoportosításuk

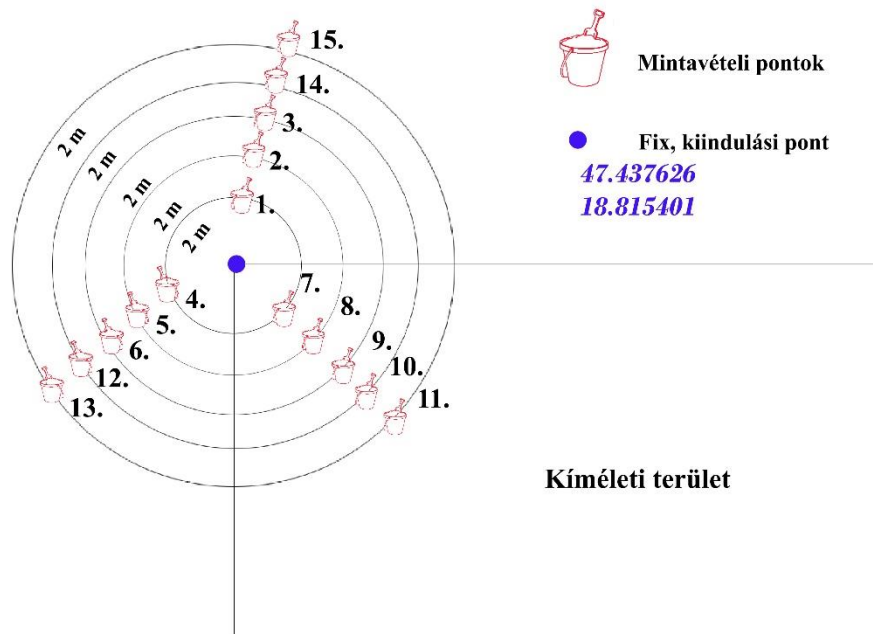
3.2. A biatorbágyi Peca-tó vizsgálata

A vizsgált tavak közül egy horgász-hasznosítású tóból több mintát is gyűjtöttük, hiszen ott más típusú vizsgálatok elvégzését (halak lehetséges akkumulációja) is célul tűztük ki. A 3,2 hektáros területű horgásztó jellegzetessége, hogy kíméleti területtel rendelkezik (6. ábra). A kíméleti terület egész éven át segíti a halak szaporodását és vermelését, tehát ezen a lezárt területen horgászni egyáltalán nem lehetséges, ezáltal a halak zavarása minimális.



6. ábra A biatorbágyi Peca-tó kíméleti területének elhelyezkedése

A biatorbágyi horgásztóból származó üledék minták egy fix pont körül (47.437626, 18.815401) három irányban 2 méterenként kerültek begyűjtésre (7. ábra).



7. ábra A biatorbágyi Peca-tóból származó üledékminták mintavételi pontjai

Hipotézisünk szerint az általunk kiindulási pontként megjelölt ponthoz a horgászok gyakran horgásznak az eredményesség jegyében és számos horgászkesztség (sörétóloom, etetőkosár, fém csali stb.) szakad be ezen a területen (8. ábra).



8. ábra Néhány hetes „termés” a kiindulási pont közelében (fotó: Tóth, 2022)

3.3. Üledék ólomkoncentrációjának meghatározása

Az üledék mintákat aljazmarkoló segítségével vettük a felső 10-15 cm-es üledékoszlopból. Mintavételi pontonként minimum 500 g üledékmintát vettünk, melyeket egyszer használatos műanyag edényzetbe helyeztük. A laboratóriumba szállítás után a mintákat Memmert UF260 típusú szárítószekrényben 33 °C-on 96 óráig szárítottuk. A légszáraz mintákat dörzsmozsárban porrá őröltük, majd ezekből történt az ólom koncentrációjának meghatározása MSZ 21470-50:2006 és MSZ EN ISO 11885:2009 szabványok szerint.

3.4. A halak akkumulációjának vizsgálata

A vizsgálatba vont biatorbágyi Peca-tóból olyan halfajokat és korosztályokat vizsgáltunk, amely nagy eséllyel a horgásztóban keltek ki és nőttek meg. Ennek eredményeképpen három halfajt tudtunk kiválasztani. Az egyik a kétnyaras ponty (n=5), a másik a több, mint ötnyaras harcsa (n=5), illetve az egy-kétnyaras ezüstkárász (n=15) volt. Mindhárom halfaj és korosztályának évek óta nem történt telepítése az üzemeltető részéről, így azok nagy biztonsággal a területen születtek és növekedtek. Az említett halfajokat elektromos kutatóhalászgéppel gyűjtöttük, majd az izomszövetből, májból és veséből történt mintavétel. A mintákat falkon csövekben fagyasztva tároltuk, amelyből az ólomkoncentrációt határoztuk meg MSZ EN 14084:2003 6.4.3. szakasz szabvány szerint. A szabvány alsó mérési tartománya 0,02 mg/kg, így, ha a vizsgálati eredmény nem érte el ezt a koncentrációt, akkor az eredményt nullaként értékeltük.

3.5. Hisztológiai vizsgálatok módszertana

Az előző fejezetben tárgyalt három halfaj boncolása során szövettani vizsgálatra a méregtelenítő (máj, vese) szervekből ugyancsak mintákat vettünk. A szövettani vizsgálatokhoz a mintákat 10%-os formaldehid folyadékban fixáltunk a feldolgozásig. Dehidratáció felszálló alkoholsorban történt (75-95%-os etilalkohol), amit xilolos atmoszféra és paraffinba ágyazás követett. A beágyazott mintákból rotációs mikrotóm segítségével 4-5µm-es metszeteket készítettünk. A metszeteket hematoxin-eozinnal festettük meg. A kórszövettani metszeteket Nikon Eclipse E600 mikroszkóp segítségével vizsgáltuk és dokumentáltuk.

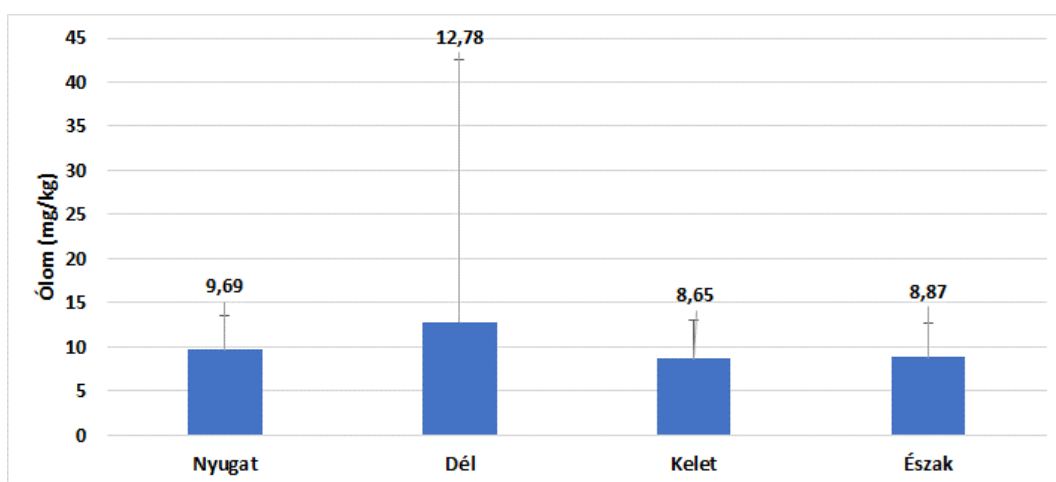
3.6. Statisztikai módszertan

A vizsgált Budapest környéki régiók üledék ólomkoncentrációjának összehasonlítását statisztikailag egyszempontos varianciaanalízissel (Tukey-féle többszörös összehasonlító teszt) végeztük el. Ugyan ezt a statisztikai módszert alkalmaztuk az ezüstkárász szöveteiben felhalmozódó ólomkoncentráció elemzése során.

4. Eredmények

4.1. Üledék ólomkoncentrációinak eredményei

Az egy tóra vonatkozó részletesebb vizsgálatainkat megelőzte egy felmérés, melyben 90 tónak az üledékének ólomkoncentrációját határoztuk meg. A mintavételi helyeket négy csoportra osztottuk Budapest város körül. Nem kívánjuk a tavakat pontosan megnevezni, hiszen ezzel a vizsgálattal csak képet szerettünk volna kapni a jelenlegi állapotokról. Az eredményekből jól látható, hogy az átlagos üledék ólom koncentráció 8-10 mg/kg között alakult minden esetben (9. ábra).



9. ábra Üledékek ólomkoncentrációi és szórása

Ez alól csak a déli területek kivételek, hiszen ott az átlag 12 mg/kg felett alakult. Valójában ezt a magas átlagértéket és szórást egy bojlis hasznosítású horgászto okozta, amelynek üledékének ólomkoncentrációja 160,83 mg/kg volt. Amennyiben ezt a kiugró értéket kivesszük a vizsgálatból, akkor az átlagérték itt lenne a legkisebb $7,09 \text{ mg/kg} \pm 2,63$.

Az egyes csoportok között statisztikailag igazolható különbség nem állt fent ($P > 0,05$, ANOVA Tukey teszt).

4.2. A biatorbágyi Peca-tó üledék ólomkoncentráció eredményei

A következő táblázat a biatorbágyi Peca-tóból származó üledékmintáinak ólomkoncentrációit mutatja be (2. táblázat).

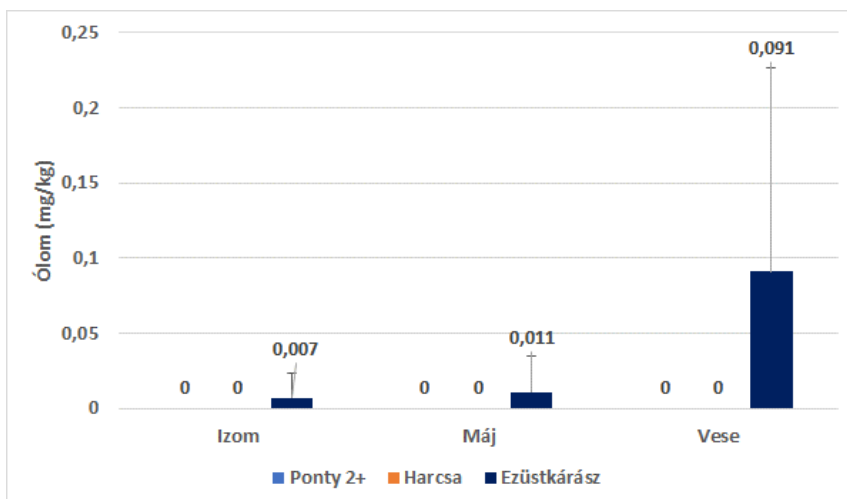
2. táblázat Üledékminták ólomkoncentrációi

Mintavételi pont száma	Mértékegység	Eredmény	Eltérés	Szabvány
1	mg/kg	11,43	± 0,09	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
2	mg/kg	11,93	± 0,13	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
3	mg/kg	10,12	± 0,10	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
4	mg/kg	11,45	± 0,11	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
5	mg/kg	11,19	± 0,19	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
6	mg/kg	11,28	± 0,04	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
7	mg/kg	11,02	± 0,17	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
8	mg/kg	10,98	± 0,17	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
9	mg/kg	10,84	± 0,21	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
10	mg/kg	11,76	± 0,40	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
11	mg/kg	11,27	± 0,20	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
12	mg/kg	11,03	± 0,23	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
13	mg/kg	10,99	± 0,17	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
14	mg/kg	11,61	± 0,18	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
15	mg/kg	11,43	± 0,38	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009
Kontroll	mg/kg	16,77	± 0,11	MSZ 21470-50:2006 MSZ EN ISO 11885:2009

A táblázatból is könnyen leolvasható, hogy az egyes mintavételi pontok között gyakorlatilag nem volt különbség az ólomkoncentrációt tekintve, az eredmények 10,12-11,93 mg/kg között változtak. Az átlagos ólomkoncentráció 11,222 mg/kg volt. Érdekes megfigyelés volt, hogy a kontroll (tóparti gát) minta ólomkoncentrációja 16,77 mg/kg volt, amely magasabb volt bármelyik üledékminta ólomkoncentrációjánál.

4.3. A vizsgált halfajok kiválasztószerveinek ólomkoncentrációjának eredményei

Az elektromos kutatóhalászgéppel gyűjtött halfajok esetében, mind a kétnyaras ponty, valamint a nagyméretű harcsák esetében sem az izomból, sem pedig az elsődleges méregtelenítő és kiválasztó szervekből nem mutattunk ki felhalmozódott ólmot (10. ábra):



10. ábra Ólomkoncentráció eredmények pontyban, harcsában és ezüstkárászban

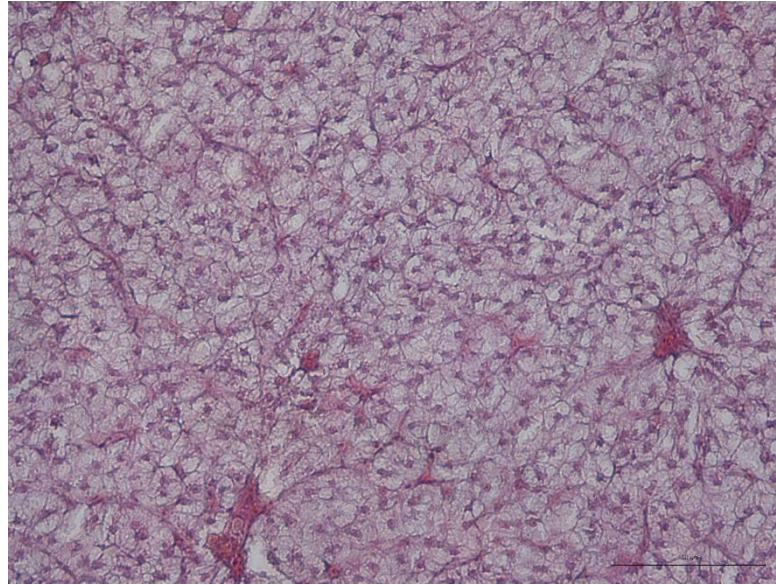
Érdekes eredmény hozott az ezüstkárász vizsgálata, hiszen míg a pontyban és a harcsában nem, addig az invazív halfaj minden vizsgálat szövetben sikerült ólmot kimutatnunk. Az izom és májszövet ólomkoncentrációja között statisztikailag igazolható különbség nem állt fent ($P > 0,05$, ANOVA Tukey teszt), de a vese ólomkoncentrációja igazolhatóan magasabb volt, mindkét másik szövethez viszonyítva ($P < 0,05$).

4.4. Hisztológiai eredmények bemutatása

4.4.1. Szövettani metszetek készítése során kapott eredmények ezüstkárászban

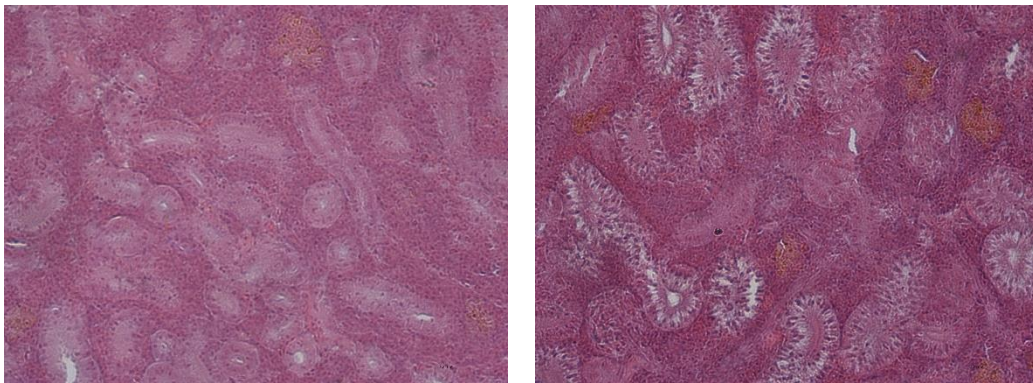
4.4.1.1. Máj és vese szövettana

Ezüstkárász fajban a májra a normál, „pókhálós” szerkezet jellemző. A májsejtek összefüggő tömeget alkotnak. A hepatociták nagyok, sokszögletűek és sűrűn granuláltak. A sejtmagok centrális helyzetűek, jól elkülönültek. A májsejtekre élettani elzsírosodás jellemző, vakuolizáció nem található. A májsejteket elvékonyodott sinusoid kapillárisok választják el egymástól (11. ábra).



11. ábra Az ezüstkárász májszöveve (H&E, 200x)

A szövettani vizsgálat során az ezüstkárász veséjében nem látható jelentős szerkezeti szétesés. Hipertrófiát (kóros sejtnagyobbodás) és vakuolizációt csak egészen kis mértékben figyelhetünk meg néhány egyednél. A tubulusok többnyire szűkek mind a distalis mind a proximális kanyarulatok metszeteiben. A kromaffinsejtek, a hámsejtek és a tubulusok normális szimmetriája, valamint a glomerulusok és a Bowman-kapszula normális szerkezete volt megfigyelhető (*12. ábra*).

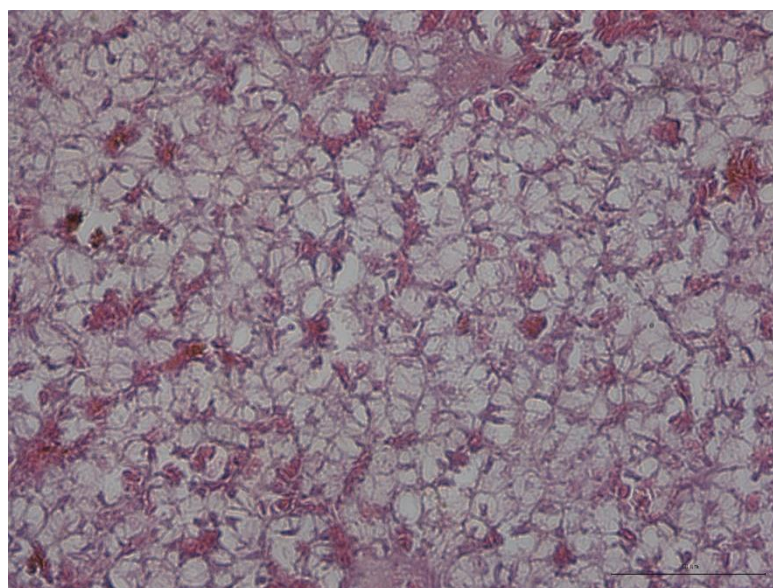


12. ábra Az ezüstkárász veseszöveve (H&E, 200x)

4.4.2. Szövettani metszetek készítése során kapott eredmények harcsában

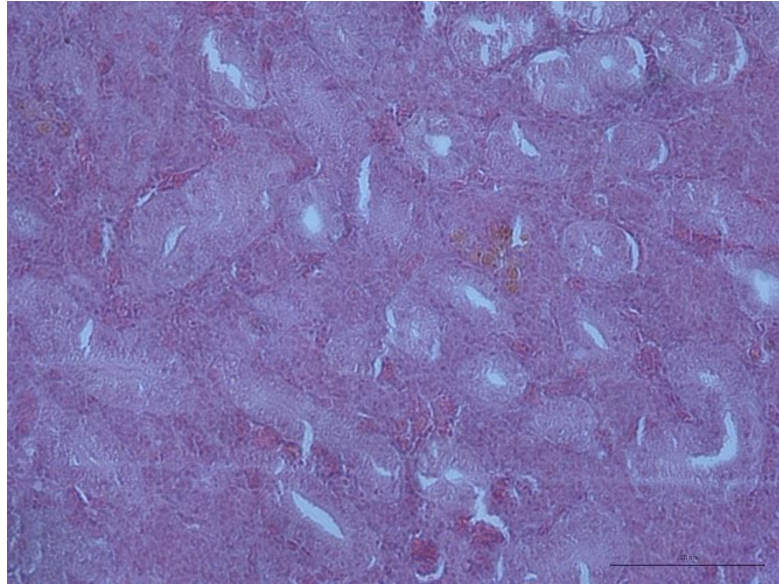
4.4.2.1. Máj és vese szövettana

Szürke harcsa fajban a májra fajra jellemző nagyfokú zsíros infiltráció jellemző. A májsejtek összefüggő tömeget alkotnak, de a hepatocitákra amorf sejtforma jellemző. A sejtmagok a zsíros felhalmozódások miatt kiszorulnak a sejtek szélére. Vakuolizáció és néhol fibrózis figyelhető meg (13. ábra).



13. ábra A szürke harcsa májszöve (H&E, 200x)

A szürke harcsa vesében jelentős szerkezeti szétesés nem látható. Hipertrófiát és vakuolizációt csak egészen kis mértékben figyelhetünk meg néhány egyednél. A tubulusok lumene csak néhol szűk, legtöbb esetben normális tágulat jellemzi őket. A glomerulusok és a Bowman-kapszula normális szerkezeti képet mutat. A kromaffinsejtek, a hámsejtek és a tubulusok szimmetriája normális (14. ábra).

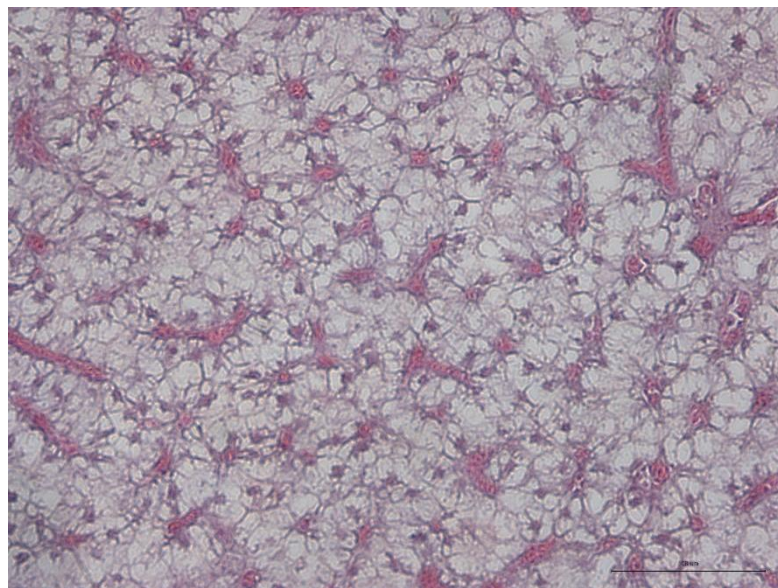


14. ábra A szürke harcsa veseszöve (H&E, 200x)

4.4.3. Szövettani metszetek készítése során kapott eredmények ponty fajban

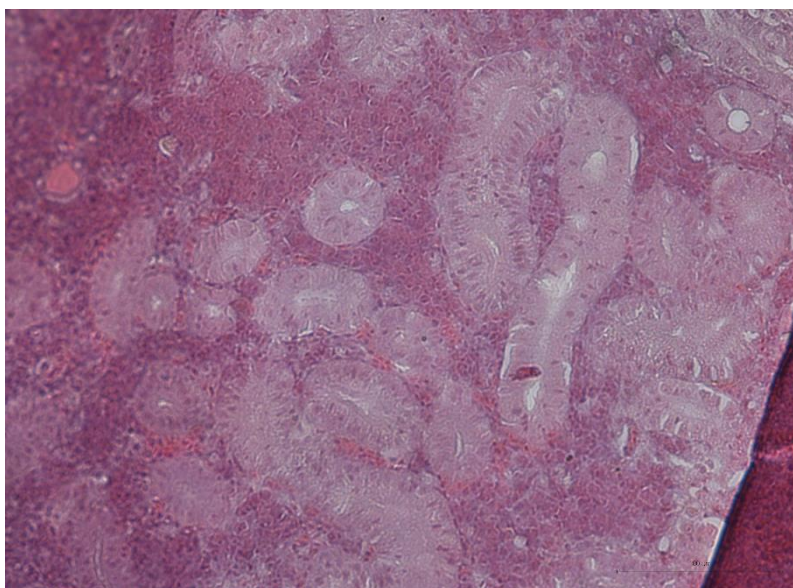
4.4.3.1. Máj és vese szövettana

Ponty fajban a májra kismértékű zsíros infiltráció jellemző a normális szerkezet mellett. A zsíros infiltráció még élettani változásnak tudható be. Vakuolizáció nem látható. A májsejtek összefüggő tömeget alkotnak, azonban az őket elválasztó sinusoid kapillárisok mennyisége kis mértékben nagyobb a normálnál. A hepatociták nagyok, sokszögletűek és sűrűn granuláltak. A sejtmagok többnyire centrális helyzetűek (15. ábra).



15. ábra A ponty májszöve (H&E, 200x)

A ponty szerveinek szövettani vizsgálata során a vesében nem látható jelentős szerkezeti szétesés. Hipertrófiát (kóros sejtnagyobbodás) és vakuolizációt nem figyelhetünk meg. A tubulusok mind a distalis mind a proximalis kanyarulatok metszeteiben szűkek, csak néhol figyelhető meg nagyfokú tágulat. A hámsejtek, a tubulusok és a kromaffinsejtek szimmetriája normális. A glomerulusokra és a Bowman-kapszulára normális szerkezet jellemző (16. ábra).



16. ábra A ponty veseoszöve (H&E, 200x)

5. Eredmények értékelése, javaslatok

A vizsgálatok nem várt dolgokra világítottak rá. Az üledékek ólomkoncentrációjának vizsgálatánál a biatorbágyi Peca tó kontrollnak vett gáti szakasza tartalmazta a legtöbb ólmot (16,77mg/kg), nem az üledék minták. Az átlagos ólomkoncentráció az üledékben 8 – 10 mg/kg között alakult minden tónál, kivétel egy bojlis hasznosítású tavat, ahol ez az érték 160,83 mg/kg. Érdeemes lenne további vizsgálatokat folytatni az adott tóban, a gáti szakasz és az üledék többszöri mintavételezésével, hogy tényleg tud a bent maradó ólomsúly ilyen mértékben szennyezést okozni vagy esetleg felhagyott bányászati tevékenység a felelős érte.

Az elektromos kutatóhalászgéppel begyűjtött halfajok kiválasztó szerveinek és izomszövetének vizsgálata esetében is érdekes tényeket állapítottunk meg. Míg a két nyaras ponty és a nagytestű harcsák esetében egyik szövetben sem sikerült kimutatni számottevő ólom felhalmozódást, addig az ezüstkárász mindhárom vizsgált szövetében sikerült kimutatni felhalmozódott ólmot, főként a vese szövetében. Az értékek viszont jóval elmaradnak az Európai Unió által szabott 0,30 mg/kg felső határértéktől. A szövettan eredményeképpen viszont érdemi elváltozás egyik fajnál sem mutatható ki a vizsgált szövetekben.

A kapott eredmények fényében érdemes lenne az ezüstkárász vizsgálatát folytatni, miből adódhat a különbség, hogy az őshonos halfajaink, a ponty és a harcsa szöveteiben nem, az ezüstkárászban viszont jelen volt a felhalmozódott ólom. Egy élettérben, ugyanabban a vízben élnek, mégis csak az ezüstkárászban mutatható ki az ólom. A másik két fajban ugyanakkor nem volt kimutatható felhalmozódott ólom.

6. Összefoglalás

Összességében sikeresnek tekinthető a kutatásunk, mivel sikerült egy átfogó képet kapni a horgász-hasznosítású vizek üledékében felhalmozódó ólomkoncentrációról. A tény, hogy naponta akár több kg ólom is bejuttatásra kerülhet egy-egy ilyen tóban, még nem feltétlen áll ok-okozati viszonyban az üledékek ólomkoncentrációjával. Tapasztalataim szerint egy víz alá kerülő ólmos etetőkosár 2-3 év alatt teljesen oxidálódik, a rá tapadó üledék és a kialakuló oxid réteg egy idő után a magjába zárja az ólmot. Ennél többről van szó az ólomszennyezéssel kapcsolatban, valószínű a régebben használt ólmozott benzín, bányászati és a különböző növényvédő szerek használata során került a természetbe a most jelen lévő ólom döntő hányada, érdemes további lépéseket tenni ennek felderítésére.

A szövetekben az ólomkoncentrációt MSZ EN 14084:2003 6.4.3. szakasz szabvány szerint vizsgáltuk meg. Meglepetésként ért bennünket a tény, hogy csak az ezüstkárászból vett mintákban volt kimutatható ólom, a ponty és harcsa esetében nem. A ponty és az ezüstkárász is „fenékturkálók”, az üledéket szivogatják fel és abból nyerik ki táplálékukat. Azonos helyen táplálkoznak, élnek és szaporodnak, a pontyban még sincs jelen az ólom. Az, hogy mit csinálhatnak másképp vagy mi okozhatja ezt a különbséget az invazív ezüstkárász és őshonos társai között, már egy új kutatás témája lehet.

Sokkal magasabb koncentrációkra számítottam a vizsgálatok kezdetén, örülök, hogy nem tapasztaltunk súlyos szennyezettséget, és jó minőségű halhúsról adtak tanúbizonyságot a szövettani vizsgálatok is. A témával kapcsolatban remélem egy kicsit sikerült felhívni az emberek figyelmét, hogy nem feltétlenül a horgász az egyedüli felelős és bűnös az ólomszennyezettséget illetően. A horgászati és a felhasznált eszközök hihetetlen ütemben fejlődnek. Ha ilyen iramban sikerül szemléletet is váltani a horgászoknak, 5-10 éven belül a különböző alternatív kő- és egyéb súlyok, nehezekek végleg kiváltják az ólmok használatát. Az, hogy az alternatívák más szempontból veszélyesek lehetnek-e a vízi ökoszisztémákra, már egy másik dolgozat témája lehet.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Dr. Hegyi Árpádnak, valamint Dr. Lefler Kinga Katalinnak az áldozatos munkájukért, hogy a határidő szorításában is támogatták munkámat és időt – energiát nem spórolva segítettek.

Köszönet illeti Dr. Horváth Márk egyetemi docent az üledékminták ólomkoncentrációjának meghatározásában végzett munkájáért.

Köszönöm a tógazdáknak, víztulajdonosoknak és vízkezelőknek a segítséget, az engedélyt a minták begyűjtésére, a biatorbágyi Peca-tó kezelőinek a közreműködést, a halakból történő mintavétel engedélyezését.

Végül köszönöm családtagjaimnak, barátaimnak, de legfőképpen páromnak, Tóth Hajnalkának a kitartást és támogatást, hogy mellettem álltak és segítettek, a nehezebb időszakokban, kilátástalanságban is bíztattak.

Munkánkat a GINOP-2.2.1-18-2020-00026 kódszámú projekt (Piacorientált horgászati innováció egyes halfajok termelés technológiájának és környezettudatos horgász eszköz-halcsalik fejlesztésének területén) támogatta.

8. Irodalomjegyzék

Alloway, B.J. (1995): Heavy Metals in Soils. Blackie Academic and Professional, Chapman and Hall, London, 206-220. p.

Az Európai Unió Hivatalos Lapja - A BIZOTTSÁG 1881/2006/EK RENDELETE (2006. december 19.) az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról, 1-15. p. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32006R1881>

Briffa, J., Sinagra, E., Blundell, R. (2020): Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. Helyon, (6) 9. e04691

Burton, Jr, G. A., Basu, N., Ellis, B. R., Kapo, K. E. (2011): Persistence and spatial extent of metal contamination from mining in a freshwater lake system. Water, Air, & Soil Pollution, 235-253. p.

Bufa-Dórr Zs., Málnási T., Sebestyén Á., Dr. Vargha M., Vecsey A. (2021): Magyarország ivóvízminősége 2020– Nemzeti Népegészségügyi Központ, Jelentés, 7-22; 61. p.

http://egeszsegvonal.gov.hu/egeszseg/2-uncategorised/1885-magyarorszag-olomorszag.html#lom_az_ivvzben

Környei I. (1991): Biatorbágyi horgászkrónika. A Biatorbágyi Horgász Egyesület és PECA TÓ Biatorbágy életében.

Marjanovic, P., Miloradov, M., Cukic, Z. (1995): Heavy Metals in the Danube Riven in Yugoslavia (In. Salomons, W., Förster, U., Mader, P. (Eds.) Heavy Metals, Problems and Solutions) ISBN-13:978-3-642-79318-9. 301. p.

Olejár P. (2023): szóbeli közlés.

Rabitto, I. S., Alves Costa, J. R. M., Silva de Assis, H. C., Pelletier, É., Akaishi, F. M., Anjos, A., Randi, M. A. F., Oliveira Ribeiro, C. A. (2005): Effects of dietary Pb(II) and tributyltin on

neotropical fish, *Hoplias malabaricus*: histopathological and biochemical findings. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60 (2) 147-156. p.

Simon L. (2006): Toxikus elemek akkumulációja, fitoindikációja és fitoremediációja a talaj-növény rendszerben, MTA Doktori értekezés, Nyíregyháza, 24-28. p.

Újhelyi R. (2023): szóbeli közlés.

WHO (1989) Heavy Metals Environmental Aspects, In: Environmental Health Criteria, World Health Organization, Geneva, 33.


9. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

Alulírott Balázs István, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllői Campus, Halászati-halgazdálkodási Szakmérnök szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő, 2023. május 08.


Hallgató

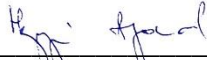
NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Gödöllő, 2023. május 08.


Belső konzulens