Szakdolgozat

Liziczai Márk Imre

biológia tanár – kémiatanár

osztatlan tanári mesterszak

2022

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM
Természettudományi Kar

Szakdolgozat

A jelzőrák (Pacifastacus leniusculus Dana, 1852) inváziójának terepi vizsgálata és az invazív hobbiállatok integrálása a biológia oktatásában

Témavezető:
Dr. Farkas János
egyetemi adjunktus

Készítette:
Liziczai Márk Imre
biológia tanár – kémiatanár
osztatlan tanári mesterszak

Külső konzulens:
Dr. Weiperth András
tudományos munkatárs, MATE

2022

Eredetiségi nyilatkozat

Alulírott .....Liziczai Márk Imre.....(név)

.....G0FWXH.....(Neptun-kód) ezennel kijelentem és aláírásommal megerősítem, hogy az

ELTE.....biológia - kémia.....osztatlan tanári mesterszakján

írt jelen diplomamunkám saját szellemi termékem, melyet korábban más szakon még nem nyújtottam be szakdolgozatként és amelybe mások munkáját (könyv, tanulmány, kézirat, internetes forrás, személyes közlés stb.) idézőjel és pontos hivatkozások nélkül nem építettem be.

Budapest, 20 22. április 25.....

Liziczai Márk Imre

.....

a hallgató aláírása

Tartalomjegyzék

Bevezetés 2
Irodalmi áttekintés 5
1. Őshonos tízlábú rákok Magyarországon 5
2. Idegenhonos tízlábú rákok Magyarországon 12
3. A rákpestis 23
Anyag és módszer 28
Problémafelvetés 28
Terepi vizsgálatok kivitelezése, módszerek: 30
Eredmények és értékelésük 34
Következtetések 57
Kitekintés: 61
Pedagógiai fejezet: Invazív hobbiállatok integrálása a biológia oktatásában 63
Összefoglalás 85
Summary 86
Hivatkozások: 87
Irodalomjegyzék: 87
Internetes hivatkozások 94
Fotójegyzék 100
Köszönetnyilvánítás 104
Mellékletek 105
1. melléklet: Teljes kutatási adatsor 105
2. melléklet: Tanári útmutatók, segédanyagok 123
3. melléklet: Tanulói feladatok, munkalapok 132
4. melléklet: A kecskerák, a kövi rák és az idegenhonos fajok részletes jellemzése 144

Bevezetés

Elsősorban az emberi tevékenységből kifolyólag Földünk ökoszisztémája számos veszélynek van kitéve, mely fenyegeti fajok, sőt, egész életközösségek fennmaradását. E természetvédelmi problémák – úgy, mint a klímaváltozás, környezetszennyezés, élőhely-degradáció, túlhasznosítás – sorában kitüntetett helyet foglal el a biológiai invázió jelensége.

Földünk sokszínű élőhelyei számtalan fizikai, klimatikus és ökológiai barrierrel rendelkeznek, amelyek megakadályozzák a fajok korlátlan terjedését, így pár kozmopolita taxont leszámítva a legtöbb élőlény jól behatárolható elterjedési területtel rendelkezik. Bár elvétve a természetben is előfordulnak olyan szituációk, amikor egy faj néhány példánya az élőhelyétől távolra kerül s egyúttal alkalmas lesz számára az új biotóp, e jelenség hatványozottan azóta jelent meg, amióta az ember nagy távolságokat képes leküzdeni. A számottevő antropogén hatások először a távolsági hajózás megjelenését követően mutatkoztak, amikor is a matrózok különböző haszonállatokat (kecskét, sertést) szándékosan, egyéb fajokat (patkányt, menyétet) véletlenül hurcoltak be a szigetek egyébként zárt, speciálisan evolválódott, endemizmusokban gazdag világába. A leggyakoribb behurcolási módok közé tehát a gyarmatosítás, a mezőgazdasági jellegű tevékenység, a véletlen behurcolás és a biológiai védekezés tartozik (Standovár & Primack, 2001), mely utóbbi leggyakrabban akkor merül fel, ha egy őshonos ragadozóval nem rendelkező idegenhonos fajt szeretnénk gyéríteni eredeti predátorának vagy parazitájának betelepítésével.

A biológiai invázió jelensége tehát azt írja le, amikor egy biotópidegen, a korábbi fajkészletből hiányzó faj megjelenik az érintett élőhelyen, ezt követően megtelepedik, elterjed és önfenntartó állományt képes létrehozni. A nem őshonos, szándékosan vagy véletlenül betelepített, gyorsan terjedő fajokat pedig inváziós fajnak nevezzük (http1). Az őshonosság kérdését is pontosan definiálnunk kell: azokat a fajokat nevezzük őshonosnak, melyek a vizsgált természetföldrajzi régióban (például a Kárpát-medencében) az elmúlt két évezredben természetes módon előfordultak (http2). Az idegenhonos fajok kapcsán azonban több, további fogalmat is meg kell különböztetni a pontos használat érdekében. Jövevényfajnak (vagy adventív fajnak) tekintünk minden olyan taxont, amely hiányzott az eredeti fajkészletből, később viszont megjelent. Ez akár spontán úton is történhet, ahogy azt a Duna folyásvidékén dél felől terjedő gébfajok esetében is láthatjuk (Weiperth et al., 2017a). A behurcolt faj fogalma már a jövevényfaj egy részhalmaza, hiszen itt már az

emberi közreműködésnek meg kell jelennie (nem értjük bele a spontán terjedő fajokat), azonban nem feltételezi, hogy az adott faj meg is honosodik. Erre kiváló példa a paksi halastavak csatornájában 1991-ben befogott, az Amazonasban és az Orinocóban őshonos gyümölcsevő pirája (*Colossoma macropomum*; Cuvier, 1816) esete. A faj képtelen lenne a hazai klímán a telet átvészelni, hiszen hőmérséklet-igénye 22 és 28 °C közé tehető (Weiperth et al., 2017a, 2020a,b, http3). A fenti példával szemben, ha az adott behurcolt faj képes hosszabb távon is megtelepedni új élőhelyén, beilleszkedik az ottani ökoszisztémába, meghonosodott fajnak nevezzük. S ezen meghonosodott fajok egy kis része kezd el intenzíven szaporodni, elterjedni – őket nevezhetjük inváziós, vagy özönfajoknak. Közülük is a legagresszívebben terjedő, az egész életközösségre számottevő hatást gyakorló fajokat átalakító fajoknak nevezzük, melyek képesek jelentősen megváltoztatni az ökológiai rendszer szerkezetét, csökkenteni a biodiverzitást.

Bár az idegenhonos fajok problémaköre általános érvényű szinte minden élőhelyen, az édesvizek különösen ki vannak téve e veszélyforrásnak. Sok kontinentális édesvíz egymástól elszigetelt (pl.: tavak), melyek endemikus fajokban gazdagok lehetnek. Elsősorban a tavak és egymástól elkülönülő vízfolyásokra jelentenek igen nagy veszélyt az idegenhonos fajok (Standovár & Primack, 2001). Az összeköttetésben lévő folyók, folyásvidékek esetén az egyik legnagyobb probléma pedig a szabad terjedés lehetősége.

Napjainkban a korábban felsorolt négy megtelepedési mód mellett azonban egy ötödik forrás is fontos szerephez jutott az idegenhonos fajok terjedésének elősegítésében, ami nem más, mint a hobbiállattartás. Felelőtlen állattartók rendszeresen engednek szabadon más kontinensekről származó élőlényeket, s körükben is az akvatikus inváziók a kiemelkedőek. A vízinövények, puhatestűek, tízlábú rákok, halak és teknősök a legjellemzőbb csoportjai azon kedvtelésből tartott élőlényeknek, amelyek a szabadba kerülnek Magyarországon, és ha áttekintjük a listát, szinte kizárólag vizeinket érintő fajokat találunk.

Szakdolgozatom témájának ötletét is éppen a vizek inváziójának egy esete adta. 2018 októberében testvérem (Liziczai Máté Áron) egy séta során egy rákra lett figyelmes a Lajta mosonmagyaróvári szakaszán, nem túl távol a Lajta – Mosoni-Duna összefolyásától. Nagyon érdekesnek találtam az esetet, mindkét lehetséges kimenetel szempontjából is:

a) Amennyiben valamelyik őshonos tízlábú rákunk van jelen a Lajtában, az egyrészt fokozott természetvédelmi értéket képvisel és védelmet igényel; másrészt pedig bioindikálná a folyó jó vízminőségét.
b) Amennyiben valamelyik idegenhonos tízlábú rák van jelen a Lajtában, nagyon fontos adatokkal szolgálhat a Decapodák terjedési útvonaláról, megjelenéséről.

Így vizsgálatom elsődleges célja egy példány befogása és meghatározása volt, bizonyítandó, a két eset közül melyikkel állunk szemben. S már ekkor felmerült az ötlet, hogy a bizonyításra váró faj – akár őshonos, akár behurcolt – populációs dinamikáját, lokális elterjedését megvizsgáljam.

2018. október 21-én sikerült is befogni egy példányt, amelyről azonosítása után kiderült, hogy az Európában és Magyarországon is inváziósnak számító jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus,* Dana, 1852) egy képviselője.

A továbbiakban egy irodalmi áttekintést követően szeretném ismertetni a terepi vizsgálataimat, melyek bemutatják a kutatás menetét, módszereit, dokumentálását és a megfogalmazott kérdéseket. Külön fejezetben szándékozom részletezni az eredményeket, és azok kiértékelését, képet alkotva ezzel a jelzőrák Lajtában zajló inváziójának körülbelül három éves periódusáról. Végezetül pedig egy külön fejezetben térnék ki az inváziókép hobbiállatok kapcsán felmerülő pedagógiai kérdésekre: hogyan lehet az inváziókiológiát és az egyre nagyobb figyelmet kapó felelősségteljes állattartást integrálni a biológia tantárgy oktatásában, milyen lehetőségei vannak a biológiatanárnak mindehhez, és hogyan lehet a tantárgyon belüli koncentrációt növelve, holisztikus szemlélettel átadni ezen ismeretanyagot.

Irodalmi áttekintés

1. Őshonos tízlábú rákok Magyarországon

A tízlábú rákok egy önálló rendet képviselnek, gyakran „decapodáknak” nevezik őket a rend tudományos neve (Decapoda) után, mely tükörfordításban is tízlábút jelent.

Taxonómiai besorolásuk a következő:

ország: állatok (Animalia) → klád: valódi szövetes állatok (Eumetazoa)
alország: kétoldali szimmetriájú állatok (Bilateria)
alországág: ősszájúak (Protostomia)
főtörzs: vedlő állatok (Ecdysozoa)
törzs: ízeltlábúak (Arthropoda)
altörzs: rákok (Crustacea (Brünnich, 1772))
osztály: felsőbbrendű rákok (Malacostraca (Latreille, 1802))
alosztály: Eumalacostraca (Grobben, 1892)
rendsorozat: Eucarida (Calman, 1904)
rend: tízlábú rákok (Decapoda (Latreilla, 1802)) (http4)

A tízlábú rákok egyik fontos családja az Astacidae (folyamirákfélék), mely az Astacidea alrendágba, azon belül az Astacoidea öregcsaládba tartozik (http5). Bár a rend e sorok írásakor 4786 valid fajt számlál (http4), mégis mindösszesen három fajuk tekinthető őshonosnak Magyarországon. E három faj:

- folyami rák (*Astacus astacus*; Linnaeus, 1758)
- kecskerák (*Pontastacus leptodactylus*; Eschscholtz, 1823)
- kövi rák (*Austropotamobius torrentium*; von Paula Schrank, 1803) (Farkas et al., 2013)

Közülük legrészletesebben a folyami rákot mutatom be, hiszen morfológiájában, élettanában, környezeti igényeiben leginkább ez a faj hasonlít a jelzőrákra. A kecskerák és kövi rák kapcsán csak hazai természetvédelmi helyzetükre térek ki, részletes jellemzésüket a Mellékletek fejezetben adom meg.

Folyami rák (*Astacus astacus*; Linnaeus, 1758)

Jellemzés:

A folyami rák a legnagyobb termetű tízlábú rákfaj Európában (Lukhaup & Pekny, 2008a). Kifejlett kori testmérete jellemzően a 150 – 180 mm-es tartományon belül mozog, s az adult állatok tömege általában 270-350 g körüli. A nőstények észrevehetően kisebb termetűek, mint a hímek (Lukhaup & Pekny, 2008a, http6).

Jellemzően a barnás színezet dominál rajtuk, mely kismértékben eltolódhat zöldes vagy sötétszürkés árnyalatok felé. Fontos azonosító faji bélyeg a carapax (fejtorpajzs) szemek mögötti területén megfigyelhető 2 pár kitinléc. Rostrumának (csőrnyúlvány) középvonala mentén egy él fut, melynek széle fogazott, s hasonló fogazottságot fedezhetünk fel a hímek ollójának mozdíthatatlan szárközépi részén (Farkas et al., 2013, Hoitsy, 2017). Létezik több, ritka színváltozata, köztük kékes (melynél főleg az ollók kék színűek) és zöldes egyaránt (Baensch & Evers, 2004), (1. ábra). Két valid alfaját ismerik el, az *Astacus astacus astacus*-t és az *A. a. canadziae*-t.

Elterjedése:

A folyami rák Európában széles körben elterjedt faj. Megtalálható Albániában, Ausztriában, Belgiumban, Bulgáriában, Fehéroroszországban, Horvátországban, Csehországban, Dániában, Észtországban, Finnországban, Franciaországban, Németországban, Görögországban, Olaszországban, Lettországban, Litvániában, Luxemburgban, Hollandiában, Norvégiában, Lengyelországban, Romániában, Oroszországban, Szerbiában és Montenegróban, Szlovákiában, Svédországban és Svájcban is; valamint természetesen fontos magyarországi faunaelem. Európában több helyre is betelepítették (Ciprus, Liechtenstein, Spanyolország, Egyesült Királyság), de Marokkóban is emberi tevékenység nyomán jelent meg (http6). Élőhelyei egyaránt lehetnek folyó- és állóvizek, hegyvidékeken és felsőbb folyásvidékeken ugyanúgy megtalálható, mint az alsóbb szakaszokon, alföldi régiókban. Előnyben részesíti az olyan víztesteket, ahol az aljzat homokos. Fontos, hogy búvóhelyekben gazdag vizekben telepszik meg: vízi – vízparti növények, gyökerek, uszadékfák, sziklahalmok is megfelelőek számára. Optimális környezeti feltételei közül kiemelkedik az oldott oxigéntartalom iránti igénye, amely mindenképpen 3-4 mg/l oxigénkoncentráció feletti kell, hogy legyen (Edmans et al., 2010).

Környezeti jellemzők, ökológia:

A tízlábú rákokat, így a folyami – vagy másik magyar nevén – nemes rákot is fontos bioindikátornak tartják, ugyanis jelenlétük jelzi, hogy az adott víztest vízkémiai szempontból jó minőségű, tiszta, magas oldott oxigéntartalommal rendelkezik. Ezt Jensen (1996) bizonyította is, amikor akvakultúrás körülmények között vizsgálta a faj nitritérzékenységét. A vízben oldott nitrit ionok ($NO_2^-{}_{(aq.)}$) megemelkedő koncentrációja általában bomló szerves anyagra utal, s a rákok mellett a halakra is mérgező. Ez a kísérlet jól alátámasztotta azt a tendenciózus megfigyelést, hogy a szennyvízzel terhelt természetes vizekből a Decapoda fajok idővel eltűnnek (Jensen, 1996). A víz megváltozó értékei közül egyébként a folyami rák a kalciumionok alacsony koncentrációját más fajokhoz képest jól képes tolerálni (2-3 mg/l $Ca^{2+}{}_{(aq.)}$) (Edmans et al., 2010). A vízben oldott kalciumion-mennyiség azért is meghatározó a Decapodák számára, mivel kültakarójukba kitin mellett mészsók is beépülnek, melyek fokozott védelmet nyújtanak számukra. Jellemző egyébként a rákokra, hogy vedlés után páncéljukat elfogyasztják, visszanyerve ezzel rengeteg értékes ásványi anyagot. Hőmérsékleti optimuma 4 és 18 °C közötti, a túl magas hőmérsékletre érzékeny (Baensch & Evers, 2004).

A folyami rák klasszikus mindenevő fajnak számít, opportunista táplálkozó. A felvett táplálék-összetétel akár jelentős mértékben is változhat az életkor, hőmérséklet és elérhető források függvényében, eltolódhat jobbára növényi és állati táplálékforrás irányába is. Fontos eltakarító szervezetei a makroszkópikus szerves törmelékeknek, úgy, mint a vízbe hullott faleveleknek, friss állati tetemeknek. Algákat, vízinövényeket, kisebb halakat is fogyasztanak, legfontosabb prédájukat azonban a puhatestűek jelentik (Lukhaup & Pekny, 2008a). Táplálékhiány vagy túl nagy egyedsűrűség esetén kannibalizmus léphet föl (Baensch & Evers, 2004).

Ők maguk is fontos prédaállatok a nagyobb testű ragadozóknak. Egyik legfőbb predátoruk az európai angolna (*Anguilla anguilla*), mellettük a halak közül a lesőharcsa (*Silurus glanis*) és a csapósügér (*Perca fluviatilis*), valamint a gázlómadarak, a jégmadár (*Alcedo atthis*), az európai nyérc (*Mustela lutreola*) és a közönséges vidra (*Lutra lutra*) a legjelentősebb rákfogyasztó szervezetek az európai életközösségekben (Edmans et al., 2010).

Szaporodás:

A nőstény állatok ivarérettségüket 62 és 85 mm-es testhossz között érik el, ami a környezeti feltételektől is függ (például táplálékbőség), míg a hímek 60-70 mm-es hossz mellett már szaporodóképesek. A faj szaporodásbiológiája felettébb érdekes: a hímek minden évben képesek párosodni, a nőstények ellenben nem szaporodnak évente, hanem periódikusan változó módon, két szexuálisan inaktív időszak közötti évben hoznak létre utódokat (Edmans et al., 2010). Az optimális gonádfejlődéshez legalább 2-3 hónapon keresztül 16 °C fölötti vízhőmérsékletre van szükség, máskülönben elmarad a szaporodás. A párzást a hőmérséklet csökkenése váltja ki, ami Európában jellemzően október-november táján történik meg (Lukhaup & Pekny, 2008a). Belső megtermékenyítésű, váltivarú állatok, a párzást követően a peterakásra jellemzően decemberben kerül sor. A nőstény potrohlábain hordozza utódait egészen tavaszig, biztosítva védelmüket és állandó oxigénellátásukat. Nem számít szapora állatnak, irodalmi források szerint egy szaporodást követően átlagosan 20 utód kel ki (http7). Egyes tanulmányok szerint akár 20 éves életkort is megérhetnek, de a kb. 7,5 éves élettartam számít átlagosnak (Edmans et al., 2010).

Populációs trendek, természetvédelmi helyzet:

A nemes rák már a történelmi időkben is fontos szerepet töltött be az európai kultúrában, nagyra értékelt, különleges étkezési állat volt. Évszázadokon át nagy mennyiségben gyűjtötték, fogyasztották (Lukhaup & Pekny, 2008a). Állományain számottevően a több évszázados túlhasznosítás sem érződött, az igazi hanyatlás a rákpestis (*Aphanomyces astaci*) megjelenését követően indult be. A kórt okozó eukariótát először Olaszországban észlelték, 1859-ben (http8). A rákpestis nevéhez hűen óriási pusztítást vitt véghez az európai Decapoda-állományokban, az elmúlt hozzávetőlegesen 150 éves időszakban az *Astacus astacus* populációja mintegy 95 %-kal csökkent (Edmans et al., 2010).

A magyarországi elterjedést Puky Miklós és munkatársai vizsgálták először részletesen a 2000-es évek első felében (2005). Tanulmányukban az ország területét 50 * 50 km-es kvadránsokkal fedték le (58 darab borítja be az ország területét), ahol a Decapodák állományait vizsgálták. Eredményeik szerint a folyami rák a legelterjedtebb a három őshonos taxon közül. Összesen 41 kvadránsból tudtak rákok előfordulására utaló adatot szerezni, melyek 90,2 %-ában kimutatható volt az *Astacus astacus*. A vizsgálati eredmények szerint a faj leginkább a nyugati és északi területeken fordul elő, az Alföld

egyes területeiről, Kisalföldről nem mutatták ki. A populációs trendek változására utaló egyik legszembetűnőbb adat az exportra kifogott folyami rákok mennyisége: 1956-ban még évi 13 tonnát exportált Magyarország, míg ez a szám 1980-ra 1 tonnára csökkent (Puky et al., 2005). Hazánkban újabb részletes felmérés 2016-2018 között történt, amikor valamennyi hazai nemzeti park és számos szakterületi specialista 949 mintaponton mérte föl Magyarország tízlábú rák állományát. A felmérés eredményiti összehasolítva a korábbi adatokkal megálapították, hogy a folyami rák a korábbi élőhelyienk mára kevesebb, mint 9%-án található meg hazánkban és kizárólag egyes tiszta vízű domb- és hegyvidéki vízfolyások, illetve tiszta vízű tavakban maradtak fent önfenntartó állományai. A nagyobb folyóinkból (Dráva, Duna, Rába, Tisza) és ezek mellékvízfolyássaiból szinte teljesen eltűntek a folyami rák populációk (Mozsár et al., 2021). Ausztriában a rákpestis járványos terjedése már hamarabb éreztette a hatását: 1878-ban jelent meg, s 1904-re már a folyami rák állományának 75 %-a eltűnt (Pöckl, 1999).

Az IUCN (International Union for Conservation of Nature and Natural Resources) Vörös Listájának besorolása szerint a faj populációs trendje globálisan is csökkenést mutat, legfrissebb státuszértékelésére 2010-ben került sor. Ekkor a sebezhető (vulnerable) besorolást kapta, bár hozzá kell tenni, már 1983-ban is sebezhető fajként volt nyilvántartva (Edsman et al., 2010).

Megritkulásának három legfőbb oka a begyűjtés és túlhasznosítás, az élőhelyek drasztikus átalakítása (gátépítés, vízügyi szabályozás, környezetszennyezés), de mindközül messze kiemelkedik az inváziós fajok szerepe. Már pusztán magát a rákpestis kórokozóját (*Aphanomyces astaci*) is tekinthetjük egy invazív fajnak, de a legnagyobb állománybeli hanyatlást a jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*) és a cifrarák (*Faxonius limosus*) betelepítése okozta, melyek egyrészt aktív terjesztői a parazitának, másrészt képesek kiszorítani élőhelyéről a folyami rákot. Az IUCN javaslatai szerint a faj védelmét kutatással (populációs trendek, beavatkozások figyelemmel kísérése), monitoring-programmal, oktatással és törvényi szabályozással (begyűjtési korlátozás, inváziós fajok tilalma) lehet leginkább biztosítani (Edmans et al., 2010). Magyarországon a folyami rák törvényes oltalom alatt áll, természetvédelmi értéke 50.000 Ft (http9).

1. ábra: Folyami rák (*Astacus astacus*)
(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/Astacus_astacus_male.jpg)

Kecskerák (*Pontastacus leptodactylus*; Eschscholtz, 1823)

Pontokaszpi elterjedésű faj, a Kárpát-medencében éri el elterjedési területének nyugati határát. Élőhelyek tekintetében leginkább az alföldi tájegységek vizeit keresi, lassú folyású folyókban és állóvizekben is gyakorinak számít más Decapodákhoz képest. Sok más tízlábú rákfajhoz képest nagyfokú tűrőképesség jellemzi, a magasabb hőmérsékletet és az alacsonyabb oxigénkoncentrációt is képes elviselni (Hoitsy, 2017, Baensch & Evers, 2004). Az IUCN Vörös Listáján, mint nem fenyegetett (least concern) faj szerepel. Magyarországon azonban a nemes rákhoz hasonlóan védett, eszmei értéke 50.000 Ft (Hoitsy, 2017) (2. ábra).

A vízszennyezés, környezet-átalakítás nagyon rossz hatással volt a kecskerák-állományokra, ami elősegítette megritkulásukat (Farkas et al., 2013, Gherardi & Souty-Grosset, 2017). Ennél számottevőbb problémát jelentenek esetében is az inváziós fajok, kitüntetett figyelemmel a cifrarákra és jelzőrákra. Erős kompetítorként képesek kiszorítani a kecskerákokat, továbbá terjesztik a rákpestis kórokozóját, mely egyebek mellett a magyar és a török állományokra is nagy csapást mért (Gherardi & Souty-Grosset, 2017, Ludányi et al., 2016). A degradáció okozta stressz, a túlhalászat (mint étkezési fajt), a vízpartok erodálódása, a peszticidszennyezés és szennyvízterhelés is mind megjelenik a fenyegető tényezők között (Gherardi & Souty-Grosset, 2017). A 2000-res évek előtt, sőt, egészen 2010-ig még a Tisza főmedre is fontos élőhelye volt a fajnak, de a későbbi felmérések során megállapíthatóvá vált, hogy a főmederben megritkult, és leginkább a

mellékfolyókba, felsőbb folyásszakaszokra, csatornákba húzódott vissza (pl.: Körösök) (Ludányi et al., 2016, Mozsár et al. 2021).

2. ábra: Kecskerák (*Pontastacus leptodactylus*)
(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Big_Crayfish.JPG)

<u>Kövi rák</u> (*Austropotamobius torrentium*; von Paula Schrank, 1803)

Közép-európai elterjedésű faj. Kimondottan kavicsos-köves medrű, jellemzően gyors folyású hegyi patakok felső és középső zónájánka lakója, általában hegyvidékeken, erdős területek vízfolyásaiban fordul elő, de korábban előfordult a Duna gyors sodrású szakaszain is. Magyarországon főleg a a Börzsönyből, a Pilisből, a Visegrádi-hegységből és a Kőszegi-hegységből ismerjük (Farkas et al., 2013) (3. ábra). Három őshonos tízlábú rákunk közül messze a kövi rák a legérzékenyebb a környezeti tényezőkkel szemben. Kizárólag a tiszta vizű, oxigéndús és hűvös, kavicsos medrű patakok lakója. Ez alkalmas élőhelyeit szűken behatárolja, s egyben még nagyobb fenyegetettségnek teszi ki a fajt, hiszen a kevés számára optimális élőhely szennyezése, degradáció vagy invazív faj megtelepedése súlyos csapást mérhet az amúgy sem túl stabil lábakon álló állományára. Leginkább a felső folyásvidékek lakója.

Mivel a kövi rák a hegyvidéki patakok lakója, az inkább síkvidéki vizekben élő folyami rák és kecskerák nálunk gyakoribb faj. A hazai elterjedést Ludányi és mtsai is vizsgálták, 2015-ben, amikor mindösszesen három helyről (Börzsöny, Visegrádi-hegység, Kőszegi-hegység) tudták kimutatni a fajt (Ludányi et al., 2016).

3. ábra Kövi rák (*Austropotamobius torrentium*)
(https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Steinkrebs.jpg)

2. Idegenhonos tízlábú rákok Magyarországon

Magyarország sajnálatos módon egyfajta biodiverzitás-forróponttá vált Európán belül, ami a leírt és részben meghonosodott idegenhonos tízlábú rákokat érinti (Weiperth et al., 2020a) (4., 5. ábra). Számokat tekintve hazánk az Európai országok tekintetében sajnos csúcstartó. Magyarországról eddig a következő idegen rákfajokat sikerült kimutatni:

- cifrarák (*Faxonius limosus*; Rafinesque, 1817)
- jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*; Dana, 1852)
- kínai gyapjasollósrák (*Eriocheir sinensis*; H. Milne Edwards, 1853)
- márványrák (*Procambarus virginalis*; Lyko, 2017)
- vörös mocsárrák (*Procambarus clarkii*; Girard, 1852)
- floridai kékrák (*Procambarus alleni*; Faxon, 1884)
- mexikói törperák (*Cambarellus patzcuarensis*; Villalobos, 1943)
- ausztrál vörösollós rák (*Cherax quadricarinatus*; von Martens, 1868)
- barackrák (*Cherax holthuisi*; Lukhaup & Pekny, 2006)
- *Cherax snowden* (Lukhaup, Panteleit & Schrimpf, 2015)
- *Cherax sp.* (nem beazonosított, potenciálisan leíratlan Cherax faj)
- cseresznyegarnéla (*Neocaridina davidi*; Bouvier, 1904) (Weiperth et al., 2019a,2020a)

4. ábra: Ausztrál vörösollós rák (*Cherax quadricarinatus*) fiatal akváriumi példánya

5. ábra: Cseresznyegarnéla (*Neocaridina davidi*), akváriumi példányok

Dolgozatomban közülük legrészletesebben a jelzőrákkal (*Pacifastacus leniusculus*) foglalkozom. Munkám során azonban szerettem volna valamennyi fajról teljes képet kapni, ezért minden eddig hazánkból kimutatott idegenhonos faj részletes jellemzését elkészítettem az elérhető szakirodalom alapján. Terjedelmi okok végett e jellemzéseket a Mellékletek fejezetben ismertetem.

Jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus* Dana, 1852)

Taxonómia:

Akárcsak az előző fajok, a jelzőrák is a tízlábú rákok (Decapoda (Latreille, 1802)) rendjébe, azon belül a Pleocyemata (Burkenroad, 1963) alrendbe, az Astacidea (Latreille, 1802) alrendágba, Astacoidea (Latreille, 1802) öregcsaládba és Astacidae (Latreille, 1802) családba tartozik. A Pacifastacus (Bott, 1950) nem tagja, rajta kívül további öt valid, leírt fajt sorolunk ide (*Pacifastacus chenoderma, P. connectens, P. fortis, P. gambelii, P. nigrescens*) (http10).

Alfajainak megítélése vitatott. Egyes szerzők három alfaját írják le (*Pacifastacus leniusculus leniusculus* (Dana, 1852), *P. l. klamathensis* (Stimpson, 1857), *P. l. trowbridgii* (Stimpson, 1857) (Lukhaup & Pekny, 2008a) (http11), míg mások a két utóbbit *Pacifastacus klamathensis* és *P. trowbridgii* néven önálló fajként fogadják el (Schuster et al., 2010). Ettől eltérő megítélés szerint az alfajok nevei, a *Pacifastacus trowbridgi*, az *Astacus trowbridgi*, *Astacus klamathensis* egyaránt a faj szinonim nevei, akárcsak az *Astacus leniusculus* és *Astacus oreganus* (http12). Másik magyar neve amerikai folyami rák (Borza et al., 2016).

Jellemzés:

A jelzőrák egy nagytestű Decapoda, kifejlett példányai a 15-18 cm-t könnyedén elérik (Lukhaup & Pekny, 2008a, Lukhaup & Pekny, 2008b), de idősebb példányai akár 20 cm-esre is megnőhetnek (Borza et al., 2016). A 200 gramm fölötti testtömeg egyáltalán nem ritka (Lukhaup & Pekny, 2008a). Ezzel a jelzőrák a legnagyobb testű idegenhonos tízlábú rák, amely hazánkban meghonosodott (Borza et al., 2016).

Színezetében a világosabb barna dominál, a potroh és a fejtor is egyöntetűen barna színű. Ez alól kivétel az ollók ventrális oldala, mely feltűnő vörös színezetű (Lukhaup & Pekny, 2008a), illetve az olló két szárának ízesülésénél egy szürkéskék, néha egészen fehéres folt található (Farkas et al., 2013). Magyar nevét is erről a foltról kapta, amely a leírót a vasúti jelzőkre emlékeztette (Farkas et al., 2013), illetve a rákok támadóikat ollóik felemelésével és foltjuk megvillantásával figyelmeztetik (Weiperth et al., 2020a). Az ollókat hordozó lábízek fonákán nem ritka a halványkék szín megjelenése sem. Carapaxa teljesen sima, kitinkinövések, rücskök nem borítják, és széles, nagyméretű ollói is hasonlóan sima, fényes felületűek (Lukhaup & Pekny, 2008a). A posztorbitális kitinlécek

hiányoznak (Farkas et al., 2013, Borza et al., 2016). A fiatal példányok színezete alig különbözik a kifejlettekétől (Weiperth szóbeli közlése nyomán). Az ivarok nagyon könnyen megállapíthatóak: azon kívül, hogy a nőstények (és ollóik) kisebbek (Lukhaup & Pekny, 2008a), a hímek ventrális oldalán gonopódiummá módosult párzólábai egyértelművé teszik a kérdést (6. ábra).

Elterjedése:

Észak-Amerika nyugati partvidékén, a Sziklás-hegység területén honos, elterjedési területének északi határa Kanada Brit Kolumbia tartományában van, ettől délre pedig az USA Washington, Oregon, Idaho és Kalifornia államaiban fordul elő (Borza et al., 2016, Procopio, 2022, Schuster et al., 2010). A legtöbben Utah, Nevada és Montana államokban betelepített fajnak tartják (akárcsak Kalifornia állam számos területén) (Borza et al., 2016, http11), de egyes források itt is őshonosnak tekintik (http13). Elsősorban a Columbia folyó vízrendszerében találkozunk vele (Procopio, 2022). Vadonbéli becsült egyedszáma meghaladja az egy millió kifejlett példányt (Schuster et al., 2010).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Preferált élőhelyek tekintetében nem számít válogatósnak. Elterjedési területén inkább a mérsékelt áramlású, gyakran alföldi területű vízfolyásokat kedveli, de akár tengerpart-közeli, akár hegyvidéki patakokban, folyókban és állóvizekben egyaránt előfordul (Procopio, 2022). Tiszta, átlátszó és sekély vízfolyásokban ugyanúgy megtalálható, mint zavaros, nagy folyamokban vagy épp eutróf, oligotróf tavakban (Procopio, 2022). Folyótorkolatokban is előfordul, brakkvízben szaporodni is képes (Procopio, 2022).

Az élőhelyeken belül elsősorban azokat a partmenti szakaszokat kedveli, amelyek búvóhelyekben gazdagak. A szakirodalmi adatok alapján a köves vagy növényi törmelékben gazdag helyeken nagyobb egyedszámban fordul elő, míg az agyagos folyómedrekben sokkal kisebb denzitást ér el (Procopio, 2022, Flint, 1975). Járatásó tevékenysége jelentős (Borza et al., 2016, Lukhaup & Pekny, 2008a)

Környezeti igények tekintetében is nagyon tágtűrésűnek bizonyul. A kémhatással szemben savas közegben mutat érzékenységet, 6-os pH alatti vizekben tartósan nem él meg (Borza et al., 2016). Optimuma 7-8 pH között van (Lukhaup & Pekny, 2008b). A

hőmérséklet szempontjából is meglehetősen tág tűrőképességű, 4 és 26 °C között jól érzi magát, de minden további nélkül képes európai klímán is áttelelni (Lukhaup & Pekny, 2008b).

Elsősorban napnyugtakor és éjszaka aktív faj (Lukhaup & Pekny, 2008b), bár nappal is mozoghat (Farkas et al., 2013).

Mindenevő, politrofikus, opportunista faj (http11). Táplálék-összetételének bázisa a környezeti feltételektől, hőmérséklettől, életkortól függően is jelentősen változhat, mind növényi, mind állati eredetű táplálékforrást elfogyaszt (Lukhaup & Pekny, 2008a). Képes a vízinövényzetet is jelentősen megritkítani, s ha egy tóban elszaporodik, a csigák, rovarlárvák állományát is drasztikusan visszaszoríthatja (Lukhaup & Pekny, 2008b). Szívesen vadászik halakra, de a tetemeket is elfogyasztja (Baensch & Evers, 2004). A fiatal példányok között, növekedés közben a kannibalizmus is gyakorta fellép (Baensch & Evers, 2004), s ez idősebb korukban is megmarad (http11). Az életkorral összefüggő táplálékpreferencia terén ambivalens kutatási eredmények születtek: amerikai vizsgálatokban azt találták, hogy a fiatalabb egyedek inkább állati, az idősebbek pedig inkább növényi eredetű táplálékot fogyasztottak, míg brit vizsgálatokban ennek az ellenkezőjét kapták (http11).

Természetes ellenségei között találunk halakat (angolna (*Anguilla anguilla*), lesőharcsa (*Silurus glanis*), csapó sügér (*Perca fluviatilis*), süllő (*Sander lucius*) sebes pisztráng (*Salmo trutta*), fekete sügér (*Micropterus dolomieu*), *Prosopium williamsoni, Ptychocheilus oregonensis*); madarakat (szürke gém (*Ardea cinerea*), jégmadár (*Alcedo atthis*)) és emlősöket, mint a vidra (*Lutra lutra*), amerikai nyérc (*Neovison vison*) és mosómedve (*Procyon lotor*) (http13). Magyarországi megfigyelések alapján frissen vedlett, fiatal rákokat a két, vizes élőhelyekhez kötődő siklófajunk, a vízisikló (*Natrix natrix*) és kockás sikló (*Natrix tessellata*) is fogyasztja (Weiperth et al., 2020a).

Érdekes megvizsgálni a faj normál denzitását a szakirodalmi adatok alapján. Abrahamsson és Goldman (1970) vizsgálata alapján 1,4 kifejlett példány / m^2-nek adódott az egyedsűrűség a Tahoe-tóban, és 1,1 kifejlett példány / m^2-nek a Natoma-tóban. A Tahoe-tóban végzett vizsgálatok során a csapdák hatótávolsága kb. 13,0 m^2-nek adódott, míg a Natoma-tóban 12,7 m^2-nek. A Tahoe-tó esetében 272 kifejlett példány begyűjtésével zajlott a vizsgálat, míg a Natoma-tóból 2441 egyedet fogtak be. A két vizsgálat egymástól

függetlenül is nagyon hasonló értékeket mutatott, így feltételezhetően (legalábbis állóvizekre) a fenti számokat tekinthetjük irányadónak a jelzőrák egyedsűrűségére nézve.

Szaporodás:

Belső megtermékenyítésű faj, a hímek ventrális oldalán kialakult párzólábak segítségével történik a párosodás. Ennek során a hímek általában erőszakosan viselkednek a nőstényekkel szemben, ollóikkal lefogják őket a párzás idejére. A párzást a hőmérséklet csökkenése váltja ki (Lukhaup & Pekny, 2008a, Procopio, 2022), melyre rendszerint szeptember-október folyamán kerül sor (Procopio, 2022, Abrahamsson, 1971), de legkésőbb decemberben (Abrahamsson, 1971). Egyes tanulmányok igazolták, hogy párzási időszakban a nőstény jelzőrákok nagy mennyiségű szexferomont bocsátanak a vízbe, mellyel stimulálják a hímeket (Stebbing et al., 2003). A nőstény az érett petéket a tél során hordozza, az utódok jellemzően március-április során, a melegedő vizekben kelnek ki (Procopio, 2022). Mivel fejlődésük hőmérsékletfüggő, hidegebb vizekben ez eltolódhat későbbre is (Procopio, 2022), akár július végéig (http11). A peték száma általában 200 és 400 között változik, de találtak már 500 fölötti peteszámot is (http11), ami azt mutatja, hogy egy meglehetősen szapora fajról van szó. Gyakran a megtermékenyítetlen nőstények is fejlesztenek terméketlen petéket, melyeket hordoznak is egy ideig (Guan & Wiles, 1999).

Fejlődésmenetük a többi Decapodához hasonló, a kikelő lárvák eleinte még a nőstény közelében maradnak, általában a harmadik vedlésig. Első életévük során 11 vedlésen mennek keresztül, három évesen ez évi kettő, négy éves koruktól évente egy alkalommal történik (http11). Ivarérettségüket jellemzően 2-3 éves korukra érik el (Procopio, 2022), a nőstények általában a harmadik nyarukra, a hímek a másodikra (de előfordul, hogy ők is csak a harmadik nyárra (Guan & Wiles, 1999), ami egy évvel gyorsabb fejlődést mutat, mint a folyami rák esetében (Abrahamsson, 1971). A legkisebb testhossz, melynél megfigyeltek párzást, peterakást 38 mm volt (Guan & Wiles, 1999). Hosszú életű faj, akár a húsz éves kort is megérhetik (http11).

A jelzőrák egy nagyon gyorsan növő faj, amely tulajdonsága már korán felhívta a figyelmet rá akvakultúrás okokból (Procopio, 2022).

Megjelenése és terjedése Európában, Magyarországon:

Európába a 19. század második felében került először (Baensch & Evers, 2004). 1959-ben telepítették be Svédországba Kaliforniából, a Tahoe-tóból (Holdich et al., 2009, http13). Ezt követően 1967-68 során Finnországba (Holdich et al., 2009), majd az Egyesült Királyságba is betelepítették, ide 1976-ban érkeztek meg a rákok Svédországból (Guan & Wiles, 1999, http 41). Az európai telepítések célja a megritkult folyami rák (*Astacus astacus*) állományok pótlása volt (Borza et al., 2016). Az 1970-es években illegálisan telepítették Ausztriába, akvakultúrás célokból (Holdich et al., 2009, Weiperth et al. 2020a). Ebben az évben 2000 példánya érkezett Kaliforniából, amelyeket az ország négy tartományában: Stájerországban, Salzburgban, valamint Alsó- és Felső-Ausztriában engedtek szabadon. 1999-re 119 helyről volt ismert a faj (Pöckl, 1999).

Ma megtalálható a faj Európa legtöbb országában már, így: Ausztria, Belgium, Horvátország, Ciprus, Csehország, Dánia, Észtország, Finnország, Franciaország, Németország, Görögország, Olaszország, Lettország, Litvánia, Luxemburg, Hollandia, Norvégia, Lengyelország, Portugália, Románia, Oroszország, Szlovákia, Szlovénia, Spanyolország, Svédország, Svájc és Egyesült Királyság (http13). Emellett Japán Hokkaidó szigetén (ide öt alkalommal került telepítésre 1926 és 1930 között (http11), és a Dél-Afrikai Köztársaságban is meghonosodott, akárcsak több USA államban, ahol azelőtt nem volt őshonos (http13). Amerikában a Truckee-folyóba 1895-ben, a Tahoe-tóba 1909-ben, a Sacramento-folyóba pedig 1912-ben telepítették (Procopio, 2022).

Európán belüli terjedése gyors és folyamatos (Weiperth et al. 2020a) Spanyolországban 2000-ben telepedett meg (Dana et al., 2010). Olaszországban még 2002-ben is történt szándékos telepítés, a Brugneto-tóba, az ország északnyugati táján (Holdich et al., 2009). Szlovéniában 2003-ban bukkant fel először, ahová Ausztriából, természetes úton, a Murában jutott el, míg 2005-re szintén Ausztria felől elérte Szlovákiát is a Moravában (Holdich et al., 2009). 2008-ban a Murában továbbterjedt Horvátország felé, a becslések szerint 13,8 km-t terjeszkedik a populáció évente (Holdich et al., 2009). A brit Wharfe folyón 2000 és 2002 között végzett kutatásban radioizotóppal jelölt majd visszafogott jelzőrákok terjedését vizsgálták. Az eredmények szerint az egyes példányok kb. 1,5 km/év terjedési sebességgel rendelkeznek, ivartól függetlenül (Bubb et al., 2004). A Wharfeban az 1980-as évek végén való megjelenése és 2002 között folyásirányban 22,9 km-t, folyásiránnyal szemben 3,8 km-t terjedt (Bubb et al., 2004).

A jelzőrák Magyarországi első észlelésének pontos meghatározása nehéz. Egyes feljegyzések alapján első egyedeit már a 1990-es évek második felében a Rába Szentgohárd alatti szakaszán kimutatták (Kovács et al., 2005), más szakértők pedig a faj pontos megjelenését a 2000-es évek első felére teszik, ekkor Kőszeg közelében, a Gyöngyös-patakban találtak rá egy elhullott példány ollómaradványaira, melyről 2002-ben Illés Péter számolt be. Egy évvel később (2001-ben) élő egyedeket is sikerült kimutatni és a Gyöngyös-patakban ekkorra már nagy egyedszámot ért el a faj (Puky et al., 2005). Ugyanakkor osztrák és magyar vizsgálatok már a Rábában, közvetlen a határ közelében az 1990-es évek első felében kimutatták (Csányi Béla szóbeli közlése). Az eltérő adatok alapján a leírók úgy vélik, hogy a jelzőrák szaporodó állománya 1998 óta jelen lehet Magyarországon (Kovács et al., 2005). Puky Miklós és munkatársai (2005) már 2005-ben felveti a veszélyét a faj Rábában való gyors terjedésének és a folyami rák állományainak vesélyeire is felhívja a figyelmet. Az ezt követő 5-6 év során a terjeszkedés be is következett, több nyugat-magyarországi folyóban, kisvízfolyásban is megjelent, a Rábában aktívan elkezdett terjedni a Duna irányába (Holdich et al., 2009, Liziczai, 2019). 2018-ban sikerült jelenlétét igazolni a Lajtában is (Liziczai, 2019), ahol azóta nagy egyedszámban van jelen. 2019-es vizsgálatok bizonyították a jelzőrák sajnálatos jelenlétét a Duna főágában (nagybajcsi és gönyűi szakasz) és a Mosoni-Dunában (mecséri, győri és véneki szakasz) is (Liziczai et al., 2020). A jelzőrák jelenleg aktívan terjed a Dunában, a folyásiránnyal megegyező irányban (Seprős et al., 2018, Weiperth et al., 2020a).

Megállapítható, hogy a faj Magyarországra természetes úton terjedve, Ausztriából jutott el. Akvarisztikai, hobbi célú érdekeltsége a fajnak nincs, hazánkba gazdasági célból sem telepítették (Borza et al., 2016, Weiperth et al., 2020a).

<u>A jelzőrák inváziójának hatásai, kockázati tényezői</u>:

A jelzőrák az egyik legtöbb problémát felvető idegenhonos faj az európai és magyarországi vizekben.

Egyrészt, aktívan terjeszti a rákpestis (*Aphanomyces astaci*) kórokozóját (Báldi et al., 2017, Borza et al., 2016, Holdich et al., 2009), amely nagyon fertőző, magas mortalitású az őshonos fajokra nézve (Liziczai et al., 2020, Weiperth et al., 2019b). A jelzőrák, mint a legtöbb észak-amerikai faj, nem fogékony a kórokozóra (Farkas et al., 2013), vektorszervezetként működik a parazita számára (Pöckl, 1999). A fertőzésben elpusztuló rákállományok helyét könnyűszerrel átveszi (Borza et al., 2016). Érdekesség,

hogy a stressznek kitett, valamilyen okból legyengül jelzőrákok állományán hamar úrrá lesz a rákpestis, ami ekkor rájuk nézve is nagy mortalitással jár (http11).

A jelzőrák a rákpestis mellett hordozhatja az ún. „fehér pötty szindróma” vírusát (WSSV – white spot syndrome virus), erre a kórokozóra viszont ő maga is fogékony (http11). PCR-technológia felhasználásával molekuláris bizonyítékok vannak arra, hogy az ún. „porcelánbetegség” (porcelain disease) kórokozóját, a *Thelohania contejeani*-t is hordozhatja, általa megfertőződhet (Dunn et al., 2009).

Nagyon jelentős a járatásó tevékenysége: téli hibernációjához és az időszakos aszályok, szárazságok átvészeléséhez is a partfalba váj járatokat (Harvey et al., 2011, Weiperth et al., 2020a) Ez a tevékenysége súlyos erózióhoz vezethet (Procopio, 2022, http13), akár partfalak beomlása is bekövetkezhet (Harvey et al., 2011, http11). A partfalon méterenként akár több, mint 5 járat is előfordulhat (Procopio, 2022). A folyók partfalába vájt járatait a Szigetközben is megtalálták már, ami vízgazdálkodási problémaforrást jelent (Liziczai et al., 2020).

Jelentős fogyasztója a makrovegetációnak, a vízinövények elfogyasztásával kiiktatja a lebegő algák táplálékkonkurensét, így algásodást okozhat jelenléte a víztestben. Mobilizálja a mederanyagot és a benne leülepedett tápanyagokat, ami az algásodással együtt vízminőség romláshoz vezet. Ezzel megváltoztathatja a vízfolyás dinamikáját, a mederanyag állagát is (Harvey et al., 2011). Bár megállapítható, hogy a Decapodák fontos lebontó szervezetek és segítik az elpusztult növényi részek tápanyagtartalmát visszajuttatni a táplálékkörforgásba, az fonalas, bentikus algaállomány elfogyasztásával rengeteg makrogerinctelen élőhelyet szüntetnek meg (Guan & Wiles, 1998). Jelentősen képes megváltoztatni az élőhelyek faji összetételét, diverzitását.

Nem csak Európában fenyeget őshonos fajokat a jelzőrák terjedése, a vele rokonságban álló és észak-amerikai elterjedésű, az IUCN Vörös Listáján súlyosan veszélyeztetett (critically endangered) fajként számon tartott *Pacifastacus fortis* is veszélyben van a jelzőrák által kifejtett inváziós és predációs nyomás miatt (http13). Kanadában az Enos tóba történő telepítését követően a háromtüskés pikó (*Gasterosteus aculeatus*) állománya omlott össze, mivel a jelzőrák drasztikusan megváltoztatta a tó növény- és makrogerinctelen fajösszetételét, mennyiségét és ezáltal a vízminőséget is, ellehetetlenítve a pikók életfeltételeit (Behm et al., 2010, Procopio, 2022). A bentikus gerinctelenállomány megváltoztatása mellett aktív predációjuk súlyosan meggyérítette az

oregoni Crater-tó *Taricha granulosa mazamae* gőteállományát, miután 1915-ben betelepítették a jelzőrákot és a tó közel 80%-át már elfoglalta (Girdner et al., 2018, Procopio, 2022). Japánban a *Cambaroides japonicus* nevű rákfaj ritkult meg vészesen Hokkaidó szigetén a jelzőrák betelepítését követően (http11).

Erős kompetítor, mely nem merül ki a Decapodák közötti versengésben. A halak közül megfigyelték Kaliforniában egy kölöntefajjal (*Cottus beldingii*) folytatott kompetícióját, melyben a kölönte maradt alul, (Light, 2005, http11), valamint angol kutatások ugyanezt igazolták botos kölönte (*Cottus gobio*) és kövi csík (*Barbatula barbatula*) esetében is (Guan & Wiles, 1997).

Inváziós tulajdonságait tovább fokozza agresszivitása, szaporasága, nagyszámú utóda, gyors egyedfejlődése és az, hogy nagy denzitást tud elérni, szűkebb biotópban is (Borza et al., 2016, Holdich et al., 2009, Ludányi et al., 2016, Pöckl, 1999). Ezek a tulajdonságok is hozzásegítik, hogy kiszorítsa, versengésben felülkerekedjen kevésbé szapora európai fajokon (Pöckl, 1999, Söderbäck, 1991). Kísérletes körülmények között is bizonyították, hogy agresszív viselkedése és dominanciája miatt könnyedén felülkerekedik a folyami rákokon és kiszoríthatja őket egy versengésben (Söderbäck, 1991). Ahol megjelenik, rövidesen egyeduralkodó fajjá válik (Kozubíková et al., 2010, Seprős et al., 2018). Terjedése a folyókon folyásirányban és azzal szemben is lehetséges (Borza et al., 2016), de folyásirányban gyorsabb (Bubb et al., 2004). Mindezt összevetve egy ún. átalakító fajnak (transformer species) vagy másként ökoszisztéma-mérnök fajnak tekinthetjük (Weiperth et al. 2020a).

A környezeti igényeket tekintve a jelzőrák által preferált élőhelyek nagymértékben átfednek a folyami rák (*Astacus astacus*) élőhelyeivel (Pöckl, 1999, Seprős et al., 2018), így jelentős az interspecifikus konfliktus közöttük, jellemzően a folyami rák kárára. A két faj mind külső, mind ökológiai hasonlósága a konvergens evolúció eredménye (Westman et al., 2002). Egy finn tó megfigyelése során azonban bizonyítást nyert, hogy nem csupán az élőhely-átfedésből, erőforrás-konkurenciából fakad a folyami rák alulmaradása a jelzőrákkal folytatott kompetícióban. Egy dél-finn oligotróf erdei tóban (Slickolampi), ahol mindkét faj előfordul, 30 éven át követték nyomon az állományok alakulását. Az 1970-es és ’80-as években egyértelműen a nemes rák volt a domináns, de idővel hirtelen az arány megváltozott, és az 1990-es években már a fogások 98 %-át a jelzőrák tette ki (Westman et al., 2002). Mivel a tó rákpestistől mentes volt, a folyami rák populációjának

összeomlásáért végső során a reprodukciós interferencia jelensége a felelős: az agresszívebb és dominánsabb jelzőrák hímek párosodnak a folyami rákok nőstényeivel elnyomva a fajazonos hímeket. Laboratóriumi kísérletek között bizonyítást nyert, hogy a folyami rák nőstények a jelzőrákkal folytatott párzást követően steril petéket termelnek. A jelenség fordítva is megtörténhet (folyami rák hím és jelzőrák nőstény párosodásával), viszont kísérletes körülmények között sokkal ritkábban, sőt, mivel a jelzőrák szaporább faj, ez sokkal kisebb hatást gyakorol az összállományra (Westman et al., 2002).

Mivel képes a folyók felső folyásvidékén is megtelepedni, a kövi rák (*Austropotamobius torrentium*) állományait is fenyegeti, nagyobb folyóinkban, állóvizeinkben pedig a kecskerák (*Pontastacus leptodactylus*) sincs biztonságban tőle (Seprős et al., 2018). Ludányi és munkatársai (2016) egy mintavételi helyszínen tudták bizonyítani őshonos *Astacus astacus* és az inváziós *Pacifastacus leniusculus* együttes előfordulását, de ismert tény, hogy ahol a jelzőrák megjelenik, rövidesen a folyami rák állományok kipusztulnak (Pöckl, 1999).

A jelzőrák terjedése ellen védekezni rendkívül nehéz. Jelzőrák lakta vizekben használt (kutatási, gyűjtési célú vagy csupán horgászati) eszközöket használat után fertőtleníteni kell a rákpestis víztestek közötti átvitelének megakadályozása érdekében. Zárt tartás esetén kémiai irtás lehetséges (Borza et al., 2016, Weiperth et al. 2020a). Természetes vizekben a gyűjtéses gyérítés nem bizonyul elég hatékonynak, mindazonáltal terjedése lassítható, ahogy azt egy spanyol példában is láthatjuk (Dana et al., 2010). A granadai Riofrío folyóban 2000-ben telepedett meg a faj, melynek felső vidéke a ritka *Austropotamobius pallipes* fontos élőhelye, ezért kiemelt figyelmet fordítottak a jelzőrák gyérítésére és más víztestekbe való átjutásának megelőzésére. Nehezebben elérhető helyeken varsacsapdákat helyeztek el, könnyebben elérhető helyekre mesterséges búvóhelyeket (melyekből begyűjthetőek) építettek és elektromos halászgépet is használtak gyűjtésükre. A kombinált módszerekkel 2005 és 2009 között 31.374 példányt fogtak be, az első évben 30.4 ± 3.2 példány/nap gyakorisággal, ami 2009-re 9.8 ± 1.7 példány/napra csökkent (Dana et al., 2010). Az invázió korai szakaszában nagy erőfeszítésekkel még aránylag jól lassítható a terjedés, de ha az invázió kiterjedté válik, sokkal nehezebb a populációmenedzsment.

Terjedését akadályozhatja égerligetek ültetése, a tapasztalatok alapján az égeresek melletti vizekben a savanyú kémhatás miatt nem tud feljebb hatolni, így alkalmas

élőhelyek maradhatnak a kövi és folyami rákok számára a felső szakaszokon (Weiperth et al. 2020a). A tájékoztatás, oktatás nagyon fontos – nemcsak ennél a fajnál, hanem a hobbi célból tartott Decapodáknál is – hogy elkerüljük a szándékos vagy véletlen kihelyezéseket (Baensch & Evers, 2004, Borza et al., 2016). Gyűjtött példányai kiválóak fogyasztási célú felhasználásra.

6. ábra: Jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*)

3. A rákpestis

Az európai Decapoda állományok hanyatlásában kulcsszerepet játszott, sőt játszik mind a mai napig a rákpestis betegsége, ezért kiemelten fontosnak tartom, hogy röviden jellemezzem a kórokozót.

Rákpestis (*Aphanomyces astaci* Schikora, 1906)

Rendszertani hovatartozás:

A rákpestis nevét arról kapta, hogy a középkorban gyorsan terjedő, bakteriális pestisjárványhoz hasonlóan gyors ütemben és nagy mortalitással képes az európai tízlábú rákok populációiban fertőzni. Valójában azonban nem baktérium, hanem egy gombaszerű

eukarióta okozza. Egészen pontosan a RAS kládba, azon belül is az Oomycota törzsbe, a Saproleginales rendbe és a Leptolegniaceae családba tartozó moszatgomba-fajról van szó (http8).

Történeti érdekesség, hogy 1898-ban Hofer még *Bacillus pestis astaci* néven írta le, és csak 1903-ban jöttek rá, hogy gombaszerű élőlény okozza, a pontos azonosításra viszont még 1934-ig várni kellett (http8). Kimutatásához, azonosításához molekuláris vizsgálatra van szükség, morfológiai alapon nem határozható (Vrålstad et al., 2011).

Elterjedése:

Észak-Amerika szerte elterjedt kórokozó, viszont a világ bármely más pontján behurcoltnak számít (http8). Molekuláris biológiai analízise alapján legvalószínűbb, hogy az USA délkeleti területein fejlődött ki, egyúttal itt a legelterjedtebb és itt rendelkezik a legnagyobb genetikai diverzitással (Martín‑Torrijos et al., 2021).

Szaporodása, fertőzésmenete:

Az *Aphanomyces astaci* obligát parazitája az édesvízi tízlábú rákoknak, köztigazdája, egyéb állatban fejlődő alakja nincs (Martín‑Torrijos et al., 2021, Vrålstad et al., 2011)

A kórokozó a rákok kutikulájában él, ahová aszeptált, elágazó, 7-9 μm átmérőjű (Alderman et al., 1987, Vrålstad et al., 2011, http8) gombafonalakat ereszt, behálózva azt (Holdich et al., 2009). Fertőző ágensnek a zoospórák számítanak, melyek aszexuális úton képződnek és a vízben úszásra képesek (Holdich et al., 2009, Vrålstad et al., 2011). Ha a zoospórák nem találnak megfelelő gazdaszervezetet, egymás után háromszor képesek újabb zoospórává átalakulni, ezt követően elpusztulnak (Vrålstad et al., 2011).

Miután a zoospórák megtelepedtek a rák kültakaróján, először a kutikulába nő bele a kórokozó (Vrålstad et al., 2011). Főleg a ventrális oldalon a puhább páncélzatot, illetve az ízületi régiókat kedveli (Oidtmann, 2021). Az észak-amerikai rákok gyors immunválasszal reagálnak a rákpestis kórokozójára, így ők jóformán tünetmentes hordozók lehetnek (Holdich et al., 2009, Vrålstad et al., 2011). Az immunis fajoknál nagyon gyakran betokosodik vagy melanizálódik a fejlődő hifa, megakadályozva a további növekedést (Vrålstad et al., 2011). Hifái érzékeny fajoknál egyébként számos szervbe, például kötőszövetekbe, izomzatba vagy az idegrendszerbe is benőnek (Bower, 2012,

Oidtmann, 2021, Vrålstad et al., 2011). A patogén 4-20 °C között a legaktívabb, kémhatás igénye pH 5-7 közötti (Oidtmann, 2021).

Az, hogy az észak-amerikai rákok nem betegszenek meg rákpestisben, vélhetően koevolúciós folyamat eredménye (Holdich et al., 2009). Immunitásuk azonban nagy problémákat vet fel, ha behurcolt fajként új élőhelyekre kerülnek. Stresszes közegben, ha legyengül a hordozó fajok példányainak immunrendszere, a kórokozó rajtuk is eluralkodhat és gyorsan végezhet velük (Holdich et al., 2009).

Az európai, illetve ázsiai, ausztráliai rákok rendkívül érzékenyek a kórokozóra (Holdich et al., 2009, Martín‑Torrijos et al., 2021, Oidtmann, 2021, Vrålstad et al., 2011). Megfertőződésükhöz akár már egyetlen zoospóra is elegendő lehet, és a mortalitási ráta közel 100% (Kozubíková et al., 2010, Oidtmann, 2021). Rezisztens állományt egyelőre nem ismerünk (Oidtmann, 2021).

A fertőzés tünetei jellegzetesek: a fertőzött rákok napközben is elhagyják búvóhelyeiket, reflexeik tompulnak, idővel paralízis áll be. Időközönként megfigyelhető, hogy vakarózni próbálnak tereptárgyakhoz dörgölve magukat. Az elhullás előtt álló példányok általában a talajon, hátukon fekszenek (Oidtmann, 2021). A rákpestis emberre teljesen veszélytelen (Vrålstad et al., 2011).

Megjelenése és terjedése Európában, Magyarországon:

A rákpestis első európai megjelenése mindmáig valamelyest homályos. Az első számottevő Decapoda elhullások Olaszországban kezdődtek 1859-ben, majd ezt követően ugyanezt tapasztalták Franciaországban (1874-75 az első járvány) és Németországban (1877) is (Vrålstad et al., 2011, http8). A parazita gyorsan terjedt, elsősorban a Duna vízrendszerében mind fölfelé, mind lefelé: 1879-Ausztria; 1881-Svájc; 1885-90 között Szlovénia, Lettország, Oroszország és az 1900-as évek legelejére már a Skandináv-félszigetet is elérte (Vrålstad et al., 2011, http8). Ezek a pusztulások más állatcsoportot nem érintettek (Oidtmann, 2021, http8), s mivel ekkor még idegenhonos tízlábú rák nem telepedett meg az európai vizekben, a rákpestis megjelenése a legvalószínűbb ok. Behurcolásának módja ismeretlen (http8). Az 1960 utáni rákpestis-járványkitörésekért viszont már leginkább a betelepített amerikai fajok (cifrarák, jelzőrák, később vörös mocsárrák) tehetők felelőssé. A vörös mocsárrákot (*Procambarus clarkii*) széthurcolták a világ számos pontjára – eljutott Afrikába, Ázsiába is, így vele együtt a kórokozó is lassan világszerte szétterjed (http8).

A Duna magyarországi szakaszáról az utolsó pusztító rákpestis-járvány még a 19. századból ismert (Kozubíková et al., 2010). Egy friss, 2010-es felmérés vizsgálta a cifrarák (*Faxonius limosus*) és jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*) állományok rákpestis-fertőzöttségét a hazai vizekben: a cifrarákokat Bogyiszló és Göd magasságában gyűjtötték a Dunából (21 és 25 megvizsgált példány), a jelzőrákokat pedig a Gyöngyös-patakból (16 példány) és egy kőszegi csónakázó tóból (11 példány) (Kozubíková et al., 2010). Bogyiszlónál 1 fertőzött cifrarákot (5%) találtak, viszont Gödnél az állomány 84%-a hordozta a patogént, 21 állat hordozta a betegséget (Kozubíková et al., 2010). A jelzőrákok Gyöngyös-patakban élő állománya 25%-os fertőzöttséget mutatott, a csónakázó tóban nem volt jelen a parazita (Kozubíková et al., 2010). Az eredmények a Duna őshonos rákállományára nézve aggasztóak, kiváltképp a jelzőrák terjedése kapcsán: míg a cifrarákok kevésbé hajlamosak a folyókon folyásirány ellenében vándorolni, a jelzőrákok – a rákpestist aktívan terjesztve – szívesen foglalják el a felső folyásvidékeket, melyek az utolsó menedékei a védett kövi rák (*Austropotamobius torrentium*) állományoknak (Kozubíková et al., 2010).

<u>A rákpestis hatásai, kockázati tényezői</u>:

A rákpestis a 100 legveszélyesebb inváziós faj egyike (Martín‑Torrijos et al., 2021, http11).

A rákpestist nagyon könnyű egyik vízből a másikba átvinni. A zoospórák vizes vagy nedves közegben 16 napig életképesek maradnak (Holdich et al., 2009), azonban a magas hőmérsékletet, kiszáradást nem bírják (Oidtmann, 2021). Kísérletes körülmények között, laboratóriumban vizsgálva is kiderült, hogy halakkal és fertőzött vízzel érintkező eszközökkel is átvihető a kórokozó. Minél kisebb volt az átvitt zoospórák mennyisége, annál később következett be az elhullás, de elkerülhetetlen volt. A vizsgálat azt találta, hogy az eszközök, illetve halak malachitzölddel történő kezelése megelőzi a fertőzést, vélhetően elpusztítja a parazitákat (Alderman et al., 1987). A vizsgálat tanulsága, hogy haltelepítésekkel, horgászeszközökkel is könnyen áthurcolhatjuk fertőzött vízből érintetlen víztestbe a rákpestist, ezért nagyon fontos körültekintően eljárni. Ugyanígy, az akváriumokban tartott, potenciálisan rákpestishordozó észak-amerikai fajok tartóvizét nem célszerű olyan vízhálózatba önteni, mely bármely természetes vízzel összeköttetésben áll.

A fentiek mellett számtalan további útja van a rákpestis továbbterjedésének. Közéjük tartozik az akaratlan szökések akvakultúrákból, a közlekedési eszközök, az élő

eleségek gyűjtése, áradások, víztestek összekapcsolódása, mezőgazdasági tevékenység (http8). Ruhákon, használati eszközökön, halakban, csalikkal, hulladékkal és természetesen vektorszervezetek által is továbbadódhat (Oidtmann, 2021, Vrålstad et al., 2011, http8).

Nagyon fontos kiemelni, hogy a rákpestis szerepet játszott abban, hogy idegenhonos Decapodák kerüljenek Európába. Bár az őshonos fajok érzékenyek a vízminőségre, állományaik igazán az 1800-as évek második felében csappantak meg, a betegség megjelenését követően. Svédországban nagyon jól tanulmányozott a folyami rákok eltűnése, az állományok gyakorlatilag 95%-a kiveszett a rákpestis miatt, a korábbi 3000 ismert lelőhely 50%-ából nagyjából 50 év alatt eltűntek a patogén meghonosodását követően (Bohman & Edsman, 2011). A kipusztult – főleg – folyami rák állományok pótlására kezdték a cifra- és jelzőrákot betelepíteni. A svéd kormány 1969-ben indított nagyszabású programot a jelzőrák betelepítésére (Bohman & Edsman, 2011), de ezek a telepítések dominószerűen hoztak magukkal számos további problémát azon túl, hogy a rákpestis jelenlétét és terjedését még inkább megerősítették, és hozzájárultak az őshonos fajok további ritkulásához. 1994-re teljes tilalom lépett életbe Svédországban a jelzőrák telepítésekkel kapcsolatban (Bohman & Edsman, 2011).

Az őshonos fajok megritkulása miatt étkezési célú halászatuk, mint gazdasági profit, kiesett, s a kiesés, illetve később a megőrzésükre fordított anyagi javak mértéke becslések szerint dollármilliónak megfelelő összegre rúg Európában (Kozubíková et al., 2010, http8). Ennek mértékét jól mutatja, hogy csak Svédországban 1500 tonna az éves rákfogás, ami 30-40 millió eurós nagykereskedelmi értéket képvisel (Bohman & Edsman, 2011). A rákpestis okozta veszteségek természeti kára is hatalmas, nagyon értékes populációi veszhetnek el ritka, őshonos fajoknak, kockáztatva ezzel fennmaradásukat (ahogy az pl. az *Austropotamobius pallipes* portugál állományainál is látszik) (Kozubíková et al., 2010).

Anyag és módszer

Problémafelvetés

2018 októberében a vízpart mentén sétálva testvérem (Liziczai Máté Áron) egy rákra lett figyelmes a Lajta mosonmagyaróvári szakaszán, nem túl távol a Lajta – Mosoni-Duna összefolyásától. Nagyon érdekesnek találtam az esetet, mindkét lehetséges kimenetel szempontjából is:

a) Amennyiben valamelyik őshonos tízlábú rákunk van jelen a Lajtában, az egyrészt fokozott természetvédelmi értéket képvisel és védelmet igényel; másrészt pedig bioindikálja a folyó vízminőségét.
b) Amennyiben valamelyik idegenhonos tízlábú rák van jelen a Lajtában, nagyon fontos adatokkal szolgálhat a behurcolt Decapodák terjedési útvonaláról, megjelenéséről.

Így vizsgálatom elsődleges célja egy példány befogása és meghatározása volt, bizonyítandó, a két eset közül melyikkel állunk szemben. S már ekkor felmerült az ötlet, hogy a bizonyításra váró faj – akár őshonos, akár behurcolt – populációs dinamikáját, lokális elterjedését megvizsgáljam.

2018. október 21-én sikerült is befogni egy példányt, amelyről azonosítása után kiderült, hogy az Európában és Magyarországon is inváziósnak számító jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*, Dana, 1852) egy képviselője (7., 8. ábra).

Az első példány befogását hosszú nyelű kézihálóval végeztem a partról, a Lajta mosonmagyaróvári szakaszán az alábbi koordináták szerinti ponton: GPS: É.Sz.: 47.878371; K.H.: 17.280432

A kifogott hím ivarú példány ollók nélküli testhossza 145 milliméter volt. Meghatározása egyszerű volt a jelzőrákok nevét is adó jellegzetes, piszkosfehér foltjáról, mely az olló két szárának tövében ül, valamint az ollók ventrális oldalának élénkvöröses színezetéről. Határozásomat Weiperth András is megerősítette (Liziczai, 2019).

7. ábra: A Lajtabeli előfordulást bizonyító első példány dorzális oldala

8. ábra: A Lajtabeli előfordulást bizonyító első példány ventrális oldala

A jelzőrák Lajtában való jelenlétét a Halászat c. folyóirat 2019-ben megjelent 112/2 számában írtam le elsőként, a fent nevezett egyed volt a leírás bizonyító példánya (Liziczai, 2019). Az észlelésről és terjedésről több helyi médiában (városi és megyei újságok, városi televízió) is beszámoltam, felhívva a figyelmet a jelzőrák ökológiai veszélyeire (http14, http15).

Azonban nem az általam befogott példány az első jelzőrák, mely a Lajtából előkerült. Nagy Attila mosonmagyaróvári horgász számolt be a Kisalföld folyóiratnak 2018 augusztusában egy fogásról, mely elmondása szerint 27 cm-es és 350 grammos volt. A kifogott rákról az észlelést és fényképet a megyei sporthorgász egyesületek szövetségének küldte meg, s a fotódokumentáció ellenére tévesen folyami rákként azonosították. A Kisalföld is örömteli hírként közölte a folyami rák megjelenését és szapora terjedését (http16), s számos weboldal – köztük bulvár oldalak (Nők Lapja Café, Blikk, 168.hu stb.) is – mintegy szenzációról számolt be (http17).

Miután bebizonyosodott, hogy egy idegenhonos, inváziós rákfajról van szó, mely korábban nem volt jelen a Lajtában, kutatásba kezdtem, melynek során azt igyekeztem kideríteni, mekkora populációval rendelkezik a faj a folyóban, hogyan változik a populáció az idő előrehaladtával vagy periódikusan, milyen mikrohabitatokat, élőhelyeket kedvel és foglal-e a Lajtában, mekkora denzitást ér el egyes helyeken, s ezen preferált élőhelyek ökológiailag milyen jellemzőkkel bírnak.

Terepi vizsgálatok kivitelezése, módszerek:

Vizsgálati helyszín

A Lajta Ausztriában ered, a Schwarza és a Pitten összefolyásából, melyek közül az előbbi keresztülfolyik a Rax, Schneeberg és Schneealpe hegyek vidékén, otthont adva olyan zoológiai érdekességeknek, mint a vízirigó (*Cinclus cinclus*), hajnalmadár (*Tichodroma muraria*), hegyi billegető (*Motacilla cinerea*) vagy pénzes pér (*Thymallus thymallus*) (http18). A hegyvidéki pataki jelleget később az összeömlő folyások természetes elveszítik, lassabban hömpölygő folyóvá változik, mely torkolatánál 8-10 m^3/s vízhozammal rendelkezik. Vízgyűjtő területe 2138,1 km^2-t foglal magába, s kb. 180 km hosszú (http19).

A folyó leghosszabb szakasza ma Ausztriához tartozik, a történelmi idők során nagyon sokáig határfolyónak számított, még a Monarchia idején is. Hegyeshalom magasságában lép be Magyarországra, s a következő érintett település Mosonmagyaróvár, ahol eléri torkolatát is. A „Lajtaspicc”-nek nevezett ponton, Mosonmagyaróvár város területén belül beleömlik a Mosoni-Dunába (9. ábra). Mosonmagyaróvár fölötti szakaszán a főágba torkollik a Lajta bal parti csatorna, mely még Ausztria területén ágazik ki belőle, s vele párhuzamosan egy jobb parti csatornával is rendelkezik. A város határában egy

duzzasztómű található a folyón, ahol a főág és a bal parti csatorna összefolyik, s itt ágazik ki belőle a Malom-ági Lajta, amely helyenként kisebb ágakra szakadva behálózza Mosonmagyaróvár belvárosát, míg egy bő folyókilométerre a torkolattól visszacsatlakozik a főágba.

9. ábra: Drónfelvétel a Lajta és Mosoni-Duna összefolyásáról (Dr. Liziczai Imre)

Már nagyon korán szabályozták a Lajtát, jelentős antropogén átalakításnak van kitéve. Mosonmagyaróvári szakaszán, a duzzasztómű alatt hosszan árvízvédelmi töltés kíséri, a partfalak kikövezettek. A duzzasztó alatti szakaszon sokszor még a meder is köves, az alsóbb szakaszokon, az utolsó egy-két kilométeren is a partfalon még bőséges a kövezés, de az aljzat inkább iszapos, a partmenti vegetáció gazdagabb. A Malom-ági Lajta még erőteljesebben átalakított: helyenként teljesen kövezett vagy betonozott a meder, keresztülhalad a folyóág egy történelmi vízimalmon, mely szakasz ma egy kenucsúszdaként üzemel. Ezt az ágat – annak egyik legintenzívebben átalakított szakaszát – még hőszennyezés is éri a város termálfürdőjéből, ami felveti a kockázatát egzotikus fajok megtelepedésének, amelyek képesek áttelelni a télen is meleg termálbefolyónál.

A Lajta vízszintje és a víz átláthatósága egy évben jelentősen ingadozhat: a tavasszal levonuló árhullám idején a vízszint magasabb és a víz átlátszatlan, hordalékos (nem véletlenül nevezték régen Sárfolyónak), nyáron és ősszel viszont sokat apad, időszakonként a víz is kitisztul olyannyira, hogy a mederfenékig is lelátni. A vízmélység ilyenkor ritkán haladja meg az 1-2 métert, áradásos időszakban viszont ez az érték megnövekedhet. A Lajta vízmérce a duzzasztómű alvizét méri, mely jellemzően egy méter alatti vízállású.

Mintavételezési módszer:

A jelzőrákok mintázásához a folyómederre ereszthető, 60*45*20 cm-es, hálós, fixált varsákat használtam. A varsákat a folyóparton rögzítettem (horgászbottartó fém cölöpökhöz kötözve). A csapdákban egyenként egy csalitartó háló is fel volt szerelve, amelyek úgy lettek kialakítva, hogy a csapdán kívülről az állatok ne férhessenek hozzá. A varsa kétoldalról is megközelíthető, a rákok könnyen belemászhatnak, de kimászni csak nagyon nehezen tudnak. (A vizsgálatok során minden bizonnyal történt ilyen eset: egy csapdában találtam levágott ollót, állat viszont már nem volt benne begyűjtéskor.) A csapdák elhelyezésekor figyeltem arra, hogy ha van rá mód, a bejáratok folyásirányba nézzenek, megkönnyítve a rákok bejutását.

Csalianyagnak a következőket használtam, különböző kombinációban: konzerv macskaeleség, pontybelsőség, nyers pontyszeletek, szardínia, Carpzoom Halibut pellet. Eleinte inkább a nyers hal dominált, a későbbi mintavételezések során egyre inkább áttértem a Carpzoom Halibut használatára, mivel ugyanolyan (vagy esetenként jobb) eredményességet mutatott, miközben sokkal egyszerűbb a kezelése. A csalianyagok minden esetben kemoattraktánsnak tekinthetőek, a rákok táplálékszerzésre irányuló pozitív kemotaxisát használják ki.

A mintavételezések során segítségemre volt dr. Sebő Tamás Péter, a Komárom-Esztergom Megyei Kormányhivatal Esztergomi Járási Hivatal Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Osztály osztályvezetője, járási főállatorvosa, aki a saját, külön fogási eredményeit is dokumentálta és megosztotta velem, segítve a kutatást.

Minták dokumentálása

Minden egyes terepi vizsgálat adatait táblázatkezelő programban (Microsoft Excel) rögzítettem, és egy mintavételezési naplót is készítettem hozzá szövegszerkesztő

(Microsoft Word) segítségével. A táblázatokban feljegyzésre került minden egyes példány egyedi kóddal (é.é.h.h.n.n._sorszám formában, pl: a 2019. szeptember 11-én kifogott első példány kódja: 190911_1). Minden példányról feljegyeztem annak ivarát, teljes testhosszát milliméterben, illetve néhány egyedet leszámítva azok testtömegét is grammban. A testhossz mérése a rostrum hegyétől a telson végéig történt, vonalzó segítségével. A tömegeket hordozható konyhai táramérleg segítségével mértem. A mintavételezési naplóban ezen felül feltüntettem a fogási helyeket, azok környezeti jellemzőit, a vegetációt, időjárást, továbbá a csapdákba kerülő egyéb fajokat is egyedszámmal, mérettel.

Az egyes mintavételezési helyszínek ökológiai jellemzésére a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Természetevízi Halökológiai Tanszék folyami ökológiai felmérőlapját használtam.

Az adatok kiértékelését több különböző programmal végeztem. A grafikus megjelenítést, oszlopdiagramokat a Microcal Origin 6.0 szoftver segítségével készítettem, míg a statisztikai elemzéseket a StatSoft Statistica 7 programmal számítottam. A testhossz és testtömeg-adatok elemzésére az ún. GLM-módszert (General Linear Models), s ezek szignifikancia - meghatározására a Post-hoc elemzés Tukey HSD változatát használtam. Az élőhelyi adatok elemzése során megállapítottam az egyes fogási helyszínek rokonsági fokát klaszteranalízis segítségével, szintén a Statistica 7 programmal.

Eredmények és értékelésük

Az alábbi fejezetben tárgyalom a kutatásom során kapott eredményeket, értékelve azokat. A kiértékelést két fő szempontból közelítettem meg. Egyrészt, ökológiai jellemzői alapján értékeltem az egyes mintavételezett folyószakaszokat, s a kapott tulajdonságmátrix tekintetében vizsgáltam a kifogott egyedek számát. Ezek az adatok alapján megpróbáltam következtetéseket levonni arra, milyen környezet segíti elő a jelzőrák megtelepedését és szaporodását. A másik fő elemzett szempont az egyes példányok metrikus adataira vonatkozik, melyekből pedig a lokális invázió előrehaladottságára és a populáció állapotára vonatkozó következtetéseket lehet levonni.

A vizsgálat során összesen 343 hím példányt és 206 nőstény példányt (azaz összesen 549) sikerült megfogni. Az egyes fogási adatokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Ivaronkénti és összes egyedszám mintavételezési időpontok szerint

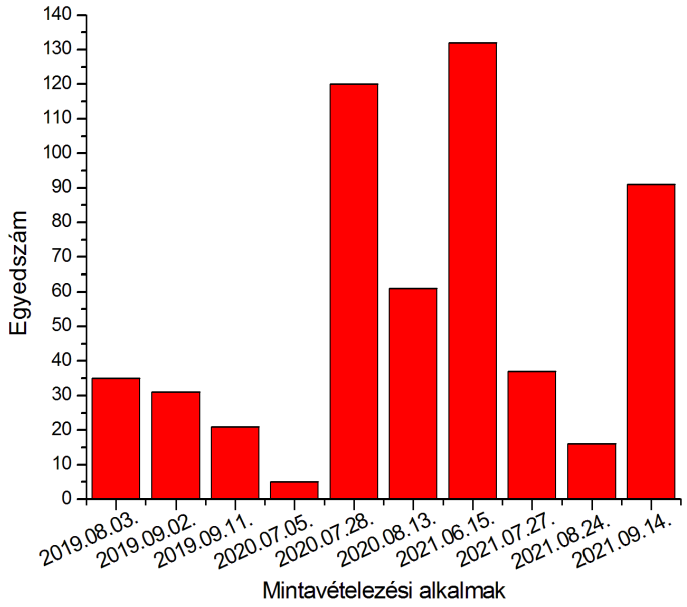
Mintavétel időpontja	Hím egyedek mennyisége	Nőstény egyedek mennyisége	Összes egyedszám	Mintavételezési pontok
2019.08.03.	21	14	35	1,2,3
2019.09.02.	14	17	31	2,3,4,5
2019.09.11.	10	11	21	7
2020.07.05.	1	4	5	3
2020.07.28.	83	37	120	2,3,4,7
2020.08.13.	38	23	61	4,6
2021.06.15.	103	29	132	4,5
2021.07.27.	26	11	37	n.a.
2021.08.24.	10	6	16	4
2021.09.14.	37	54	91	n.a.

A fenti mintavételezési alkalmak egy részét dr. Sebő Tamás Péter végezte és dokumentálta, melyet megosztott velem a kutatás elősegítése érdekében. Ezek a következők:

- 2019.09.11.
- 2021.06.15.

- 2021.07.27.
- 2021.08.24.
- 2021.09.14.

Az egyes mintavételezési alkalmak során egy-egy rövid jegyzőkönyvet készítettem, a fogási helyszíneket, a legfőbb környezeti tényezőket és a tapasztalatokat rögzítendő.



10. ábra: Összes egyedszám mintavételezési alkalmak szerinti bontásban

A mintavételezési alkalmak szerint lebontott összes egyedszámot a 10 ábrán ismertetem. Minden alkalommal hasonló mennyiségű varsa került kihelyezésre, a fogási helyszínek eleinte teljesen randomizált módon, az utolsó néhány gyűjtésnél viszont célzottan a jelzőrákok által sűrűbben benépesített helyszíneken történtek.

Az adatok alapján látszik, hogy a nyári hónapokban a rákok jóval aktívabbak, ami ősszel egy kismértékben visszaesik, de a gazdagon benépesített helyeken még ilyenkor is mozognak, táplálkoznak. Mivel nem sikerült minden alkalommal valamennyi mintavételezési helyszínre csapdát kihelyezni, ezért a fogási alkalmak kevésbé reprezentatívak, szemben az helyszín szerinti bontással. Éppen ezért a fentieknél messzemenőbb következtetéseket nem is célszerű a mintavételezési alkalmak alapján kapott eredményekből levonni. Jól alátámasztja ezt, hogy ugyanolyan időjárási viszonyok (napos idő, kb. 30 °C levegőhőmérséklet) mellett sikerült alacsony (2020.07.05.), közepes (2020.08.13.) és magas (2020.07.28.) fogási rátát is jegyezni. A 2020. július 5-i fogásnál

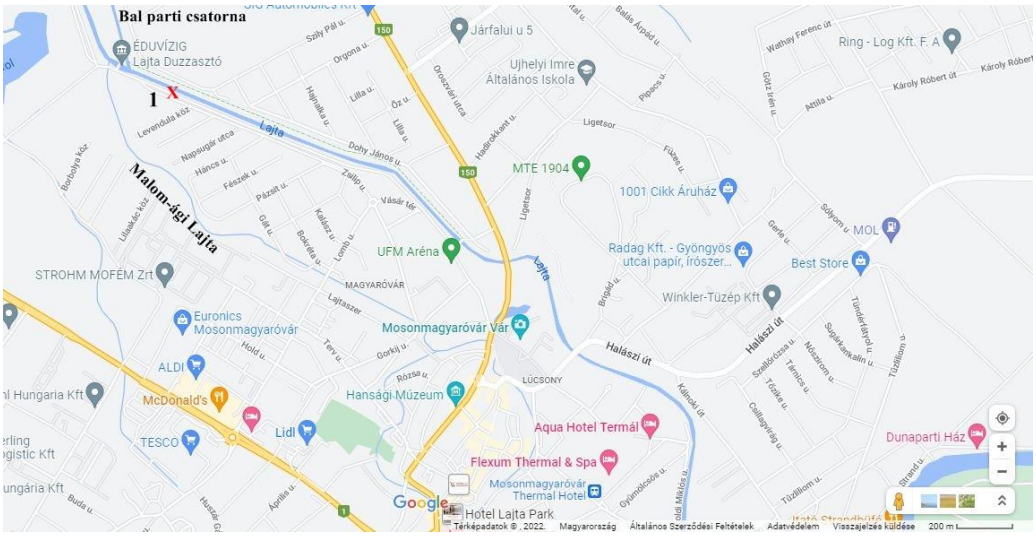
egy tényező tért csak el az előbb említett időpontokhoz képest: míg a másik két alkalommal a víz viszonylag tiszta, átlátszó volt, addig ezen a napon rendkívül zavaros, hordalékos. Sebő Tamás további tapasztalatait összevetve arra jutottunk, hogy a zavaros víz nehezítheti a rákok tájékozódását, esetleg több szaganyagot hozhat magával, ami a csali hatékony megtalálását is hátráltathatja.

Sokkal informatívabb, ha az összegyedszámot nem az időpontokhoz, hanem a fogási helyszínekhez kapcsoltan elemezzük. Az egyes fogási helyszínek minden esetben egy 100-200 méter közötti (jellemzően kb. 150 méter) folyószakaszt jelentenek, melyek azonos környezeti jellemzőkkel bírnak.

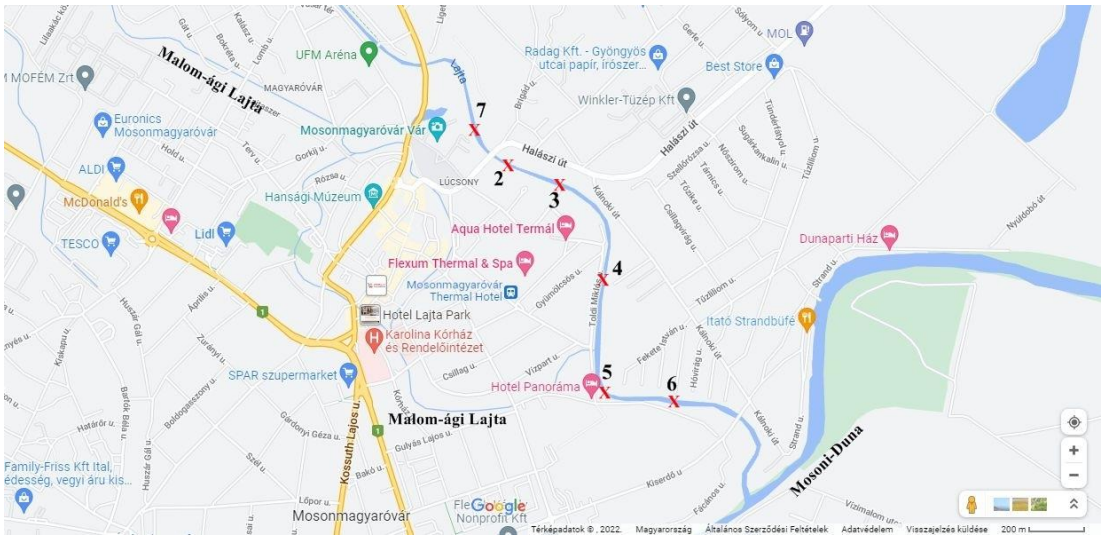
Az egyes fogási helyszíneket az adatfeldolgozás kapcsán sorszámokkal jelöltem, melyek az alábbi szakaszokat jelentik (11., 12. ábra):

1. helyszín: Lajta Duzzasztómű alatt: Szily Pál u., Orgona u., Levendula köz, Szivárvány u. magasságáig
2. helyszín: Cserháti Sándor utcai híd alatt, Várallyai utca kereszteződés magasságáig
3. helyszín: Várallyai utca kereszteződéstől a Szent Mária kápolnáig tartó szakasz
4. helyszín: Lehel utca kb. 100-150 méteres vonzáskörzete
5. helyszín: folyószakasz a Hotel Panoráma magasságában
6. helyszín: Csók István utca kb. 100-150 méteres vonzáskörzete
7. helyszín: Witmann Antal Park, Vár-tótól lefelé (a Cserháti Sándor utcai hídig)

(A helyszínek tehát a 7-es számút leszámítva folyásirányban lefelé követik egymást. A Csók István utcától kb. 400 méterre éri el a Lajta a torkolatát.)



11. ábra: Az 1. mintavételi pont helyszíne a térképen jelölve.



12. ábra: A 2-7. mintavételi pontok helyszíne a térképen jelölve.

Az egyes szakaszokat a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Akvakultúra és Környezetbiztonsági Intézet, Természetevízi Halökológiai Tanszék tízlábú rák, hal és herpetológiai monitoringra használt folyami ökológiai felmérőlapjának segítségével értékeltem. Valamennyi esetben eupotamon (főág) szakaszról van szó. A decapodák gyűjtésére kifejlesztett speciális varsák minden esetben kb. egy-másfél méter mély vízbe kerültek. A meder szélessége az egyes szakaszokon 6-10 méter között változott. A felmérőlap alapján elemeztem a mederanyagot, százalékos értékben kifejezve az iszap / homok / kavics / durva kavics / szikla, kőtömb és agyag arányát. A morfológia stratégia gyakoriság alatt szintén százalékos arányban becsültem a depozíciós, eróziós és kikövezett partszakaszok, valamint zátonyok jelenlétét. Értékeltem az uszadékfák, a behajló fák, a különböző vegetációs elemek (lebegő vagy gyökerező hínár, sás és nád, szárazföldi növényzet) jelenlétét és borítását. Ez utóbbi érték a rákok abundanciáját tekintve erősen meghatározó, kiváltképp a part menti füzek jelenléte, mivel az egyéb vízinövényzet a Lajtában gyér. Mindezek mellett a napsütés, szél, csapadék, levegőhőmérsékletre vonatkozó adatokat is rögzíteni tudtam a lapon, vízkémiai mérésekre (kémhatás, konduktivitás, oldott oxigénkoncentráció) azonban nem volt lehetőségem.

Annak érdekében, hogy az egyes helyszíneket statisztikai alapon is vizsgálhassam ökológiai jellemzőik alapján, a rákok elterjedését legjelentősebben befolyásoló tényezőket 0-tól 5-ig terjedő skálán külön is megadtam az egyes kategória változókat. Az alábbi

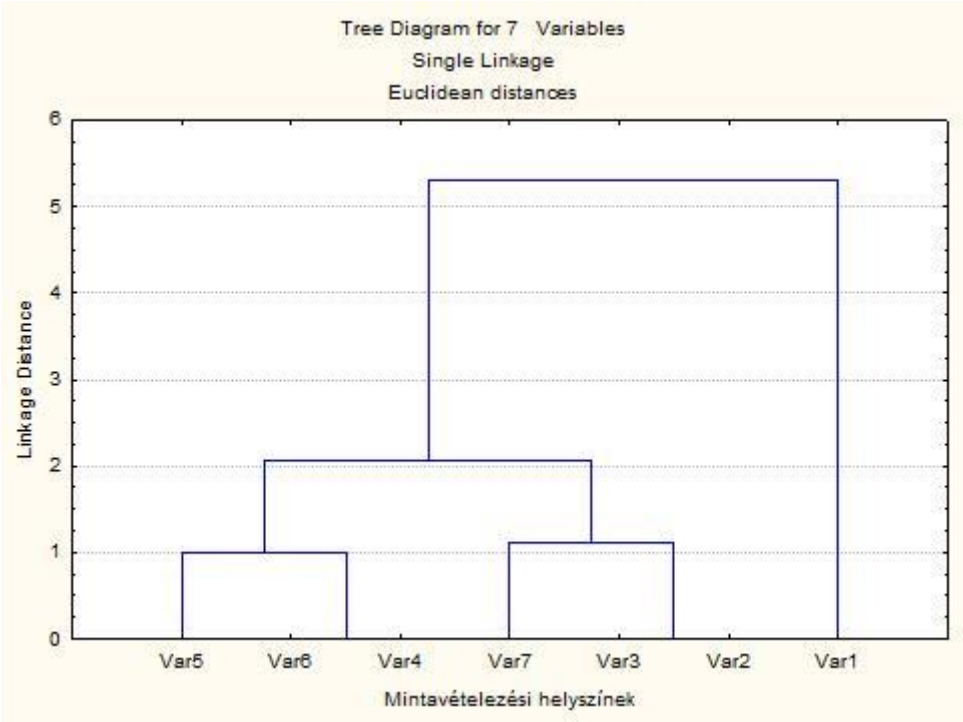
változókat százalékos értéktartománynak feleltettem meg minden esetben, így például az iszap arányára nézve: 0 – nincs jelen iszap, 1 – 0-20%, 2 – 21-40%, 3 – 41-60%, 4 – 61-80%, 5 – 81-100%.

Ezek a változók az alábbiak:

2. táblázat: Mintavételezési helyszínek egyszerűsített ökológiai értékelése

Helyszín sorszáma	**Csapdázási mélység (m)**	**Vízáramlás sebessége (0-5)**	**Iszap aránya a mederanyagban (0-5)**	**Szikla, kő aránya a mederanyagban (0-5)**	**Vegetáció, vízbe érő parti növényzet (pl.: fűz) (0-5)**
1	0,5	4	1	4	0
2	1	1	4	1	1
3	1	1	4	1	1
4	1	2	5	0	4
5	1	2	5	0	3
6	1	2	5	0	4
7	0,5	1	4	1	2

A fenti adatsor alapján egy klasztervizsgálatot végeztem, mely eredménnyeit a 13. ábrán ismertetem.



13. ábra: A mintavételi helyszínek rokonsági dendrogramja az ökológiai jellemzők statisztikai elemzése alapján

Az ágdiagramon egyértelműen kirajzolódik, hogy a 4-es és 6-os számú helyszín ökológiai karakterisztikája megegyezik, akárcsak a 2-es és 3-mas helyszíné. Ez nem meglepő, lévén a 4-es helyszín (Lehel u.) egy vízparton álló fűzfákkal gazdagon benőtt szakasz, a partoldal vízfelszín alatti régióját is sűrűn behálózza a füzek kiterjedt gyökérrendszere, rengeteg búvóhelyet és táplálékot biztosítva. Ugyanez mondható el a 6-os számú helyszínről. Míg a 4-es és 6-os szakasz egymástól távolabb (kb. 500 méter, eltérő karakterisztikájú szakasszal megszakítva) helyezkedik el, addig a 2-es szakasz fokozatosan megy át a 3-mas számmal jelölt régióba, nincs köztük éles elhatároló különbség, sem területi ugrás (14., 15. ábra). Jellemzőik is megegyeznek, az egyes vizsgált kb. 150 méteres szakaszokra kiátlagolt kőmennyiség is hasonló, de abban a hídlábtól a hármas számú szakasz végéig egy fokozatos csökkenés észlelhető.

A 2-3 és 4-6 szakaszok szinte teljesen megegyeznek tehát, így ezeket a program is egyként kezelte. A 4-6 szakasz leginkább a köztük fekvő ötös szakaszra hasonlít. Számottevő különbség, hogy itt füzek nem állnak a parton, nádas viszont előfordul, így bár gyérebb a növényzeti borítottság és búvóhely-mennyiség, mégis a jelenlévő vegetáció jelenti a hasonlóságot. A 7-es szakasz (mely gyakorlatilag a folyón folyásirányban a 2-es

szakaszt előzi meg) azért lehet a 2-3-ashoz hasonló karakterisztikájú, mert a vízinövényzet hasonlóképp nagyon gyér, viszont főleg iszap borítja a medret.

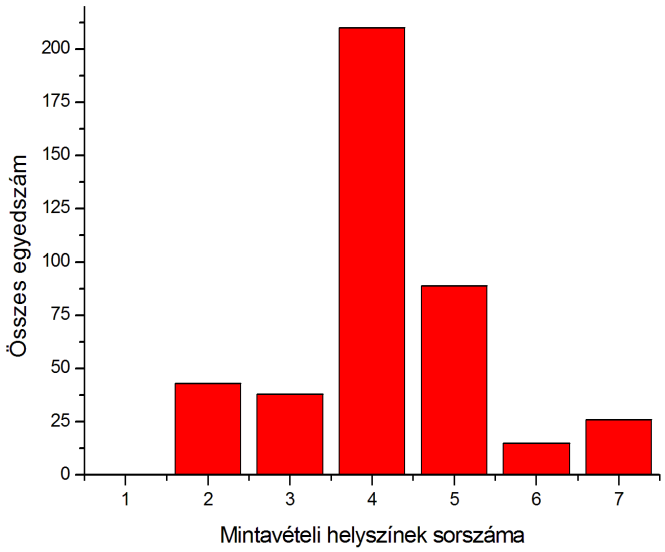
A többi mintavételi helyszíntől drasztikusan eltér az első szakasz. A folyót a helyszínen megfigyelve is szembeötlő a különbség: itt a Lajta még gyorsabb folyású (a duzzasztómű alatt), sokkal sekélyebb és a mederanyagot túlnyomó többségben sziklák, kőtömbök alkotják, jóval kisebb az iszap aránya. E leíró jellegű megfigyeléseket a klaszterezés is alátámasztotta.

14. ábra: A 2-es számú fogási helyszín.

15. ábra: A 3-mas számú fogási helyszín.

16. ábra: A 4-es számú fogási helyszín (gazdag part menti vegetációval).

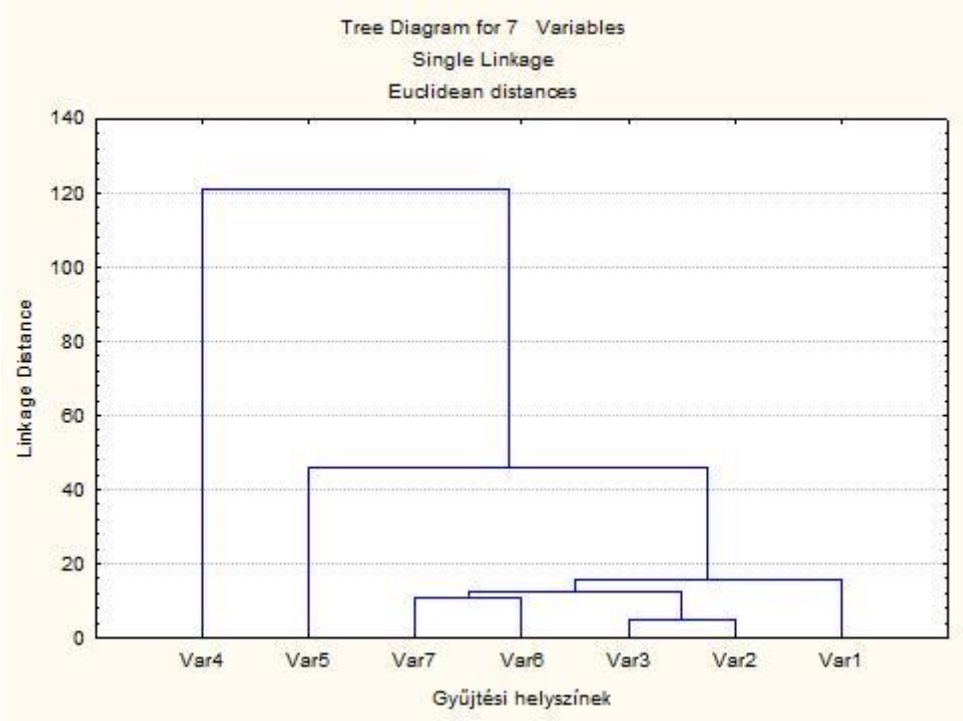
A fentieket figyelembe véve érdemes megvizsgálnunk, mely szakaszon milyen egyedszámban sikerült a rákokat befogni. Mivel a jelzőrákok a búvóhelyekben és tápanyagban gazdag szakaszokon tudnak igazán nagy egyedszámot elérni a megfelelő eltartóképesség miatt, azt várjuk, hogy a 4-es és 6-os, valamint 5-ös szakaszokon érünk el nagy fogási arányt. A legkisebb produktivitást az egyes szakasztól várhatjuk, ahol bár búvóhelyek akadnak, a sekély és gyors sodrású, vízinövényzetet alig tartalmazó folyóban táplálékbőségről egyáltalán nem beszélhetünk.



17. ábra: Összes egyedszám mintavételezési alkalmak szerinti bontásban

A 17. ábrán látható grafikont elemezve az előzetes elvárásaink nagy része beigazolódni látszik. A négyes számú mintavételi helyszínen (Lehel utca) kimagasló a jelzőrákok jelenléte: itt található a legtöbb part menti fűzfa, a folyó sebessége lassul, táplálékforrásban gazdag a terület (16. ábra). A főleg nádas-sásos ötös szakasz – mely egyébként a Malom-ági Lajta beágazása alatt húzódik – szintén mutatja a várt jelentős egyedszámot. A tápanyagforrásban és búvóhelyben valamivel szegényebb 2, 3 és 7-es szakaszok közepes produktivitást mutattak, míg az előzetes elvárásainknak megfelelően az egyes szakaszról nem sikerült kimutatni a jelzőrák jelenlétét. A hatos szakasz fogási eredményei viszont kissé ambivalensek a többi adattal szemben. Ennek magyarázata kettős: egyrészt a helyszín alulreprezentált a vizsgálatban, további csapdázásokra lesz szükség. Másrészt, a Lajta főágában ez a legalsó vizsgált szakasz, így az sem zárható ki, hogy a faj bár már kolonizálta a területet, de még nem ért el akkora denzitást, mint a kb. 500 méterrel feljebb húzódó szakaszon.

Elvégeztem még egy klasztervizsgálatot a helyszínenkénti összegyedszám alapján, áttekintendő, mennyire fed át az élőhelyi jellemzők statisztikájával (18. ábra).

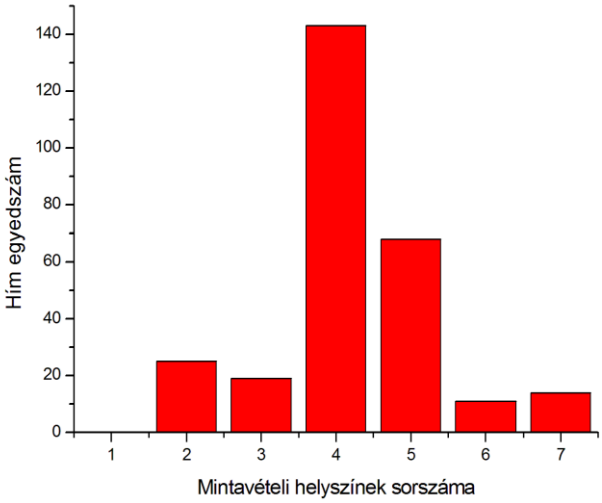


18. ábra: A mintavételi helyszínek rokonsági dendrogramja a gyűjtött összes egyedszám statisztikai elemzése alapján

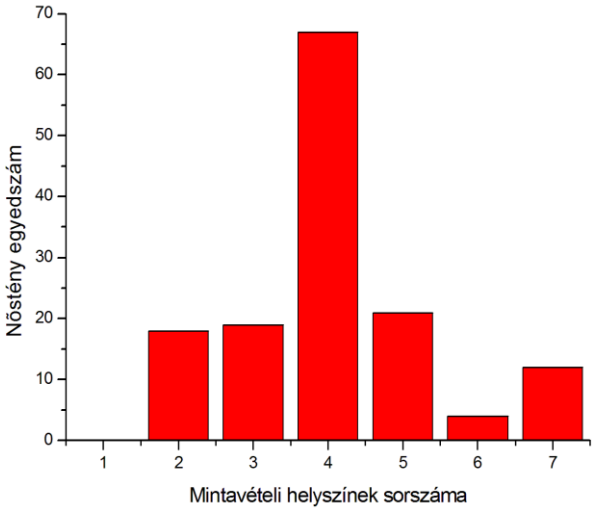
A dendrogram megmutatja a 2-es és 3-mas szakasz kifejezetten közeli, illetve a hetes számú szakasz aránylag közeli rokonságát, és láthatjuk, hogy statisztikailag is jól

kimutatható a négyes szakasz különválása a többi mintaponttól. A többi szakasz adatait tartalmazó ágról először az 5-ös fogási helyszín ágazik le, akárcsak a külön leágazó egyes helyszíné. A 6-os szakasz az előzőekben említett magyarázatok miatt lehet a hetes testvércsoportja.

Mindezeken felül megvizsgálhatjuk a hímek és nőstények egyedszámát is külön-külön a mintavételezési helyeken, ami az alábbi eredményeket mutatja (19., 20. ábra).



19. ábra: A gyűjtött hím példányok összes egyedszáma mintavételi helyszínek szerinti bontásban



20. ábra: A gyűjtött nőstény példányok összes egyedszáma mintavételi helyszínek szerinti bontásban

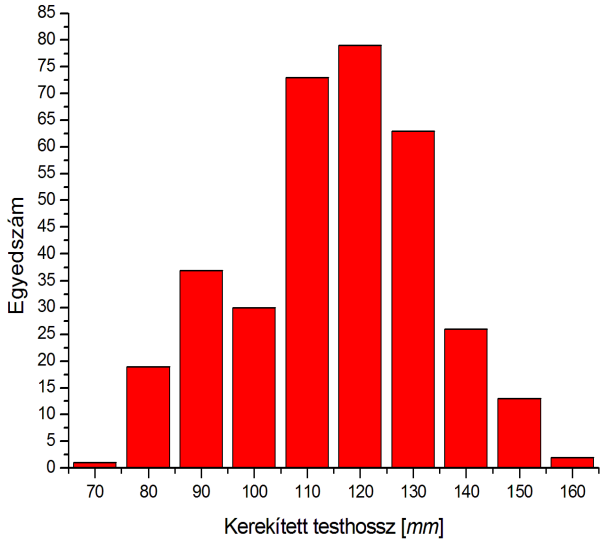
Bár a nőstények összes egyedszáma jóval kevesebb, mint a hímeké, az jól látszik, hogy a két ivar eloszlási mintázata azonos, az egyes mintavételi helyeken egymáshoz viszonyítva ugyanolyan a hím és nőstény példányok aránya, leképezve az összesített arányokat.

A folytatásban a kifogott jelzőrákok metrikus adatainak elemzését végzem el, mellyel próbálok képet kapni a lokális populációról, illetve arról, mennyire előrehaladott az invázió.

Valamennyi kifogott példányról feljegyzésre került annak mérete milliméterben, illetve alig néhány példányt leszámítva a testtömegük is, grammban kifejezve (a részletes adatsor a mellékletekben megtalálható). Így méretadatom összesen 343 (ebből 280 helyadattal) hím és 206 (ebből 141 helyadattal) nőstényről, testtömegadatom 334 (ebből 271 helyadattal) hím és 200 (ebből 135 helyadattal) nőstény példányról áll rendelkezésre. Elsőként a hím példányok adatait vizsgálom (3. táblázat).

3. táblázat: Hím példányok méreteloszlása

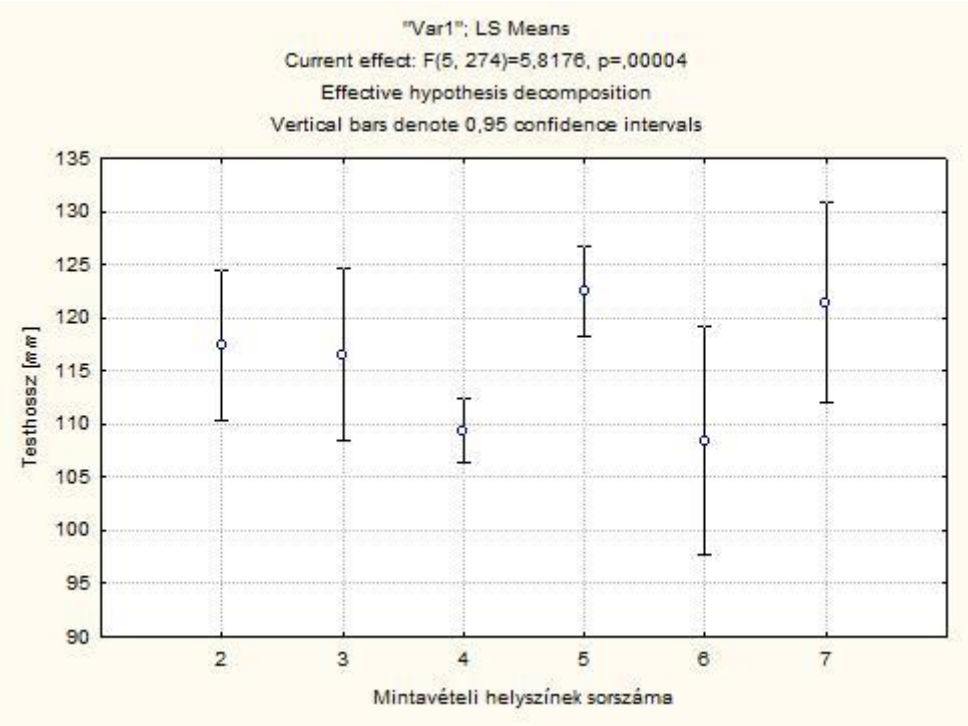
Testhossz (tízesre kerekített) milliméterben	**Egyedszám**
70	1
80	19
90	37
100	30
110	73
120	79
130	63
140	26
150	13
160	2



21. ábra: A hím példányok méreteloszlása (tízesre kerekített értékek alapján)

A 21. ábra a hím példányok centiméterre kerekített testhosszának eloszlását mutatja a populáción belül. A populáció méreteloszlása Gauss-görbe szerűen alakul, az ivarérett példányok között a közepes méretűek a leggyakoribbak. A szakirodalom alapján a 15-18 cm a jellemző kifejlett kori maximális testhossz, jelen esetben bár megjelennek a 15-16 cm-es példányok, a többség még ezt a méretet nem éri el. Ennek többféle magyarázata is lehetséges. Az egyik, hogy a túl nagy egyedsűrűség miatt nem áll rendelkezésre elegendő tápanyag, erőforrás, hogy az egyes példányok kihasználhassák maximális növekedési kapacitásukat, az intraspecifikus kompetíció visszaveti növekedésüket. A másik lehetséges ok, hogy viszonylag friss invázióról van szó, és az itt jelenlévő példányok még nem érték el a végleges méretüket, nem elég idősek.

A másik számottevő tanulság a kisebb méretű példányok alacsony egyedszáma. A jelzőrákot kb. 3-4 cm-es méret felett tekinthetjük ivarérettnek, a varsák azonban 7 cm alatti példányt nem fogtak. Ennek legvalószínűbb oka az alkalmazott módszertan: bár a varsahálók lyukmérete jóval kisebb 7 cm-nél, a kisebb példányok valószínűleg vagy bele sem mentek a csapdákba, vagy ki tudtak szökni belőlük. Ha az előbbi eset áll fenn, annak magyarázata lehet szintén az egyedsűrűség miatt erőteljesen megjelenő intraspecifikus versengés, ahol a gyenge, fiatal példányok nem konkurálnak a náluk jóval nagyobb, erősebb kompetítor hímekkel.



22. ábra: A hím példányok testhosszadatainak statisztikai elemzése mintavételi helyszínek szerinti bontásban

A hím példányok testhosszát a mintavételi helyszínekre lebontva is elemeztem (22. ábra). Az egyes gyűjtési szakaszok átlagos testhosszértékei jól közelítik egymást, alacsonyabb átlagméretet a 4-es és 6-os mintavételi ponton kaptam, ahol az egyedsűrűség kifejezetten magas (a négyesnél bizonyítottan, a hatosnál a már tárgyalt alulreprezentáltság miatt pedig várhatóan).

4. táblázat: A hím példányok testhosszadatainak szignifikancia-vizsgálata mintavételi helyszínek szerinti bontásban

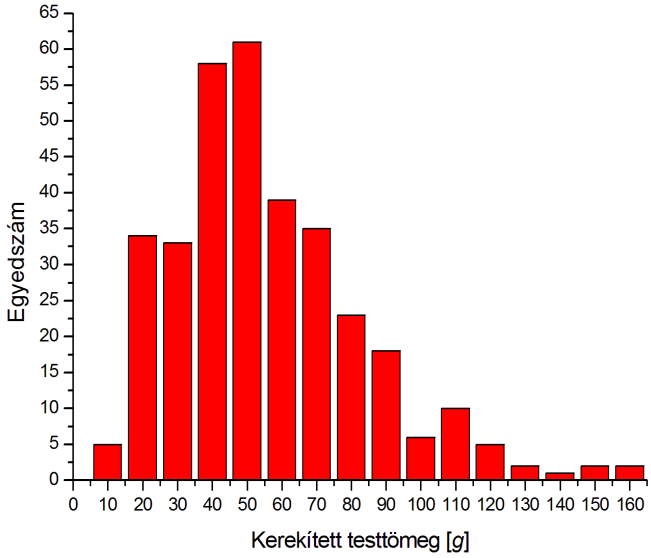
	Tukey HSD test; variable Var2 (Spreadsheet3) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MSE = 321,68, df = 274,00						
Cell No.	**Var1**	{1} 117,32	{2} 116,47	{3} 109,39	{4} 122,44	{5} 108,45	{6} 121,43
1	2		0,999988	0,320007	0,826873	0,747391	0,983526
2	3	0,999988		0,587150	0,794954	0,846535	0,970254
3	4	0,320007	0,587150		0,000031	0,999982	0,157311
4	5	0,826873	0,794954	0,000031		0,156245	0,999964
5	6	0,747391	0,846535	0,999982	0,156245		0,468700
6	7	0,983526	0,970254	0,157311	0,999964	0,468700	

Az alacsonyabb átlagérték magyarázata ismételten a fajon belüli kompetíció, a nagy denzitás miatt az egy példányra jutó erőforrás kevesebb, hiába gazdagabb az élőhely. A hatos pont szórása vélhetően ugyancsak az alulreprezentáltságból fakadhat.

A fenti adatsor Tukey HSD módszer szerinti statisztikai elemzését elvégezve azt az eredményt kaptam, miszerint a 4-es és 5-ös mintavételi pontok között szignifikáns a különbség. Ez azért is lényeges, mert a 4-es szakasz végpontja kb. 200 méterre fekszik az ötös szakasz kezdőpontjától – vagyis viszonylag közeli helyek (5. táblázat). A vízminőség, a folyó legtöbb jellemzője, még a mederanyag is gyakorlatilag megegyezik; sőt, mindkét élőhely vízinövényekben relatíve gazdagnak számít: a négyes szakasz fűzfákban, az ötös nádas-sásos növényzetben gazdag. A számottevő különbség az egyedszámban mutatkozik, ami a négyes mintavételi ponton jóval nagyobb, így az egyedszám-különbség átlagos testhossz-csökkentő hatását statisztikailag is sikerült igazolni.

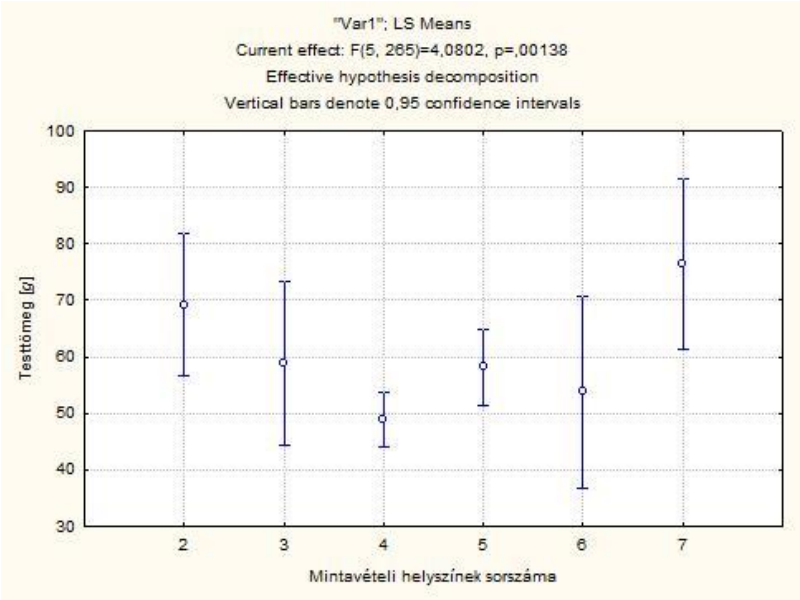
5 táblázat: Hím példányok testtömeg-eloszlása

Testtömeg (tízesre kerekített) grammban	**Egyedszám**
10	5
20	34
30	33
40	58
50	61
60	39
70	35
80	23
90	18
100	6
110	10
120	5
130	2
140	1
150	2
160	2



23. ábra: A hím példányok testtömeg-eloszlása (tízesre kerekített értékek alapján)

A hím példányok tízesre kerekített, grammban kifejezett testtömeg-eloszlása egy kissé balra eltolt haranggörbe alakú (23. ábra). A szakirodalom szerint nem ritka akár a 200 grammos kifejlett kori testtömeg sem, ehhez képest a legnagyobb tömegű kifogott hím példány is kereken 160 grammos volt, és összességében véve a 100 grammot is csak relatíve kevés példány érte el. Ez a tapasztalat teljesen összevág a testhossz mintázatával: a fajtársak közötti kompetíció és erőforrás-hiány lehet az egyik oka, a másik pedig a viszonylag fiatal invázió.



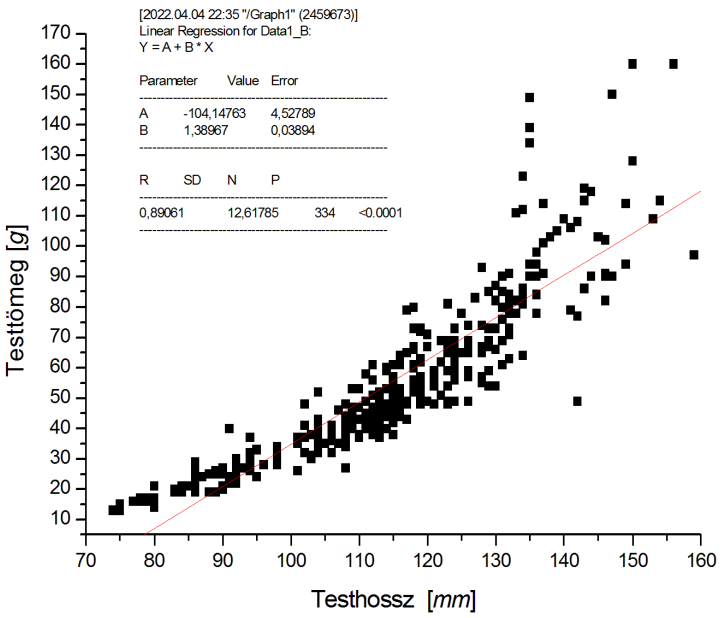
24. ábra: A hím példányok testtömeg-adatainak statisztikai elemzése mintavételi helyszínek szerinti bontásban

Ha a testtömegek statisztikáját a mintavételezési pontok szerint vizsgáljuk, akkor egymáshoz viszonylag közeli átlagértékeket kapunk, és akárcsak a testhossz esetében, a testtömegnél is a legkisebb átlagérték a legnagyobb abundancia mellet született (24. ábra).

6. táblázat: A hím példányok testtömeg-adatainak szignifikancia-vizsgálata mintavételi helyszínek szerinti bontásban

	Tukey HSD test; variable Var2 (Spreadsheet5) Approximate Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MSE = 817,30, df = 265,00						
Cell No.	Var1	{1} 69,200	{2} 58,800	{3} 48,881	{4} 58,147	{5} 53,818	{6} 76,357
1	2		0,895260	0,034564	0,651389	0,706619	0,979779
2	3	0,895260		0,797008	1,000000	0,997948	0,563397
3	4	0,034564	0,797008		0,237465	0,993935	0,007902
4	5	0,651389	1,000000	0,237465		0,997273	0,251682
5	6	0,706619	0,997948	0,993935	0,997273		0,367538
6	7	0,979779	0,563397	0,007902	0,251682	0,367538	

Szignifikáns különbség a 2-es és 4-es, valamint a 7-es és 4-es szakasz között mutatkozik. A hetes és kettes szakasz a folyón lefelé haladva egymást követi, és átlagos, nem túl nagy abundanciával rendelkezik. Mindkét élőhely főleg iszapos, vízinövényben szegény. A négyes szakaszon látott tetemes egyedszám a már korábban leírtak szerint előidézhet forráshiányt, ennélfogva korlátozott növekedést, ami statisztikailag is kimutatható (6. táblázat).



25. ábra: A hím példányok testhossz-testtömeg összefüggése

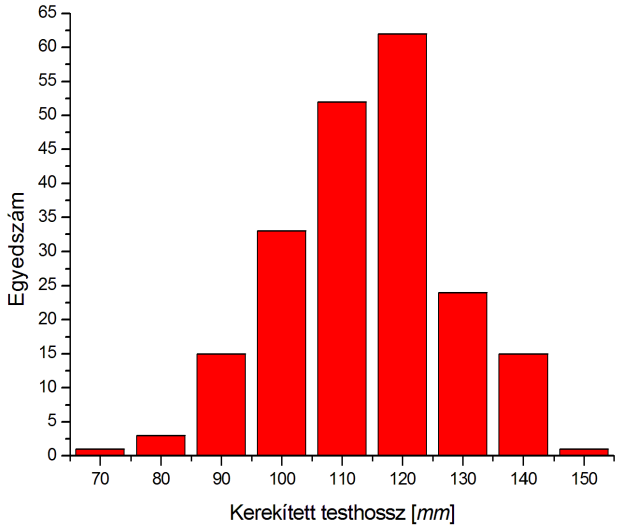
Végezetül, ha a hím példányok testtömegét a testhossz függvényében vizsgáljuk, az adatok lineárisan változnak (25. ábra). Legnagyobb szórást a legnagyobb méretű példányoknál kapunk – vélhetően ezek a legidősebb állatok, melyek akár már az intenzívebb invázió előtt megtelepedhettek, és számukra még több erőforrás, illetve értelem szerűen több idő állt rendelkezésre nagyobb testtömeg eléréséhez (26. ábra).

26. ábra: A legnagyobb testtömegű kifogott hím példány (kódja: 190803_15, testhossz 156 mm, testtömeg 160 g)

A folytatásban a nőstény példányok metrikus adatait elemzem.

7. táblázat: Nőstény példányok méreteloszlás

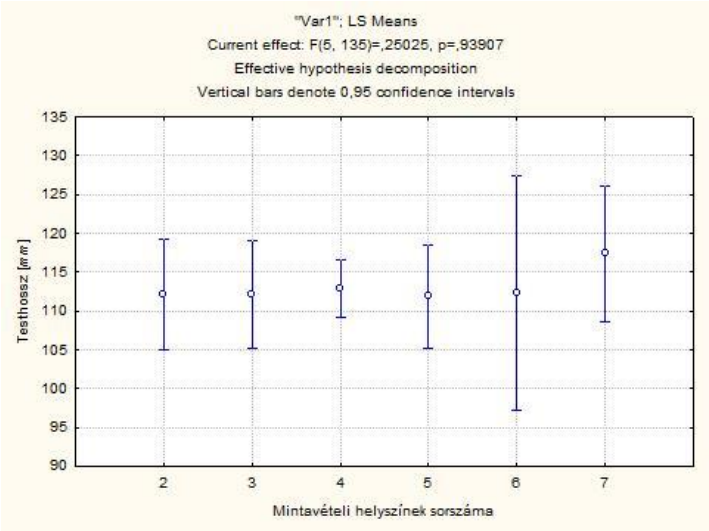
Testhossz (tízesre kerekített) milliméterben	**Egyedszám**
70	1
80	3
90	15
100	33
110	52
120	62
130	24
140	15
150	1



27. ábra: A nőstény példányok méreteloszlása (tízesre kerekített értékek alapján)

A 7. táblázat adatait és a 27 ábrán látható grafikonon a nőstény példányok centiméterre kerekített testhossz szerinti eloszlását ismertetem. Itt is megállapítható, akárcsak a hímeknél, hogy nagyjából haranggörbe alakú az eloszlás, bár a 120 mm-es mérettartomány után egy hirtelen testhossz-csökkenés figyelhető meg. A nőstények a szakirodalom szerint méretben valamivel elmaradnak a hímekhez képest. A vizsgált helyszíneken a hím példányok jellemzően nem érték el a szakirodalmi maximális hosszt – ez alapján várakozásainknak megfelelően a nőstények sem. Ami viszont különösen érdekes, hogy mind a hímek, mind a nőstények körében a 110-120 mm-es példányok a dominánsak, a leggyakoribb testhosszban nincs eltérés az ivarok között.

Az összességében kisebb testhossz magyarázata természetesen a nőstényeknél is ugyanaz: a fajon belüli kompetíció és vélhetően viszonylag friss invázió. A kis testméretű egyedek alulreprezentáltsága lehet módszertani probléma (sikertelen fogás), bár a hím példányoknál a 8 cm-es rákokat már stabilan sikerült fogni ezzel a gyűjtési módszerrel. A versengés mellett további elképzelhető magyarázat, hogy az egyedszám tekintetében hirtelen felfutó invázió kezd csillapodni, fenntartható szintre beállni, és egyre kevesebb fiatal példány jön világra.



28. ábra: A nőstény példányok testhosszadatainak statisztikai elemzése mintavételi helyszínek szerinti bontásban

A nőstény egyedek méreteloszlását mintavételezési hely szerint is elemeztem a Statistica7 program segítségével. A 28. ábrán remekül látszik, hogy az átlagértékek minden fogási helyszínen nagyon közelítik egymást. Ez persze felvet egy további kérdést: míg a hímeknél denzitáson alapuló, jól magyarázható különbség mutatkozott a négyes mintavételi helyszín esetében, addig a nőstényeknél ugyanezt nem látjuk élesen kirajzolódni. Valószínűleg még jóval több példány vizsgálatára lenne szükség ahhoz, hogy feltárjunk eddig nem vizsgált további tényezőket a háttérben. A hatos helyszín nagy szórása vélhetően itt is az alulreprezentáltságból fakad.

8. táblázat: A nőstény példányok testhosszadatainak szignifikancia-vizsgálata mintavételi helyszínek szerinti bontásban

Tukey HSD test; variable Var2 (Spreadsheet4)
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MSE = 234,09, df = 135,00

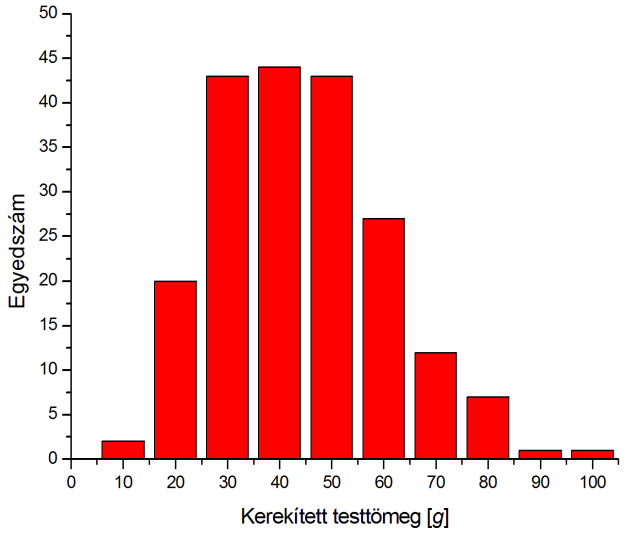
Cell No.	Var1	{1} 112,17	{2} 112,05	{3} 112,82	{4} 111,86	{5} 112,25	{6} 117,42
1	2		1,000000	0,999985	1,000000	1,000000	0,941340
2	3	1,000000		0,999963	1,000000	1,000000	0,933110
3	4	0,999985	0,999963		0,999863	1,000000	0,930958
4	5	1,000000	1,000000	0,999863		1,000000	0,916750
5	6	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000		0,992057
6	7	0,941340	0,933110	0,930958	0,916750	0,992057	

A szignifikancia vizsgálat megerősíti, hogy az átlagértékek rendkívül hasonlóak, ebből arra tudunk következtetni, hogy a nőstények valamennyi fogási helyszínen hasonló

egy egyedre jutó forrásmennyiségből gazdálkodhatnak növekedésükhöz (8. táblázat). A két ivar viselkedését összevetve az egyetlen különbség a hímek erősebb territorialitásában mutatkozik – lehetséges, hogy a hímek közötti kompetíció nagy egyedsűrűségnél erősebb, mint a nőstények között.

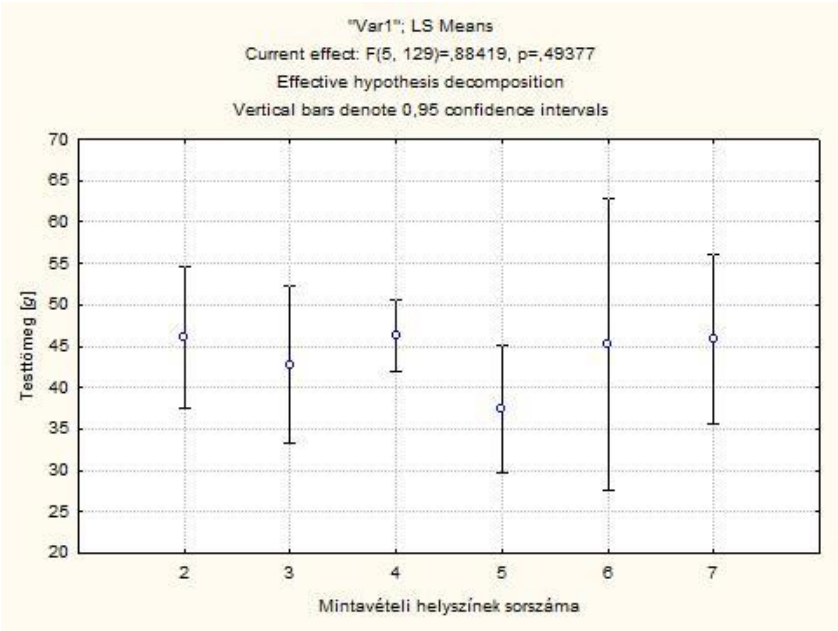
9. táblázat: Nőstény példányok testtömeg-eloszlása

Testtömeg (tízesre kerekített) grammban	**Egyedszám**
10	2
20	20
30	43
40	44
50	43
60	27
70	12
80	7
90	1
100	1



29. ábra: A nőstény példányok testtömeg-eloszlása (tízesre kerekített értékek alapján)

A hímek testtömeg-elemzése során egy kismértékben balra eltolt Gauss-görbét kaptunk. A nőstényeké valamivel kiegyenlítettebb, ennek oka pusztán az, hogy gyakorlatilag 100 grammnál nagyobb példányt nem is sikerült gyűjteni, míg a hímek esetében a rekorder példányok elérték a 160 grammot is (9. táblázat, 29. ábra). Az viszont mindkét ivarra jellemző, hogy a kifogott példányok zöme a 40-50 grammos tartományból kerül ki, mindkét nemnél a 60 grammos méretnél már visszaesést tapasztalunk az egyedszámban. A nőstényeknél a 30 grammos példányok aránya valamivel magasabb, mint a hímeknél. Itt is ugyanaz a legfőbb érdekesség, hogy bár a nőstények általában kisebbek, mint a hímek, mindkét ivarnál a leggyakoribb tömegek megegyeztek. Könnyen elképzelhető, hogy itt olyan fiatal egyidős állatokról van még szó, amelyeknél nem tudott az ivari dimorfizmus kellőképpen kifejeződni az idő rövidsége miatt.



30. ábra: A nőstény példányok testtömeg-adatainak statisztikai elemzése mintavételi helyszínek szerinti bontásban

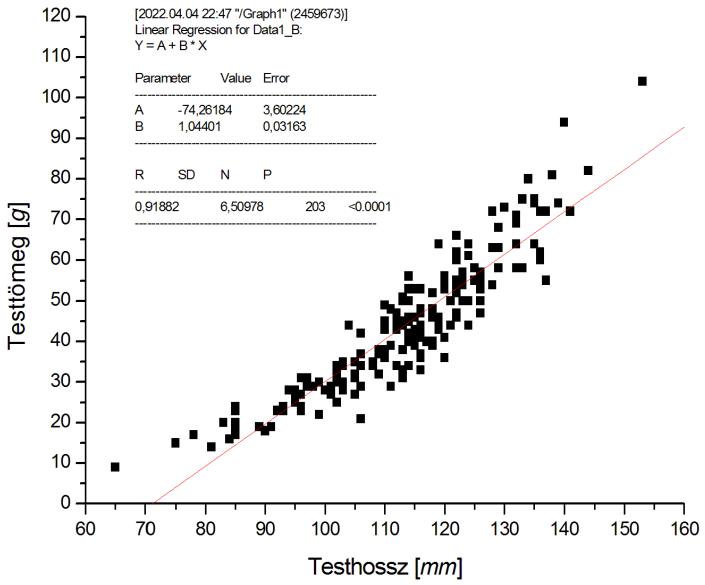
A fogási helyszínek szerinti bontásban vizsgálva a nőstények testtömegeit egymáshoz nagyon közeli átlagértékeket kapunk, melyeknek a szórása sem túl nagy (leszámítva a hatost, a korábban említett alulmintázottság miatt) (30. ábra).

10. táblázat: A nőstény példányok testtömeg-adatainak szignifikancia-vizsgálata mintavételi helyszínek szerinti bontásban

Tukey HSD test; variable Var2 (Spreadsheet6)
Approximate Probabilities for Post Hoc Tests
Error: Between MSE = 317,83, df = 129,00

Cell No.	Var1	{1} 46,000	{2} 42,786	{3} 46,328	{4} 37,333	{5} 45,250	{6} 45,833
1	2		0,996203	1,000000	0,670725	1,000000	1,000000
2	3	0,996203		0,984582	0,949891	0,999883	0,998046
3	4	1,000000	0,984582		0,332194	0,999997	0,999999
4	5	0,670725	0,949891	0,332194		0,965081	0,775440
5	6	1,000000	0,999883	0,999997	0,965081		1,000000
6	7	1,000000	0,998046	0,999999	0,775440	1,000000	

Ezt a Post-hoc Tukey HSD statisztika is megerősíti, amely akárcsak a testhossznál, a testtömegek esetében sem talált szignifikáns különbséget a nőivarú példányok között. Ezekből az adatokból arra következtethetünk, hogy a nőstények között mérsékeltebb a kompetíció és jobb az erőforrás-felosztás (10. táblázat).



311. ábra: A nőstény példányok testhossz-testtömeg összefüggése

A hímekhez hasonlóan vizsgáljuk meg a nőstények esetében is a testtömeg és testhossz összefüggését, oly módon, hogy egy lineáris illesztéssel felvesszük rá az egyenes egyenletét. Az adatokból azt az eredményt kapjuk, hogy a nőstényeknél még kevésbé szór ez az érték, mint hímek esetében, ami alátámaszthatja azt a hipotézist, miszerint a

nőstények között kiegyenlítettebb az erőforrás-megosztás, gyengébb a kompetíció (31. ábra).

Egy további, nagyon fontos tapasztalatot még meg kell említeni: a csapdázások három éven át június és szeptember közé estek, s ez idő alatt megfogott 206 nőstény példány közül egyetlen petés állatot sem találtunk. Az, hogy se nyár elején, se nyár végén nincsenek jelen petéket hordozó nőstények a Lajtában, azt mutatja számunkra, hogy egyetlen szaporodási ciklusa van a jelzőrák-populációnak, nem alakult ki évenkénti kétszeri szaporodás. Maga a párzási időszak vélhetően – a faj szakirodalmi adatainak megfelelően – az ősz második felében zajlik, a lárvák elengedése viszont már viszonylag korán, február végén – március folyamán megtörténhet.

Következtetések

A vizsgálataim során kapott eredményeket áttekintve és kiértékelve szeretnék néhány következtetést levonni a jelzőrák lokális inváziója, és lehetséges kimenetele, jövője kapcsán.

Denzitás és egyedszám:

Úgy vélem az, hogy a véletlenszerű időpontokban és nem túl sűrűn történő mintavételezések során pusztán a Lajta mosonmagyaróvári szakaszának felső folyásáról (beleértve a faj jelenlétét bizonyító első hím állatot) 550 jelzőrákot sikerült begyűjteni, meglehetősen nagy egyedszámra vall. Több ezer rák lehet jelen a folyóban, és a fogási helyszínek szerinti adatokat értékelve látható, hogy a számukra kedvező élőhelyeken kifejezetten nagy egyedsűrűséget képesek elérni. Ismerve a faj életmódját és táplálkozásbiológiáját, megállapítható, hogy tömeges jelenlétük jelentősen képes átalakítani a folyó ökológiai rendszerét, táplálékhálózatát. Ez részben köszönhető a rákok általi forrásmegvonásnak, részben pedig a vízi növényzetre, gerinctelenekre és kisebb bentikus halakra kifejtett predációnak is.

Az egyik legszámottevőbb táplálkozásbiológiai kutatást az angliai Great Ouse folyón végezték. Az 1284 rákon végzett gyomortartalom-vizsgálat eredményei alapján a jelzőrák táplálékbázisának legnagyobb részét detritusz és növényi törmelék, valamint fonalas algák képezik, ezen kívül számottevő az árvaszúnyoglárvák (Chironomidae) és kérészlárvák (Ephemeroptera) predációja, valamint a rákfogyasztás, kannibalizmus is. A halfogyasztás inkább a nagyobb példányokra jellemző (33 mm fölött), és a kannibalizmus előfordulása is az állatok méretével arányosan növekszik (Guan & Wiles, 1998).

Több tanulmány is kimutatta, hogy egy adott élőhelyen a jelzőrák megjelenése a markogerinctelen-populációban mind diverzitásban, mind egyedszámban szignifikáns csökkenést okoz (Crawford et al., 2006, Mathers et al., 2016). Egyes puhatestűek és más makrogerinctelenek mellett predációs nyomása kimondottan érzékenyen érintheti a kérészek (Ephemeroptera, pl.: *Caenis sp.*) és nadályok (Hirudinea, pl.: *Erpobdella octoculata, Glossiphonia complanata*) állományait (Mathers et al., 2016). A halak körében is megfigyelhető egy hasonló jelenség: brit vizsgálatokban a pisztrángok egyedsűrűsége jóval magasabb volt őshonos *Austropotamobius pallipes* által lakott vizekben, mint ahol már megjelent a jelzőrák (http13). Halfajok közül aktív predációval leginkább az aljzatlakó fajokat gyéríti (csíkok, kölönték), de más halak ikráit is megeheti (Guan & Wiles, 1997,

1998). Kísérletes körülmények között, mesterséges patakban, a botos kölönte (*Cottus gobio*) és kövi csík (*Barbatula barbatula*) egyedszáma jelentősen lecsökkent, ha jelzőrák is jelen volt (Guan & Wiles, 1997).

A halak közül megfigyelték Kaliforniában egy kölöntefajjal (*Cottus beldingii*) folytatott kompetícióját, amelyben a kölönte maradt alul. A halak elhagyták búvóhelyeiket, a folyóban magasabb folyásvidékre költöztek, sokkal több időt töltöttek meneküléssel, míg a rákok elfoglalták a lassabb áramlású, búvóhelyekben gazdag alsóbb mikrohabitatokat. A kölönték – a normális viselkedéstől eltérően – nappal is aktívabbak voltak, a kompetícióra ráerősít, hogy mindkét faj jobbára szürkületi-éjjeli életmódot folytat. A halak növekedési rátája lecsökkent, a megváltozott viselkedés miatt sokkal nagyobb predációs nyomásnak voltak kitéve egyéb, nappali fajok miatt is (Light, 2005, http11). Ugyanezt botos kölöntével (*Cottus gobio*) és kövi csíkkal (*Barbatula barbatula*) angol kutatások is megerősítették, melyben egy mesterséges patakot alakítottak ki adott számú búvóhellyel. Mivel a fenti két hal és a jelzőrák hasonló búvóhely-igénnyel rendelkezik, fellépett az interspecifikus kompetíció, amelyben mindkét halfaj szignifikánsan alulmaradt (Guan & Wiles, 1997). Ezek a hatások a hazai vizekben is megjelenhetnek, hiszen a botos kölönte is őshonos fajunk, akárcsak néhány csíkféle a Cobitidae és Nemacheilidae családokból, de számos bentikus védett Cyprinidea faj, elsősorban a küllő és márna fajok, valamint a szivárványos ökle, továbbá a két fokozottan védett bucó fajunk lehet kifejezetten veszélyben. A táplálékhálózat drasztikus átalakulása ennek megfelelően a Lajtában is várható, vagy már meg is kezdődött.

Eredményeim kiértékelésekor a testhossz-adatok mintázatára vonatkozó egyik lehetséges magyarázatom az volt, miszerint az egyre nagyobb egyedszám mellett kevesebb erőforrás jut az egyes példányokra, így növekedési ütemük is lassul, kisebb testméreteket érnek el. Ezt további kutatási eredmények is alátámasztják: Procopio (2022) is azt állapította meg munkájában, hogy a leggyorsabb növekedés akkor mutatkozik, ha új, addig még kolonizálatlan élőhelyeken jelennek meg a rákok, s idővel az adott populációban az egyedek növekedési üteme lecsökken.

<u>Élőhely-preferencia</u>:

Amint az a vizsgálataimból is bebizonyosodott, a jelzőrákok leginkább a táplálékban és búvóhelyekben gazdag folyószakaszokat kedvelik. Bár búvóhelyekben a

kövezett részek gazdagok, a vízi vegetáció itt szegény és kisebb a kiaknázható forrásbázis. Éppen ezért legnagyobb egyedszámot mindig azokon a helyszíneken tapasztalhatunk, ahol növényzet is megjelenik. Ez búvóhely gyanánt is szolgál, de sokkal bőségesebb és szélesebb táplálékbázist kínál: maguk a növények, mint producens szervezetek is megjelennek, amik alapját képezik a táplálékláncnak (egyúttal a rákok is fogyasztják, de más, a jelzőrák számára táplálékot jelentő állati szervezeteknek is táplálékforrást nyújtanak). S a gazdag növényzetű helyek sokkal gazdagabb makrogerinctelen faunát képesek eltartani: mind fajok, mind egyedszám tekintetében. Éppen ezért a jelzőrákok legnagyobb valószínűséggel azokon a folyószakaszokon tudnak igazán nagy egyedszámot elérni, ahol bőséges vízinövényzet áll rendelkezésre (legalább part menti füzek vagy nádas formájában), de láthattuk, hogy ahol iszapos, mérsékelten kövezett a meder és már lassul a folyássebesség, ott is megtelepednek. Ezek alapján következtethetünk arra, hogy a szubideális biotópokban is megjelennek – főleg ha ez az egyetlen lehetőségük, mint például a Gyöngyös-patak környékén.

Megfigyeléseimet a szakirodalmi adatok is messzemenőkig alátámasztják, hiszen Flint (1975) és Procopio (2022) is azt állapította meg munkájában, hogy a növényi törmelékben gazdag lokalitásokon sokkal nagyobb denzitást érnek el a jelzőrákok, egyedszámuk agyagos medrű folyókban azonban lecsökken.

A jelzőrákok által betöltött ökológiai fülke nagymértékben átfed a folyami rákéval (Pöckl, 1999, Seprős et al., 2018). Nem véletlen az sem, hogy a svédek a rákpestisben megritkult folyami rák pótlására hozták Európába a fajt (Holdich et al., 2009, http13), de egyúttal a jelzőrák inváziója leginkább a folyami rákok fennmaradását fenyegeti. Mivel azonban az élőhely-preferenciája széles és a kevésbé preferált helyszíneken is képes megtelepedni, a kövi rák állományai sincsenek biztonságban a folyókon felfelé terjedő jelzőrákok miatt. A folyásiránnyal szemben történő terjedését a Botta-Dukát és munkatársai által jegyzett jelentés is leírta (Borza et al., 2016), de a terjedés folyásirányban gyorsabb (Bubb et al., 2004),

Brit kutatások a kövi rák közeli rokonának, az *Austropotamobius pallipes*nek (csókarák) és a jelzőráknak egymásra gyakorolt hatását vizsgálták hét *A. pallipes* és négy *P. leniusculus* populációt összevetve három olyan állománnyal, ahol egyszerre mindkét faj jelen volt. Azt találták, hogy a közös előfordulás esetén a csókarákok átlagos testmérete kisebb, míg a jelzőrákoké nagyobb, mint önálló populációikban. A két faj hibridizációja,

reprodukciós kölcsönhatása nem volt megfigyelhető, így a szerzők arra következtettek, hogy kizárásos kompetíció valósul meg a két faj között azáltal, hogy az erősebb, agresszívebb jelzőrákok elfoglalják a limitált számú búvóhelyeket. A csókarákok egyedszámban is alulreprezentáltak a jelzőrákhoz képest vegyes állományokban (Dunn et al., 2009). A Great Ouse folyóból, melyben a jelzőrák 1984-ben honosodott meg, az *Austropotamobius pallipes* már kipusztult (Guan & Wiles, 1999). Mindazonáltal a folyómedret egyre nagyobb mértékben uraló kő, kavics és a gyorsabb vízfolyás a jelzőrák terjedést valamennyire lassítani képes.

Jövő a klímaváltozás tükrében:

A jelzőrák esetében egy folyamatos área-expanzió szemtanúi vagyunk, ahogy nyugat-keleti irányban hódítja meg hazánk vízrendszereit. Eleinte még csak az Alpokaljáról ismertük, majd a Rába, Dráva, s most már a Lajta vizeiben is jelen van, és a Liziczai és munkatársai (2020) kutatásai alapján jelenléte igazolódott a Mosoni-Dunában, sőt, már a Duna főágban is. Mivel a faj bekerült a Dunába, ami egy teljesen alkalmas élőhely számára (iszapos aljzat, part menti vegetáció, lassuló folyássebesség), a folyásirányban lefelé történő egyre intenzívebb terjedésére számítani kell. Mivel felfelé is képes terjedni (Borza et al., 2016), sajnos a Duna mellékfolyói sincsenek biztonságban tőle – nem zárható ki, hogy a jövőben a Tisza vízrendszerébe is bekerüljön. Sajnos agresszív kompetíciója és a rákpestis terjesztése megpecsételi őshonos fajaink sorsát, amelyek vele egy biotópon kénytelenek osztozni.

A klímaváltozás viszont együtt jár a vizek melegedésével is. A melegebb vízben, például az enyhébb tél, illetve a koratavasszal hamarabb bekövetkező hőmérséklet-emelkedés következtében a rákok életciklusa és fejlődése, anyagcseréje gyorsul. Ennek a jól tetten érhető bizonyítéka, hogy már korán – február végén, március elején – elengedi lárváit a nőstény. Jelen pillanatban a nyári-őszi fogások során hiányzó petés nőstények miatt arra tudunk következtetni, hogy egy szaporodási ciklusa van a fajnak. Azonban, ha lárvái még gyorsabban fejlődnek, bekövetkezhet az évenként kétszeri szaporodás is, amely egy még gyorsabb ütemű inváziót vonna maga után.

Emellett azt is figyelembe kell venni, hogy a fiatal egyedek között jelentős a versengés és a főleg emiatt kialakuló vándorlás, ami elősegíti terjedésüket (Weiperth szóbeli közlése nyomán).

Kitekintés:

további várható idegenhonos fajok Magyarországon

A korábban leírt idegenhonos fajok közül a cifrarák és jelzőrák aktívan terjed, egyre nagyobb területeket foglal el Magyarországon. Ugyancsak expanzió figyelhető meg a márványrák és vörös mocsárrák esetében, amelyek egyre jobban alkalmazkodnak a hazai klimatikus viszonyokhoz. A floridai kékrákból és ausztrál vörösollós rákból egyelőre csak kevés példány ismert, a többi faj (különböző Cheraxok, mexikói törperák, cseresznyegarnéla) szórványos előfordulású, közülük sok csak felelőtlen állattartók által elengedett egy-két példányból ismert.

Témavezetőm, dr Weiperth András szóbeli közlése nyomán a fenti lista új fajokkal egészült már ki az elmúlt egy év során, melyeket 2020 és 2022 között találtak hazai vizekben, előfordulásuk publikálás alatt áll. E fajok között több garnéla és tarisznyarák-faj is szerepel (32., 33. ábra), úgy, mint:

- pirosorrú pinokkiógarnéla (*Caridina gracilirostris*; De Man, 1892)
- Amano – garnéla (*Caridina multidentata*; Stimpson, 1860)
- sepregető garnéla (*Atya spinipes*; Newport, 1847)
- párduc tarisznyarák (*Paratelphusa pantherina*; Schenkel, 1902)
- vörös ördög tarisznyarák (*Geosesarma hagen*; Ng, Schubart & Lukhaup 2015)
- *Callinectes sapidus* (M. J. Rathbun, 1896)
- leíratlan / hibrid *Cherax sp*.

32. ábra: Amano garnéla (*Caridina multidentata*) akváriumi példánya

33. ábra: Párduc tarisznyarák (*Paratelphusa pantherina*) levedlett páncélja

Emellett nem zárható ki jövőbeli megtelepedése a Nyugat-Európában terjedő északi cifraráknak (*Faxonius virilis*; Hagen, 1870) és közeli rokonainak (*Faxonius juvenilis, F. immunis*) (Borza et al., 2016). Hasonló kockázatot rejt a Németországban meghonosodott vörösollójú garnéla, a *Macrobrachium dayanum* (Klotz et al., 2013), ami akváriumokban is kedvelt faj tőlünk nyugatabbra (Pasaréti & Werner, 2009). Az Európa több országában már megtelepedett, s kockázatértékelése szerint magas inváziós veszélyességű *Cherax destructor* (Weiperth et al., 2019b) meghonosodása ugyancsak nem zárható ki.

Természetesen számos további Decapoda-faj érhető el a kereskedelemben, egyre gyakoribbak az Indoausztrál régióból érkező, színpompás Cherax-fajok valamint az édes- és félsós vízi tarisznyarákok, amelyek, ha felelőtlen emberek kezébe kerülnek, akár végezhetik természetes vizeinkben is, mint megunt akváriumi állatok. Ennek elkerülése érdekében nagyon fontos a tájékoztatás és oktatás.

Pedagógiai fejezet:

Invazív hobbiállatok integrálása a biológia oktatásában

E dolgozat diszciplináris kutatásából is kitűnik az inváziós fajok problémakörének egyre nagyobb térnyerése, de ezt a problémát a természetvédelem globálisan is az egyik legnagyobb kihívásának tartja. Napjainkban a globalizációnak, a kontinensek közötti közlekedés és kereskedelem soha nem látott könnyedségének köszönhetően emberek milliói számára váltak elérhetővé egzotikus fajok, mint hobbiállatok. Az utóbbi néhány évben a terrarisztika, így a különböző hüllők, kétéltűek, madárpókok, rovarok tartása is nagy népszerűségre tett szert, de fajgazdagság tekintetében az akvarisztika a vezető ágazat. Csak édesvízi díszhalakból több ezer faj érhető el európai importőrök és nagykereskedők készleteiben, nem is beszélve a puhatestűek (csigák, kagylók) és rákok, garnélák fajairól. Ez a fajgazdagság magában hordozza annak a veszélyét, hogy sokkal több, potenciálisan inváziós faj kerülhet Európába, Magyarországra. Sajnos az elmúlt néhány évtized megmutatta, hogy felelőtlen állattartók mindig akadnak, akik vagy naiv jó szándékból vagy nemtörődömségből szabadon engedik állataikat. Ennek hatására meghonosodott Európában például a kis sándorpapagáj (*Psittacula krameri*; Scopoli, 1769), mely Németország és Nagy-Britannia egyes városaiban már elkezdte kiszorítani az őshonos madarakat is (http20). A vízhez kötődő fajok köréből közismert probléma a közönséges ékszerteknős (*Trachemys scripta*; Schoepf, 1792) esete, melynek még a huszadik század második felében terjedt el a hobbiállattartók körében a vörösfülű alfaja (*T. scripta elegans*). Az elengedett teknősök elkezdték kiszorítani az őshonos mocsári teknőst (*Emys orbicularis*; Linnaeus, 1758), a fokozódó inváziós nyomást felismerve, az Európai Unió 1997-ben betiltotta az alfaj behozatalát, melyet Magyarország is foganatosított 2010-től (Borza et al., 2016, http21). A tiltólistára helyezést követően e teknősfaj sárgafülű alfaja (*T. s. scripta*) kezdett terjedni a kereskedelemben (Borza et al., 2016), melynek tartását és forgalmazását azóta szintén betiltották (Liziczai, 2020). Természetesen ezt is hasonló, rokon fajokkal pótolta az állatkereskedelem, így például a mississippi tarajosteknőssel (*Graptemys pseudogeographica kohni*; Baur, 1890) vagy a hieroglifás ékszerteknőssel (*Pseudemys concinna*; Gray, 1856), melyek mindegyikét megtalálták azóta hazai természetes vizekben is (http22).

A fenti sor még bőven folytatható lenne a legkülönbözőbb fajokkal, amit talán érdemes még kiemelni, az az egzotikus díszhalfajok helyzete. Bár a hazánkban előforduló

idegenhonos halak jó része, és az amurgébet leszámítva az inváziós fajok mindegyike tógazdasági vagy halászati célú telepítésekből eredeztethető, az utóbbi években egyre több díszhal is előkerült a vizeinkből. Ezek többsége csak néhány egyedet jelent (pl.: zebra morgóharcsa (*Platydoras armatulus*), tarka páncélosharcsa (*Megalechis thoracata*), édesvízi doktorhal (*Garra rufa*)), melyeknek még meghonosodása sem várható (Weiperth et al., 2015). Nagyobb aggodalmat vált ki az ichthyológusok és természetvédők körében a hévízi kifolyó esete, ahol több nagytestű, közép- és dél-amerikai eredetű bölcsőszájú hal (Cichlidae család) megtelepedett, a termálvízben önfenntartó állományt létesített, sőt, a már évtizedek óta jelen lévő idegenhonos fajok állományait is elkezdték kiszorítani. Többségük határozása bonyolult, főleg hibridek kerülnek elő, melyek leginkább a citromsügér (*Amphilophus citrinellus*; Günther, 1864), a jaguársügér (*Parachromis managuensis*; Günther, 1867) és a tűzfejű tarkasügér (*Vieja melanurus*; Günther, 1862) fajokhoz, illetve szűkebb rokonsági körükhöz tartoznak (Takács et al., 2015). A trópusi akváriumi fajok meghonosodása főleg az állandóan meleg termálvizeinket, hévkifolyókat érintik, de mivel számos faj remekül alkalmazkodik, valamint a hibridek tulajdonságai kiszámíthatatlanok, kockázatot jelentenek, az esetlegesen ismeretlen parazitáikról nem is beszélve.

Az ékszerteknősök példája is kiválóan szemlélteti, hogy a törvényi tiltás önmagában nem elég: a már betiltott élőlények egyedei továbbra is kikerülnek alkalmanként a vadonba, illetve könnyen pótolhatók hasonló megjelenésű és ökológiai igényű fajokkal, melyek ugyancsak problémássá válhatnak az európai életközösségekben. Azonban az is látszik az elmúlt évek folyamataiból (például az amerikai bölcsőszájú halak kapcsán), hogy ezek a kihelyezések sporadikusak, nem rendszeresek, s hátterükben vagy a nemtörődömség, a környezettudatosság hiánya, vagy pedig pusztán az információ- és tudáshiány áll. Éppen ezért azt gondolom, hogy a természetbe kijutó idegenhonos fajok ellen nem csupán törvényi, hanem oktatási úton is fel kell lépni. Oktatás útján mindkét ok felszámolható: a környezeti nevelés és érzékenyítés által egy ökotudatos szemléletet lehet kialakítani, az információátadás pedig elősegíti, hogy mindenki megértse az idegenhonos fajok szabadon engedésének veszélyforrását. Ezt az oktatást ismeretterjesztés formájában rendkívül fontos lenne a felnőtt korú lakosság körében is végezni, azonban a leghatékonyabb iskolai keretek között, gyermekkorban integrálni, amikor még nagyon könnyen érzékenyíthetők a tanulók ezekre a veszélyforrásokra.

A 2020-as Nemzeti Alaptantervben és hozzá készült Kerettantervekben is hangsúlyosan megjelenik a környezetvédelmi – környezettudatossági szempont a biológia tantárgy oktatásán belül, sőt, már alsó tagozaton, a környezetismeret tárgy keretein belül is. 3-4. évfolyamon elvárt ismeret az Élő környezet témakörön belül, hogy a tanuló: „felismeri, hogy az egyes fajok környezeti igényei eltérőek"; „felismeri az egyes életközösségek növényei és állatai közötti jellegzetes kapcsolatokat"; „példákkal mutatja be az emberi tevékenység természeti környezetre gyakorolt hatását, felismeri a természetvédelem jelentőségét" és „egyéni és közösségi környezetvédelmi cselekvési formákat ismer meg és gyakorol közvetlen környezetében" (http23). Ezek a készségek jól megalapozzák a később már sokkal hangsúlyosabb környezeti nevelést. 5-6. évfolyamon elvárt, hogy a tanuló egyebek mellett „felismerje és megértse, hogy az élhető jövő záloga a környezettudatos, fenntarthatóságot szem előtt tartó gondolkodás" (http23), és ugyanebben az időszakban a vízi életközösségekkel kapcsolatos ismeretszerzés kiemelt hangsúlyt nyer az élőlénytársulások témakörében.

A hetedik évfolyamtól kezdődő biológia tantárgyon belül kifejezett célja a NAT-nak a környezettudatos szemlélet kialakítása. Itt már deklaráltan megjelenik, hogy a tanulók vizsgáljanak meg életközösségeket, legyenek tájékozottak a természetvédelem és a fenntarthatóság területén, valamint megjelenik a szövegezésben, hogy a tanuló „ismerje fel a földi életközösségek jövőjéért viselt felelősségét, a személyes cselekvés lehetőségét" (http23). A 7-10. osztályig tartó biológiaképzésben olyan, az inváziós fajokhoz is kapcsolható tanulási eredményeket vár az alaptanterv, mint az ökokritikus gondolkozás, a természeti értékek törvényi védelme mellett szóló érvek, védett fajok, életközösségek biológiai jelentősége, veszélyeztető tényezők, élőhelyvédelem, egyéni és közösségi felelősség a környezet jövője iránt, de a felelősségteljes állattartás is megjelenik (http23). A 9-10. évfolyamos képzés során külön blokkokat szán a NAT az életközösségek biológiai sokféleségének, a fenntarthatóságnak, a Föld és a Kárpát-medence értékeinek. S bár az alaptanterv külön nem nevesíti az idegenhonos fajok példakörét, egyes elvárt ismeretek egészen szorosan kapcsolódnak hozzá, mint például „érti az ökológiai egyensúly fogalmát, értékeli a jelentőségét, példákkal igazolja az egyensúly felborulásának lehetséges következményeit" (http23).

Az invazív faj fogalma, mint elvárt ismeret a középiskolai, alap óraszámra tervezett biológia kerettantervben jelenik meg először, az Ember és bioszféra – fenntarthatóság témakörében (http24, http25), a részletes érettségi követelményrendszerbe azonban sem közép-, sem emelt szinten nem került bele a fogalom (http26).

Szakdolgozatom szakmódszertani fejezetében egy négy alkalmat felölelő blokk óratervezetét készítettem el. Ebből az első két óra inkább elméleti, tantermi jellegű, míg a harmadik egy terepgyakorlat, a negyedik pedig egy laborgyakorlat. Az első két óra tematikája és felépítése lehetővé teszi, hogy középszintű oktatásban, alapórán is használhatóak legyenek. A teljes négy tanórás blokkot viszont leginkább szakköri, kötelező tanórán kívüli formában, esetleg fakultáción lehet elvégezni. Az órák kiindulópontja a jelzőrák inváziója, viszont a biológia számos területére kitekintést ad, ami lehetővé tesz akár egy átfogó ismétlést, akár egy holisztikus szemléletű ismeretátadást, és megvalósítja a tantárgyon belüli koncentrációt. Emellett a 2020-as NAT és kerettantervek számos pontjához szorosan kapcsolódik, így a tanév során a pedagógus számára több lehetőség is adott, mikor tudná integrálni a témakört. S bár a kimeneti követelmények nem várják el az inváziós faj fogalmának ismeretét – ami nem előnyös abban a tekintetben, hogy napjainkban radikális természetvédelmi fenyegetést jelentenek – a kerettanterv bőségesen ad lehetőséget e téma kifejtésére. A jövőre nézve azt gondolom, elengedhetetlen a diákságot széles körben tájékoztatni az inváziós, kiváltképp a klímaváltozás miatt meghonosodó fajok problémáiról.

Az alábbiakban a négy tanóra / foglalkozás óratervét mutatom be, az elkészült (és kipróbált) tanári útmutatókat, diákoknak kiosztandó feladatlapokat, szövegrészleteket a Mellékletek fejezetben helyeztem el.

1. óra

Az óra témája: Inváziós fajok Magyarországon

Az óra időigénye: 45 perc

Optimális létszám: 18-30 tanuló

Korosztály: 9-10. évfolyam

Az óra cél- és feladatrendszere:

- Előzetes ismeretek, prekoncepciók feltárása
- Új ismeretek átadása az inváziós fajokkal kapcsolatban
- Szövegértési és logikai kompetenciák fejlesztése
- A hazai környezet és azt fenyegető fajok ismerete, a probléma magyarországi megjelenése (szűkebb környezetünk ismeretére és védelmére nevelés)
- A következő órák ismeretanyagának megalapozása

Az óra didaktikai feladatai:

- Motiválás: IKT és csoportmunka típusú feladat
- Új ismeret közlése: inváziós faj fogalma, az inváziós fajok jelentette veszélyforrások, néhány fontos hazai példa invazív állatokra és növényekre
- Gyakorlás, alkalmazás: Önálló szövegértelmezés kapcsán a szövegértési kompetenciák fejlesztésével kell tudni felismerni a veszélyforrásokat. Szöveges leírás alapján, jellemzőkből kell felismerni névről és fényképről egy adott fajt.

Tantárgyi kapcsolatok:

- történelem és állampolgári ismeretek: nemzetközi hajózás, kereskedelem kiteljesedése
- informatika: IKT eszközök, okoskészülék használata

<u>A tanulói feladatok összeállításához felhasznált források</u>:

Liziczai Márk: Természetvédelem az akvarisztikában VI.: Inváziós fajok (Akvárium Magazin XXIII. évfolyam 122. szám; Akvárium Magazin Kft., Budapest, 2020; pp.38-54)

dr. Tóth Balázs: Ékszerteknősök (Idegenhonos inváziós fajok tudásbázisa)
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/77
utolsó letöltés: 2022.03.25.

Halpern Bálint, Molnár Orsolya: Idegenhonos kétéltű- és hüllőfajok (MME Kétéltű- és Hüllővédelmi Szakosztály, 2013. április 3.)
https://www.mme.hu/khvsz/idegenhonos-keteltu-es-hullofajok
utolsó letöltés: 2022.03.25.

http://www.invaziosfajok.hu/hu
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Időkeret	Az óra menete	Nevelési-oktatási stratégia			Megjegyzések
		Módszerek	Tanulói munkaformák	Eszközök	
0-3. perc	Diákok köszöntése, ráhangolódás a tanórára. Hiányzók adminisztrálása, felmerülő tanulói kérdések és problémák megbeszélése.	frontális	A tanulók ráhangolódnak a közös munkára, válaszolnak a tanári kérdésre.	-	-
4-7. perc	Előzetes ismeretek felmérése: A www.menti.com oldal segítségével szófelhőt gyűjtünk. A tanulók feladata, hogy a „*Ki mit tud az ékszerteknősről?*” kérdésre először eszükbe jutó 2-3 gondolatot beírják mobiltelefonjukon. Az applikáció a megjelenített szavak méretével utal az egyes fogalom gyakoriságára. A feladat időkerete 1 perc. A maradék 2 percben a tanár reflektál a felmerülő fogalmakra, elsősorban, ha van közte invázióbiológiára utaló is.	önálló interaktív munka frontális megbeszélés	A diákok önállóan, okoseszközükön végzik a feladatot, majd a megbeszélésen odafigyelnek.	számítógép, internetkapcsolat, saját mobilkészülék	A feladat fő célja a téma kontextusba helyezése és az előzetes ismeretek felmérése. Ezen kívül motiváló jellege is van. A cél, hogy megjelenjen az ékszerteknős idegenhonosságára utaló kifejezés. Amennyiben egy hasonló fogalom sem merül fel, a tanár néhány mondatban felveti ennek kockázatát, rákérdez, hogy a tanulók hallottak-e már ilyen esetről, láttak-e szabadon ékszerteknőst.

8-10. perc	Új anyag ismertetése: inváziós faj definíciója A tanár felírja a táblára az inváziós faj definícióját: *Olyan faj, amely az eredeti fajkészletben nem volt jelen, nem őshonos, betelepítése után azonban egyre több élőhelyet foglal el, intenzív szaporodásba kezd, terjed, ezáltal őshonos fajokat szorít ki.*	frontális magyarázat	A tanulók figyelnek, a táblára kerülő információkat füzetükben rögzítik.	tábla, kréta, füzet	A definíciót érdemes már itt, rögtön példákkal alátámasztani, amit a diákok saját életükből is ismerhetnek (pl.: harlekinkatica esete). Érdemes kérdést feltenni: - *Tudtok-e mondani inváziós fajokat?*
10-27. perc	Önálló ismeretszerzés: a tanulók egy cikk alapján előre elkészített szövegrészleteket kapnak. Az egyes szövegrészletek az inváziós fajok jelentette veszélyeket dolgozzák fel. A tanár ismerteti a tanulók feladatát: a szöveget értelmezve azonosítsák, mi lehet az adott veszélyforrás. A feladatra kb. 15 perc van, 2 perc a rövid szóbeli megbeszélés.	önálló munka frontális megbeszélés	önálló munka	nyomtatott szövegrészletek, füzet (A szövegrészletek Liziczai Márk: Természetvédelem az akvarisztikában VI.: Inváziós fajok (Akvárium Magazin XXIII. évfolyam 122. szám) cikke alapján készültek, kismértékben módosítva az eredeti szövegrészleteket.)	A feladat tartalmi lényege, hogy a tanulók megismerjék a legfontosabb veszélyforrásokat, amit az invazív fajok jelentenek. A feladat hangsúlyosan fejleszti a szövegértelmezési kompetenciát, hiszen nem elvárt a veszélyforrások tényszerű ismerete, hanem a szöveg alapján kell tudni megfogalmazni azokat.

28-43. perc	Csoportos ismeretszerzés: a legfontosabb hazai inváziós fajok ismerete. A tanár az osztályt 4-5 fős csoportokra osztja. Minden csoportnak ad egy kártyapaklit, melyeken, 6-6 Magyarországon inváziósnak tekinthető állat- vagy növényfaj szerepel. Minden fajról 3 kártya készült: egy a nevével, egy a fényképével és egy a rövid leírásával. A pedagógus ismerteti a feladatot: a diákok a csoportokban a faj jellemzői alapján párosítják a név-szöveg-fénykép kártyákat. A kártyák hátoldalára nyomtassunk számokat, így a tanulók a feladat végén önállóan ellenőrizhetik megoldásukat.	csoportmunka	A tanulók 4-5 fős csoportokban elvégzik a feladatot. A tanulók leírják a kapott fajok nevét, esetleg két-három emlékeztető jellemzőjét a füzetükbe.	nyomtatott kártyasorozat füzet	A feladat célja, hogy a Magyarországon leggyakoribb, legproblémásabb inváziós fajokat a tanulók megismerjék. Fontos kompetencia a feladat megoldása során, hogy a leírást értelmezzék előzetes ismereteiket is előhívva, s ez alapján azonosítsák a fajokat. (A fajok előzetes ismerete nem elvárás, a szövegrészletek úgy készültek, hogy azok alapján az egyébként ismeretlen faj beazonosítható legyen.) Időigény kb. 15 perc. Az ellenőrzést követően a tanár kér egy visszajelzést, hogy sikerült-e megoldani; ha nem, mi volt a gond.
44-45. perc	Elköszönés, óra zárása.	frontális	A tanulók figyelnek, lezárják az órát.	-	-

2. óra

Az óra témája: Hobbiállatok, mint inváziós fajok

Az óra időigénye: 45 perc

Optimális létszám: 25-30 tanuló

Korosztály: 9-10. évfolyam

Az óra cél- és feladatrendszere:

- Új ismeretek átadása az inváziós fajokkal és hobbiállatokkal kapcsolatban
- Kooperativitás, együttműködés készségének fejlesztése
- Felelős állattartásra nevelés
- Forráskritikára, kritikus internethasználatra történő nevelés
- Szövegértési és logikai kompetenciák fejlesztése
- A saját életben (hobbiállattartás) megjelenő inváziósbiológiai ismeretek tárgyalása
- Vitakultúra fejlesztése

Az óra didaktikai feladatai:

- Motiválás: IKT és kooperatív csoportmunka típusú feladat
- Új ismeret közlése: hobbiállat és haszonállat közötti különbség meghatározása, néhány idegenhonos hobbiállat megismerése
- Gyakorlás, alkalmazás: Csoportos szövegértelmezés kapcsán a szövegértési kompetenciák egyidejű fejlesztésével történik az ismeretszerzés, majd ez kiegészül társas tanulással. Az internetes keresés gyakorlatának alkalmazása célirányos feladaton keresztül.

Tantárgyi kapcsolatok:

- történelem és állampolgári ismeretek: nemzetközi hajózás, kereskedelem kiteljesedése, jogszabályok
- informatika: IKT eszközök, okoskészülék használata

A tanulói feladatok összeállításához felhasznált források:

Liziczai Márk: Természetvédelem az akvarisztikában VI.: Inváziós fajok (Akvárium Magazin XXIII. évfolyam 122. szám; Akvárium Magazin Kft., Budapest, 2020; pp.38-54)

Horváth Zsuzsanna: Egzotikus akváriumi csigák Magyarországon (Szent István Egyetem, Állatorvos-tudományi Kar, Parazitológiai és Állattani Tanszék, Budapest, 2010)

Zsadányi Ágnes, Zábráczki László: Almacsiga vs Európai Unió
https://www.csigafarm.hu/blog?journal_blog_post_id=4
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Wikipédia: Pomacea diffusa
https://en.wikipedia.org/wiki/Pomacea_diffusa
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Fishbase: Parachromis managuensis
Froese, R. and D. Pauly. Editors. 2022.FishBase.
World Wide Web electronic publication.
www.fishbase.org, (02/2022)
https://fishbase.mnhn.fr/summary/Parachromis-managuensis.html
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Liziczai Márk: A farkos kétéltűek kereskedelmét, tartását és tenyésztését szabályozó kormányrendelet
https://diszhalnagyker.hu/hirtar/a_farkos_keteltuek_kereskedelmet__tartasat_es_tenyesztteset_szabalyozo_kormanyrendelet-299
utolsó letöltés: 2022.03.27.

https://herpterkep.mme.hu/hullo.php?lang=hu&id=61
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Időkeret	Az óra menete	Nevelési-oktatási stratégia			Megjegyzések
		Módszerek	Tanulói munkaformák	Eszközök	
0-3. perc	Diákok köszöntése, ráhangolódás a tanórára. Hiányzók adminisztrálása, felmerülő tanulói kérdések és problémák megbeszélése.	frontális	A tanulók ráhangolódnak a közös munkára, válaszolnak a tanári kérdésre.	-	-
4-7. perc	Új anyag ismertetése: háziállat, haszonállat, hobbiállat fogalma. A tanár felírja a táblára az alábbi definíciókat: Háziállat: *Emberi környezethez szoktatott, hasznáért vagy más tulajdonságáért tartott állat.* Haszonállat: *A háziállatok azon csoportja, melyek megélhetést (táplálékot, munkát) biztosítanak az embernek.* Hobbiállat: *A háziállatok azon csoportja, melyet az ember kedvtelésből tart.*	frontális megbeszélés	A tanulók figyelnek, a táblára kerülő információkat füzetükben rögzítik.	tábla, kréta, füzet	A definíciókat érdemes rögtön példákkal szemléltetni, amit a diákok saját életükből is ismerhetnek (pl.: sertés, macska, aranyhörcsög). Érdemes kérdést feltenni: - *Említsetek háziállatokat / haszonállatokat / hobbiállatokat!* Érdemes legalább szóban kitérni arra, hogy a hobbiállatok egy körét, melyekkel az ember kölcsönös kapcsolatot tud kialakítani (pl.: kutya, macska, papagáj) társállatnak is szokták nevezni.

8-28. perc	Kooperatív csoportos ismeretszerzés: inváziókép es hobbiállatok A tanulókat öt asztal köré ültetjük le, praktikusan ötfős csoportokban. Minden asztalra kerül egy nyomtatott kártya egy-egy inváziós, vagy invázióveszélyes hobbiállatról. Ezen kívül minden tanuló kap egy kitöltetlen táblázatot. A csoport közösen értelmezi a faj jellemzését, majd mindenki kitölti a saját táblázatában a megfelelő faj sorát. Ezt követően újraosztjuk a csoportokat, hogy minden korábbi csoportból egy-egy tanuló kerüljön össze az új ötfős csoportokba. Így minden csoportban minden fajnak lesz „szakértője”, aki a többieknek elmagyarázza az általa megszerzett ismereteket. Időigény: kb. 20 perc.	szakértő mozaik módszer	kooperatív csoportmunka	nyomtatott szövegrészletek - asztalonként egy-egy fajjellemzés - asztalonként egy-egy fotó az érintett fajról - tanulónként egy-egy üres táblázat (A feladat végére minden tanuló egy kitöltött táblázattal kell, hogy rendelkezzen.)	A feladat tartalmi lényege, hogy a tanulók megismerjenek néhány példát hazai viszonylatok között invázióveszélyes fajokra. Ez induktív módszerrel szemlélteti az invázióveszélyt (megismerünk néhány példát, melyekből a diák általánosíthat). A feladat fejleszti a szövegértést és a társas kompetenciákat, kommunikációt, kooperativitást. Megvalósul a társas tanulás, a Bloom-féle taxonómia magasabb szintje érhető el. A csoportmunka ajánlott beosztása kiküszöböli a „társas lazsálás” jelenségét, hiszen minden tanuló felelős az első körben is a megértésért, hiszen a második csoportban csak ő tudja „megtanítani” a társainak az adott ismereteket.

29-43. perc	Csoportos ismeretszerzés: felelősségteljes állattartás Minden tanuló visszaül az eredeti csoportjába, és mindegyik csoport a megfelelő sorszámú fajjal (1. csoport – 1. faj) foglalkozik. Feladat: *Állíts össze egy néhány mondatos összefoglalót arról, hogy hogyan kellene helyesen gondozni az adott fajt!* *Említs legalább egy olyan tartási hibát, amikor sérül a felelősségteljes állattartás elve!* A feladat elvégzése után közös, frontális megbeszélés. Időigény: kb. 15 perc.	csoportmunka frontális megbeszélés	A tanulók 5 fős csoportokban elvégzik a feladatot, internetes keresést is használva: - megkeresik a faj tartásának legfőbb kritériumait - végiggondolják, hogyan lehet helyesen gondozni az adott fajt - az előző ismeretek alapján példát keresnek egy tartástechnológiai hibára, mely ellentmond a felelős állattartásnak, a „jó gazda gondossága” elvének	kitöltött táblázat, füzet, internetkapcsolat, mobiltelefon vagy számítógép	A feladat tartalmi lényege, hogy önállóan ismereteket szerezzenek a felelős állattartásról és végiggondolják, ez mikor sérülhet. Fejlesztett készségek és kompetenciák: forráskritika, kritikus internethasználat, szövegértés, társas kompetenciák. A feladat erősen súlyoz arra, hogy a tanulók gyakorolják a megbízható forrásokból való tájékozódást. Egyúttal a feladat hangsúlyosan nevel a felelős állattartásra is, ami az új alaptanterv által is fontosnak tartott terület.
44-45. perc	Elköszönés, óra zárása.	frontális	A tanulók figyelnek, lezárják az órát.	-	-

3. óra

Az óra témája: Terepgyakorlat – a Lajta ökológiai jellemzése és jelzőrákok gyűjtése

Az óra időigénye: 240 perc

Optimális létszám: 25 tanuló

Korosztály: 9-10. évfolyam

A gyakorlat javasolt időpontja: május – június vagy szeptember – október

Az óra cél- és feladatrendszere:

- Kooperativitás, együttműködés készségének fejlesztése
- Környezetünk állapotának vizsgálata, jellemzése, környezet iránti elköteleződés erősítése
- Terepi gyakorlatszerzés, a terepi biológiai munka megtapasztalása
- Önálló és csoportos tapasztalatszerzés
- Élményszerzés a szabadban történő, saját tevékenységen alapuló tanulás által
- Új ismeretek átadása az inváziós fajokkal és az ökológia, környezetvédelem témakörével kapcsolatban

Az óra didaktikai feladatai:

- Motiválás: terepi munka, szabadban végzett, kirándulásszerű tanulás
- Új ismeret közlése: ökológiai felmérés menete, rákok befogásának gyakorlata
- Gyakorlás, alkalmazás: A korábban megszerzett elméleti ismeretek átültetése a gyakorlatba.

Tantárgyi kapcsolatok:

- földrajz: lokális földrajzi ismeretek (Mosonmagyaróvár, Lajta) vízrajz (Lajta folyó ismerete, folyókkal kapcsolatos általános ismeretek), GPS koordináták, környezeti jellemzők (napsütés, szél, csapadék)
- fizika: a környezet egyes fizikai jelenségeinek megfigyelése és értelmezése (folyó folyási sebessége, szél, eróziós hatások)
- kémia: vízkémia, vízminőség jellemzése
- informatika: okoskészülék használata adatrögzítésre, fényképezése, GPS koordináták leolvasására

Források:

Kriska György, Karkus Zsolt: A biológia tanításának elmélete és gyakorlata (ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2015)

A harmadik szakköri alkalom óratervében a terepgyakorlat megtervezésével és időbeosztásával, tanulói feladataival kapcsolatos részletek kerülnek kifejtésre.

A terepgyakorlat szervezésének általános kérdései:

Mint azt Kriska György és Karkus Zsolt is megfogalmazták, a sikeres terepgyakorlat-szervezés kulcsa a tervezés (Kriska & Karkus, 2015). Amikor a tervezésről beszélünk, nem pusztán a végrehajtandó feladatokat és azok eszközigényét kell végiggondolnunk, hanem a célokat is, mit miért teszünk. A tervezést természetesen mindig az aktuális lehetőségekhez és körülményekhez szabjuk. Jelen esetben a terepgyakorlat szervezési feltételeit a Mosonmagyaróvári Kossuth Lajos Gimnázium lehetőségeihez mérem – más intézményeknél a helyszín megközelítése miatt az időigény és kivitelezhetőség változhat.

A terepgyakorlat célja:

Jelen terepgyakorlat célja többrétű. Az egyik elsődleges cél megismertetni a tanulókkal a terepi biológia lehetőségeit, élményszerűen megmutatni nekik, hogyan lehet például élvefogó csapdákkal veszélyes inváziós fajt gyéríteni. Testközelből, saját tapasztalatokon keresztül gyűjthetnek jelzőrákokat, s míg a gyűjtés zajlik, egyszerűsített ökológiai felmérést is végrehajtanak. A program remekül kiegészíti az iskolai munkát, hiszen a szabad ég alatt tartott foglalkozások nagyon motiválóak és élményszerűek, valamint a természettől egyre jobban elszakadó, városiasodó életmódban felüdülést nyújtanak, és elősegítik a környezettudatos elköteleződést. A gyakorlat célja továbbá rákok begyűjtése a következő szakköri alkalom feladatainak elvégzéséhez.

Szervezés:

Még helyi intézmény számára is az időigény miatt tanórai keretek közé a terepi foglalkozás nem illeszthető be, éppen ezért tanórán kívüli (délutáni), szakköri formában valósulhat meg. A legkisebb ajánlott létszám 4-5 fő, akik már tudnak csoportban dolgozni, a legmagasabb ajánlott létszám lehetőleg 30-32 főt ne haladja meg.

Javasolt helyszín: a Lajta mosonmagyaróvári szakaszán a Cserháti Sándor utcai Lajta-híd és a Kiserdő utcai Lajta-híd közötti szakasz, a Cserháti utcától indulva a Panoráma Hotel magasságáig. A helyszín az iskolától gyalogosan kb. 15-20 perc alatt megközelíthető.

Javasolt tevékenységek és időbeosztás:

- gyülekezés, helyszín gyalogos megközelítése: 20 perc
- feladatlapok kiosztása, elvégzendő tevékenységek megbeszélése: 10 perc
- rákcsapdák közös kihelyezése az érintett szakaszon: 45 perc
- terepbejárás, megfigyelések, fajhatározás: 30 perc
- ökológiai felmérés elvégzése: 30 perc
- csoportmegbeszélés, csapdák ellenőrzése: 20 perc
- ökológiai felmérések eredményeinek megvitatása, következtetések levonása: 20 perc
- csapdák beszedése, kifogott rákok metrikus adatainak felvétele: 40 perc
- gyülekezés, visszaérkezés az iskolába: 20 perc
- a kifogott rákok elhelyezése előre elkészített medencében / akváriumban: 5 perc

Előkészítés:

Az iskolában a terepgyakorlatot vezető szaktanár az alábbi anyagokat és eszközöket készíti elő, amelyeket a helyszínre kell vinni:

- min. 5 db élvefogó rákvarsa, madzaggal, rögzítőpálcával
- csalianyag (javasolt: Carpzoom Halibut horgászpellet)
- 1 db zárható fedelű vödör (rákok begyűjtéséhez)
- 1 db hosszú nyelű kéziháló
- 1 db elemes konyhai mérleg kisméretű műanyag tállal
- 1 db 30 cm-es vonalzó
- vízmintavételezésre alkalmas eszköz (pl.: műanyag edény, pohár)
- pH-papír / pH-cseppteszt (pl.: akváriumi) / hordozható pH-mérő
- oldott oxigén cseppteszt (pl.: akváriumi) / hordozható oldott oxigénszint-mérő
- hordozható vezetőképesség-mérő
- hőmérő
- ökológiai felmérőlap (tanulónként 1 db) [mellékletben]

Minden tanuló gondoskodik róla, hogy legyen nála:

- írószer
- csoportonként legalább egy mobileszköz, amely GPS koordináták felvételére képes

Tevékenységek részletezése:

A helyszínre érkezést követően a szaktanár a tanulókat 4-5 fős csoportokra osztja, majd ezt követően minden diáknak kioszt egy-egy ökológiai felmérő lapot és ismerteti a terepgyakorlat ütemtervét. Fontos, hogy a pedagógus még a kezdés előtt a biztonsági rendszabályokat és balesetvédelmi ismereteket áttekintse a tanulókkal. A szaktanár bemutatja a rákvarsa felépítését, egy varsán megmutatja, hogyan kell a csalianyagot behelyezni, majd a varsát a folyómederre ereszteni, rögzíteni. Ezt követően a tanulócsoportok is előkészíthetik a varsákat, melyek a tanár vízbe helyezés előtt ellenőriz, az elhelyezést külön-külön felügyeli. A varsák kihelyezési pontjait érdemes a híd és a végpont között arányosan elosztani. Az egyes tanulócsoportok a varsák kihelyezésének percre pontos időpontját rögzítik lapjukon.

Az utolsó varsa kihelyezését követően a csoport közösen a kezdőpontra sétál, miközben a gyakorlatvezető szaktanár felhívja a figyelmet az egyes szakaszok jellegzetességeire, potenciális veszélyforrásaira. A sétaút közben a diákok a tanár irányításával meghatározzák az aktuálisan megfigyelhető növényeket, esetleg jelen lévő állatokat. (A határozáshoz érdemes a PlantNet applikációt előzetesen letöltetni a diákokkal, így önállóan és interaktívan tudnak fajismeretet gyakorolni.)

A kezdőpontra visszaérve a szaktanár a felmérőlap pontjait röviden szóban ismerteti (mit és hogyan kell megfigyelni és rögzíteni), és a hőmérséklet, pH, oldott oxigénkoncentráció valamint vezetőképesség-méréseket a teljes csoport a szaktanárral közösen elvégzi, amelyet mindenki rögzít a munkalapján. Ezt követően az egyes részcsoportok önállóan dolgozhatnak a varsájuk közelében, értékelve a többi ökológiai tényezőt. Mielőtt a csoportok dolgozni kezdenek, a pedagógus ismét felhívja a figyelmet a balesetvédelemre (különös tekintettel a vízbe esés veszélyére).

A feladatok elkészültét követően az egyes csoportok összevetik eredményeiket egymással, megbeszélik azokat, megtekintik egymás fogási helyszíneit. Ezután a csapdák gyors ellenőrzése következik tanári irányítással, hogy megbizonyosodjunk róla, van-e már

bennük rák. Az ellenőrzés után a teljes csoport megbeszéli és értékeli tanárával közösen az ökológiai felmérés eredményeit, levonva a következtetéseket. A tanulók jóslatokba is bocsátkozhatnak: a jelzőrák igényeit összehasonlítva a lokális környezettel, vajon milyen fogási eredmény várható. Fontos, hogy az időbeosztásban megadott időt kitöltsük – ha kell további határozással, más inváziós fajokkal kapcsolatos szakmai beszélgetéssel, esetleg a parton idegenhonos növények keresésével – mivel legalább két órát érdemes várni, hogy a rákok gyülekezzenek a varsákban. Lehetőség van a vizek fajkészleten alapuló ökológiai felmérésére is makrogerinctelen-vizsgálat alapján (pl.: BISEL, Kriska & Karkus, 2015).

Ha a megadott szükséges idő letelt, a csoport ellenőrzi a varsák tartalmát. A szaktanár bemutatja, hogyan kell biztonságosan megfogni egy rákot (a fejtor és potroh határán, ujjainkat az ollóktól távol tartva), és megállapítani annak ivarát (a hasoldalra tekintve ellenőrizni a gonopódium meglétét vagy hiányát). Ezt követően egy mintapéldányon közösen elvégzik a testhossz felvételét (milliméterben, a rostrum hegyétől a telson végéig) vonalzó segítségével, valamint a konyhai mérlegen grammban történő testtömeg-felvételt. Minden egyes példány adatait a diákok rögzítik saját lapjukon – minden részcsoport a hozzá tartozó varsában lévő egyedekét. Az első 1-2 mintapéldányt követően a többi állatot már a diákok önállóan mérik le.

A kifogott rákokat jól záródó vödörbe gyűjtjük, víz nélkül (nedves helyen gond nélkül viselik a szállítást, míg víz alatt a fogyatkozó oxigén miatt hamar megfulladhatnak) és a gyülekezést, visszaérkezést követően az iskolában egy előre összeállított – búvóhelyekben és vízszűrésben, oxigénellátásban gazdag – akváriumban vagy kádban elhelyezzük.

4. óra

Az óra témája: Laborgyakorlat – jelzőrák boncolás

Az óra időigénye: 45 perc

Optimális létszám: 25 tanuló

Korosztály: 9-10. évfolyam

Az óra cél- és feladatrendszere:

- Manuális készségek, kézügyesség, koncentrálás fejlesztése
- Önálló megfigyelésen alapuló ismeretszerzés gyakorlása
- Új ismeretek megszerzése a rákok anatómiájával kapcsolatban
- Korábbi ismeretek ismétlése és gyakorlása: az ízeltlábúak és azon belül a rákok szervezettani és élettani ismeretei, a boncolás gyakorlata, balesetvédelmi ismeretek
- Élményszerzés a laboratóriumi munka útján

Az óra didaktikai feladatai:

- Motiválás: laboratóriumi munka, boncolás egyéni végrehajtása
- Új ismeret közlése: rákok anatómiájának és élettanának részletei
- Gyakorlás, alkalmazás: Az ízeltlábúak és rákok alapvető szervezettani és élettani ismeretei, a laboratóriumi munka rendszabályai, a boncolás menete

Tantárgyi kapcsolatok:

- kémia: mészsók a rákpáncélban
- fizika: mikroszkóp működése

<u>Források</u>:

Kriska György, Karkus Zsolt: A biológia tanításának elmélete és gyakorlata (ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2015)

Kriska György, Lőw Péter: Biológia: Állati szervezetek (Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2012)

A boncolási gyakorlatok specifikus területet képviselnek a biológia oktatásán belül. Nagyon fontos szerepük van az egyéni megismerésben, tapasztalatszerzésben, azon túl pedig nem elhanyagolható a motiváló szerepük és a manuális készségfejlesztésben megnyilvánuló szerepük sem. Jelen gyakorlat arra épül, hogy a jelzőrák, mint inváziós és gyérítendő faj nem részesül törvényi oltalomban, sőt, a kifogott egyedek visszaengedése egyenesen tiltott. A harmadik szakköri óra keretében begyűjtött jelzőrákokat így lehetőségünk van egy szervezettani vizsgálat keretében felboncolni. A gyakorlat feltételezi, hogy a tanulók már rendelkeznek némi előzetes ismerettel a rákok szervezettanával kapcsolatban.

A boncolás előtt az állatokat szakszerűen altatni szükséges (zárható edényben dietil-éterrel átitatott vattát helyezünk az állatok mellé kb. negyed órára) (Kriska & Lőw, 2012). A tanórára már az elaltatott tetemeket viszi be a szaktanár. Az órakezdéskor a pedagógus meggyőződik róla, hogy a tanulók a gyakorlat végrehajtására alkalmas állapotban jelentek meg a laboratóriumban vagy szaktanteremben (köpenyt viselnek, hosszú haj megkötve, étel-ital, valamint nagy helyigényű táska nem található náluk). Óra elején fontos a balesetvédelmi ismeretek átismétlése, a felhasznált bonceszközök biztonságos használatának áttekintése.

A boncolás menete a Kriska-Lőw féle Biológia: Állati szervezetek kötetben leírtak szerint történik. Első lépésben az állat külső bélyegeit vizsgáljuk meg: kezdve a fejtorral és annak képleteivel (ollók, csápok, szájszervek, állkapcsi lábak), a hasoldallal (járólábak, potrohlábak, párzószerv) és végül a potroh háti oldalával, beleértve a faroknyúlványt és faroklábakat.

A boncolás első lépése a kopoltyúfedők eltávolítása. Ezt követően megvizsgáljuk a kopoltyúkat, és sztereomikroszkóp alatt (vízzel teli Petri-csészében) néhány kiboncolt kopoltyúágat is tanulmányozunk. A második vágást a fejtorpajzs és első potrohszelvény közötti hártyás részen ejtjük, és összecsukott ollóval tompa bontást végzünk a fej irányába. Ezzel a fejtorpajzsot (carapax) el tudjuk távolítani és hozzáférünk a fejtor belső szerveihez (rágógyomor, rágóizmok, középbéli mirigy, egy kamrás szív), melyeket azonosítunk, de még nem távolítunk el.

A következő lépés a potrohlemezek átvágása a háti oldalon és a potroh kitinpáncéljának lefejtése az izomzatról. Ekkor feltárul az utóbél is a potrohizomzattal.

A háti oldal páncélzatának eltávolítását követi a zsigeri szervek vizsgálata: első lépésben a nyelőcső és az utóbél átvágásával ki tudjuk emelni a tápcsatornát (középbéli miriggyel együtt). A tápcsatorna részleteit óvatosan megvizsgáljuk, érdemes sztereomikroszkóp alatt dolgozni.

Ezt követően az idegrendszer vizsgálata következik: azonosítjuk az agydúcot, garatideggyűrűt és a hasdúclánc rendszer tagjait; továbbá a fej területén található, kiválasztásért is felelős csápmirigyeket. Az idegrendszerhez kapcsolódó vizsgálatokat a szem tanulmányozásával zárjuk – gyakorlott boncoló csoportnál elkészíthetjük a tankönyv által javasolt érintőleges metszetet a szemről, kezdő diákoknál viszont még nem biztos, hogy elég jó a kézügyességük az ilyen precíz feladatokra. Az állat boncolását a lábak sztereomikroszkópi vizsgálatával zárjuk.

A boncolás során a tanulók egy munkalapot töltenek ki: a gyakorlat megkezdése előtt néhány ismétlő feladatot, majd elvégzése után néhány elemző kérdést.

Összefoglalás

Napjainkban az inváziós fajok terjedése a természetvédelem egyik nagy kihívása. Különösen igaz ez a vízi ökoszisztémákra, amelyek kényes egyensúlya nagyon könnyedén felborulhat. Az elmúlt bő évtizedben megszaporodtak a hazai vizekből észlelt egzotikus halak és rákok, s velük párhuzamosan egyre nagyobb gradációt érnek el a már korábban ismert, betelepített, mérsékelt égövi fajok.

2018-ban tudományos közleményben írtam le a Lajta mosonmagyaróvári szakaszáról az inváziós jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*) jelenlétét. Kutatásom fő célja annak mindnél pontosabb feltárása volt, mennyire kiterjedt a faj jelenléte a Lajtában, milyen élőhelyeket kolonizál leginkább, s melyek azok az ökológiai feltételek, amelyek elősegítik megtelepedésüket és elszaporodásukat. Emellett kíváncsi voltam a lokális populáció jellemzőire. A vizsgálati célok elérése érdekében hét különböző helyszínen gyűjtöttem élvefogó csapdákkal jelzőrákokat a Lajta mosonmagyaróvári szakaszán, az alsó folyószakaszon. A begyűjtött példányokról a testhosszra, testtömegre, ivarra és gyűjtési helyszínre vonatkozó adatokat rögzítettem. A mintavételezések randomizált időpontokban három éven át tartottak.

Összesen közel 550 példány megvizsgálásával viszonylag pontos képet kaptam a populáció jellemzőiről. A Lajtában zajló invázió is alátámasztja a fajjal kapcsolatos eddigi ismereteket, hiszen a legnagyobb denzitást minden esetben a búvóhelyekben és táplálékforrásban is bővelkedő helyszíneken kaptam – jellemzően dús vegetációjú pontokon. A mederanyag, az áramlási sebesség és a kiaknázható erőforrások jelentősen meghatározzák a rákok megjelenését és a maximális lehetséges egyedsűrűségét. A méret- és tömegeloszlás haranggörbe-szerű, bár a szakirodalmi potenciált nem éri el, amit magyarázhat a felfutó szakaszban tartó invázió, a magas egyedszám miatt fellépő intenzív kompetíció. Dolgozatomban az adatok értékelésén és elemzésén túl következtetéseket igyekszek levonni a helyi invázió jövőjére nézve, illetve a Decapodák magyarországi helyzetére vonatkozóan.

S mivel az utóbbi években egyre több inváziókép hobbiállat kerül vizeinkbe, a szakmódszertani fejezetben arról értekezem, mit tehet a biológia tantárgy a környezettudatos szemlélet kialakításáért az inváziós fajok kapcsán, hogyan integrálható a téma a közoktatásban. A jelzőrák lokális inváziójának pedagógiai vonatkozása kapcsán pedig egy terepgyakorlat és laboratóriumi vizsgálat tervezetét készítettem el.

Summary

Nowadays, the spread of invasive species is one of the great challenges of conservation biology. This is especially true for aquatic ecosystems, whose delicate balance can be very easily upset. In the last decade, the number of exotic fish and crustaceans observed in Hungarian waters has increased, and in parallel, the previously known, introduced, temperate species have reached an increasing gradation.

In 2018, I described the presence of invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on the Mosonmagyaróvár section of the Lajta. The main goal of my research was to explore the extent of the species' presence in the Lajta, the habitats that are colonized the most, and the ecological conditions that promote their establishment and reproduction. I was also curious about the characteristics of the local population. In order to achieve the research goals, I collected signal crayfishes with live traps at seven different locations on the Mosonmagyaróvár section of the Lajta, in the lower part of the river. Data on body length, body weight, sex, and collection locality were recorded from the collected specimens. Sampling lasted for three years at randomized times.

Examining a total of nearly 550 specimens, I obtained a relatively accurate picture of the characteristics of the population. The invasion in Lajta also supports the knowledge about the species so far, as I obtained the highest density in all cases in places where there is an abundance of hiding places and food sources - typically at points with rich vegetation. Bedding material, flow rate, and exploitable resources significantly determine the appearance of crayfishes and the maximum possible density. The size and mass distribution is bell-shaped, although it does not reach the literature potential, which can be explained by the invasion in the rising phase, the intense competition due to the high number of individuals. In my dissertation, in addition to evaluating and analysing the data, I try to draw conclusions about the future of the local invasion and the situation of Decapods in Hungary.

And as more and more invasive hobby animals are entering our waters in recent years, in the methodological chapter I discuss what the subject of biology can do to develop an environmentally conscious approach to invasive species, how to integrate the topic into public education. In connection with the pedagogical aspect of the local invasion of signal crayfish, I drafted a field exercise and a laboratory study.

Hivatkozások:

Irodalomjegyzék:

Abrahamsson, S.A.A. (1971): Density, growth and reproduction in populations of *Astacus astacus* and *Pacifastacus leniusculus* in an isolated pond. Oikos 22: 373-380. Copenhagen.

Abrahamsson, S.A.A., Goldman, C.R. (1970): Distribution, density and production of the crayfish Pacifastacus leniusculus Dana in Lake Tahoe, California - Nevada. Oikos 21: 83-91.

Adams, S., Schuster, G.A., Taylor, C.A. (2010): *Orconectes limosus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153764A4541724. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T153764A4541724.en. Accessed on 20 January 2022.

Alderman, D.J., Polglase, J.L., Frayling, M. (1987): *Aphanomyces astaci* pathogenicity under laboratory and field conditions. Journal of Fish Diseases, 10: 385-393.

Alvarez, F., López-Mejía, M., Pedraza Lara, C. (2010): *Cambarellus patzcuarensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153802A4546862. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T153802A4546862.en. Accessed on 27 January 2022.

Arias, A., Torralba-Burrial, A. (2021): First record of the redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus* (Von Martens, 1868) on the Iberian Peninsula. Limnetica 40(1): 33-42. DOI: 10.23818/limn.40.03

Austin, C.M. (2010): *Cherax holthuisi*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153651A4527117. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T153651A4527117.en. Accessed on 29 January 2022.

Austin, C.M., Jones, C., Wingfield, M. (2010): *Cherax quadricarinatus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T4621A11041003. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T4621A11041003.en. Accessed on 27 January 2022.

Baensch, H.A., Evers H. (2004): Aquarien Atlas Bd. 6. (Mergus Verlag GmbH, Melle, 2004)

Báldi A., Csányi B., Csorba G., Erős T., Hornung E., Merkl O., Orosz A., Papp L., Ronkay L., Samu F., Soltész Z., Szép T., Szinetár Cs., Varga A., Vas Z., Vétek G., Vörös J., Zöldi V., Zsuga K. (2017): Behurcolt és invazív állatok Magyarországon (Magyar Tudomány, 2017/4)

Baldry, D. (2007): Étude de l'écrevisse américaine Orconectes limosus (Rafinesque, 1817) dans l'étang de Cessy, Pays de Gex, 01170 (France). II. Observations d'Orconectes limosus à de faibles temperatures environnmentales). L'Astaculteur de France 92: 2-14.

Behm, J.E., Ives, A.R., Boughman J.W. (2010): Breakdown in postmating isolation and the collapse of a species pair through hybridization. The American Naturalist 175(1): 11-26. https://doi.org/10.1086/648559.

Bohman†, P., Edsman, L. (2011): Status, Management and Conservation of Crayfish in Sweden: Results and the Way Forward. Freshwater Crayfish 18(1): 19–26.

Borza P., Csányi B., Csecserits A., Halpern B., Király G., Kondorosy E., Lukács B.A., Mesterházy A., Merkl O., Soltész Z., Szeőke K., Szitár K., Vas Z., Vörös J., Weiperth A. (2016): Inváziós fajok terjedési útvonalainak átfogó elemzése és hazai értékelése (Kutatási zárójelentés); Vácrátót, 2016. Témavezető: Botta-Dukát Z.

Boucher, N., Elgin, A. (2022): *Faxonius limosus*: U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL, and NOAA Great Lakes Aquatic Nonindigenous Species Information System, Ann Arbor, MI, https://nas.er.usgs.gov/queries/greatlakes/FactSheet.aspx?Species_ID=3658&Potential=Y&Type=2&HUCNumber=DGreatLakes,
Revision Date: 3/15/2019, Access Date: 1/24/2022

Bower, S.M. (2012): Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish: Crayfish Plague ("Fungus" Disease).

Bubb, D.H., Thom† T. J., Lucas, M.C. (2004): Movement and dispersal of the invasive signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in upland rivers. Freshwater Biology 49: 357–368.

Bukovácz T. (2009): Az észak-amerikai vörösrák - 1. rész (Akvárium Magazin XII. évfolyam 78. szám; Akvárium Magazin Kft., Budapest, pp.60-63)

Bukovácz T. (2010): Az észak-amerikai vörösrák - 2. rész (Akvárium Magazin XIII. évfolyam 79. szám; Akvárium Magazin Kft., Budapest, pp.62-64)

Crandall, K.A. (2010): *Procambarus alleni*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153828A4550642. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T153828A4550642.en. Accessed on 23 January 2022.

Crawford, L., Yeomans, W.E., Adams, C.E. (2006): The impact of introduced signal crayfish Pacifastacus leniusculus on stream invertebrate communities. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 16(6): 611-621. http://www3.interscience.wiley.com/cgi-bin/abstract/112597211/ABSTRACT
doi: 10.1002/aqc.761

Dana, E.D., López-Santiago, J., García-de-Lomas, J., García-Ocaña, D.M., Gámez, V., Ortega, F. (2010): Long-term management of the invasive *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852) in a small mountain stream. Aquatic Invasions 5,(3): 317-322. doi: 10.3391/ai.2010.5.3.10

De Grave, S. (2013): *Neocaridina denticulata*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2013: e.T197822A19013862. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T197822A19013862.en. Accessed on 23 January 2022.

Dunn, J.C., McClymont, H.E., Christmas, M., Dunn, A.M. (2009): Competition and parasitism in the native White Clawed Crayfish *Austropotamobius pallipes* and the invasive Signal Crayfish *Pacifastacus leniusculus* in the UK. Biol Invasions 11: 315–324 DOI 10.1007/s10530-008-9249-7

Edsman, L., Füreder, L., Gherardi, F. & Souty-Grosset, C. (2010): *Astacus astacus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T2191A9338388 https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T2191A9338388.en Accessed on 16 January 2022.

Farkas J., Szövényi G., Török J., Török J.K. (2013): Állatrendszertani gyakorlatok (Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013)

Flint, J. (1975): Growth in a population of crayfish *Pacifastacus leniusculus* from a subalpine lacustrine environment. Journal of the Fisheries Research Board of Canada 32(12): 2443-2440.

Füreder, L., Gherardi, F., Holdich, D., Reynolds, J., Sibley, P., Souty-Grosset, C. (2010): *Austropotamobius pallipes*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T2430A9438817. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T2430A9438817.en. Accessed on 18 January 2022. [Füreder et al., 2010a]

Füreder, L., Gherardi, F., Souty-Grosset, C. (2010): Austropotamobius torrentium (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T2431A121724677. https://www.iucnredlist.org/species/2431/121724677 Accessed on 18 January 2022. [Füreder et al., 2010b]

Gál B., Gábris V., Csányi B., Cser B., Danyik T., Farkas A., Farkas J., Gebauer, R., Répás E., Szajbert B., Kouba, A., Patoka, J., Pãrvulescu, L., Weiperth A. (2018): A vörös mocsárrák *Procambarus clarkii* (Girard, 1852) jelenlegi elterjedése és hatása a Duna egyes magyarországi befolyóinak halfaunájára. Pisces Hungarici 12: 71–76.

Gherardi, F., Souty-Grosset, C. (2017): *Pontastacus leptodactylus* (amended version of 2016 assessment). *The IUCN Red List of Threatened Species* 2017: e.T153745A120103207. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T153745A120103207.en. Accessed on 18 January 2022.

Girdner, S.F., Ray, A.M., Buktenica, M.W., Hering, D.K., Mack, J.A., Umek, J.W. (2018): Replacement of an unique population of newts (*Taricha granulosa mazamae*) by introduced signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in Crater Lake, Oregon. Biological Invasions 20(3): 721-740. https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-017-1570-6/fulltext.html.

Guan, R., Wiles, P.R. (1998): Feeding ecology of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British lowland river. Aquaculture 169: 177–193.

Guan, R., Wiles, P.R. (1999): Growth and reproduction of the introduced crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British lowland river. Fisheries Research 42. 245-259.

Guan, R., Wiles† P.R. (1997): Ecological Impact of Introduced Crayfish on Benthic Fishes in a British Lowland River. Conservation Biology 11(3): 641-647.

Harvey, G.L., Moorhouse, T.P., Clifford, N.J., Henshaw, A.J., Johnson, M.F., Macdonald, D.W., Reid, I., Rice, S.P. (2011): Evaluating the role of invasive aquatic species as drivers of fine sediment-related river management problems: The case of the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*). Progress in Physical Geography 35(4): 517–533.

Hoitsy Gy. (2017): Védett, fokozottan védett halak és más védett víziállatok; Duna-Mix Kft, Budapest.

Holdich, D.M., Reynolds, J.D., Souty-Grosset, C., Sibley, P.J. (2009): A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 11: 1-46.

Jabłońska, A., Mamos, T., Gruszka, P., Szlauer-Łukaszewska, A., Grabowski, M. (2018): First record and DNA barcodes of the aquarium shrimp, *Neocaridina davidi*, in Central Europe from thermally polluted River Oder canal, Poland. Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems 419: 14.

Jaszczolt, J., Szaniawska, A. (2011): The spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) as an inhabitant of the Baltic Sea - experimental evidences for its invasion of brackish waters. Oceanological and Hydrobiological Studies 40(3): 52-60.

Jensen, F.B. (1996): Uptake, elimination and effects of nitrite and nitrate in freshwater crayfish (*Astacus astacus*). Aquat. Toxicol. 34: 95-104.

Karge, A., Klotz, W. (2013): Süßwassergarnelen aus aller Welt (Dähne Verlag GmbH, Ettlingen, 2013)

Klotz, W., Miesen, F.W., Hüllen, S., Herder, F. (2013): Two Asian fresh water shrimp species found in a thermally polluted stream system in North-Rhine-Westphalia, Germany. Aquat Invasions 8: 333–339.

Kovács T., Juhász P., Ambrus A. (2005): Adatok a Magyarországon élő folyami rákok (Decapoda: Astacidae, Cambaridae) elterjedéséhez. Folia historico-naturalia Musei Matraensis 29: 85-90.

Kozubíková, E., Puky M., Kiszely P., Petrusek, A. (2010): Crayfish plague pathogen in invasive North American crayfish species in Hungary. Journal of Fish Diseases 33: 925-929.

Kriska Gy. (2004): Vízi gerinctelenek: Szivacsok, kagylók, rákok és más vízi gerinctelenek (ÉlőVilág Könyvtár sorozat, Kossuth Kiadó, Budapest, 2004)

Kriska Gy., Karkus Zs. (2015): A biológia tanításának elmélete és gyakorlata. ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 2015. ISBN 978-963-312-217-4

Kriska Gy., Lőw P. (2012): Biológia: Állati szervezetek (Érettségire felkészítő sorozat) Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt., Budapest, 2012. ISBN 978-963-19-7109-5

Light, T. (2005): Behavioral effects of invaders: alien crayfish and native sculpin in a California stream. Biological Invasions 7(3):353-367.

Liziczai M. (2019): Jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*, Dana 1852) észlelése a Lajtában. Halászat 112(2): 50.

Liziczai M. (2020): Természetvédelem az akvarisztikában VI.: Inváziós fajok (Akvárium Magazin XXIII. évfolyam 122. szám; Akvárium Magazin Kft., Budapest, 2020; pp.38-54)

Liziczai M., Csányi B., Szekeres J., Weiperth A. (2020): Jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*, Dana 1852) megjelenése a Mosoni-Duna és a Duna magyarországi főágában. *Halászat* 113(3): 87.

Ludányi M., Peeters, E.T.H.M. E., Kiss B., Roessink, I. (2016): Distribution of crayfish species in Hungarian waters (Global Ecology and Conservation 8: 254–262.

Lukhaup, C., Panteleit, J., Schrimpf, A. (2015): *Cherax snowden*, a new species of crayfish (Crustacea, Decapoda, Parastacidae) from the Kepala Burung (Vogelkop) Peninsula in Irian Jaya (West Papua), Indonesia. ZooKeys 518: 1–14. doi: 10.3897/zookeys.518.6127

Lukhaup, C., Pekny, R. (2006): *Cherax (Cherax) holthuisi*, a new species of crayfish (Crustacea: Decapoda: Parastacidae) from the centre of the Vogelkop Peninsula in Irian Jaya (West New Guinea), Indonesia. Zoologische Mededelingen 80.

Lukhaup, C., Pekny, R. (2008): Krebse im Aquarium, Haltung und Pflege im Süßwasser (Dähne Verlag GmbH, Ettlingen, 2008) [Lukhaup & Pekny, 2008b]

Lukhaup, C., Pekny, R. (2008): Süßwasserkrebse aus aller Welt; Dähne Verlag, Postfach, 2008 [Lukhaup & Pekny, 2008a]

Lukhaup, C., Pekny, R. (2014): Wirbellose: Granelen, Krebse, Krabben & Schnecken im Süßwasseraquarium (Dähne Verlag GmbH, Ettlingen, 2014)

Lyko, F. (2017): The marbled crayfish (Decapoda: Cambaridae) represents an independent new species. *Zootaxa*. 2017 Dec 12; 4363(4): 544-552. doi: 10.11646/zootaxa.4363.4.6. PMID: 29245391.

Maguire, I., Erben, R., Klobučar, G.I.V., Lajtner, J. (2002): Year cycle of *Austropotamobius torrentium* (Schrank) in streams on Medvednica mountain (Croatia). Bull. Fr. Peche Piscic. 367: 943-959.

Maguire, I., Lucić, A., Schletterer, M., Sint, D., Erben, R., Füreder, L. (2009): Fecundity of indigenous stone crayfish populations: Implications for crayfish conservation in Austria and Croatia. Freshwater Crayfish 17.

Marten, M., Werth, C., Marten, D. (2004): Der Marmorkrebs (Cambaridae, Decapoda) in Deutschland - ein weiteres Neozoon im Einzugsgebiet des Rheins. Lauterbornia, 50:17-23.

Martín-Torrijos, L., Martínez-Ríos, M., Casabella-Herrero, G., Adams, S.B., Jackson, C.R., Diéguez-Uribeondo, J. (2021): Tracing the origin of the crayfish plague pathogen, *Aphanomyces astaci*, to the Southeastern United States. Nature Portfolio Scientific Reportsv11:9332, https://doi.org/10.1038/s41598-021-88704-8

Mathers, K.L., Chadd, R.P., Dunbar, M.J., Extence, C.A., Reeds, J., Rice, S.P., Wood, P.J. (2016): The long-term effects of invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on instream macroinvertebrate communities. Science of the Total Environment 556: 207–218.

Mozsár A., Árva D., Józsa V., Györe K., Kajári B., Czeglédi Is., Erős T., Weiperth A., Specziár A. (2021): Only one can remain? Environmental and spatial factors influencing habitat partitioning among invasive and native crayfishes in the Pannonian Ecoregion (Hungary). *Science of the Total Environment* 770, Paper: 145240. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145240

Nagy-Stefán I. (2009): Tapasztalataim a világító kékrák (*Procambarus alleni*) tartásával kapcsolatban (Akvárium Magazin XII. évfolyam 73. szám; Akvárium Magazin Kft., Budapest, pp.34-40)

Oidtmann, B. (2021): Chapter 2.2.2.: Infection with *Aphanomyces astaci* (Crayfish plague) in OIE - Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals 2021

Pasaréti Gy., Pehő P.Z., Illyés Cs. (2006): Akvarisztika: Korszerű haltartás kezdőknek és haladóknak (Pannon-Literatúra Kft, Kisújszállás, 2006)

Pasaréti Gy., Werner, K. (2009): Hosszúkezű garnélák az akváriumban (Akvárium Magazin XII. évfolyam 74. szám; Akvárium Magazin Kft., Budapest, pp.34-42)

Pöckl, M. (1999): Distribution of crayfish species in Austria with special reference to introduced species. Freshwater crayfish 12: 733-749.

Procopio, J. (2022): *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852): U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL, https://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?speciesID=200
Revision Date: 9/14/2021, Access Date: 1/30/2022

Puky M. (2014): Invasive crayfish on land: *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) (Decapoda: Cambaridae) crossed a terrestrial barrier to move from a side arm into the Danube river at Szeremle, Hungary. Acta Zoologica Bulgarica, 7, 143-146.

Puky, M., Reynolds, J. D., Schád, P. (2005): Native and alien Decapoda species in Hungary: distribution, status, conservation importance. Bulletin Francais de la Pêche et de la Pisciculture. 376-377: 553-568.

Scheers, K., Brys, R., Abeel, T., Halfmaerten, D., Neyrinck, S., Adriaens, T. (2021): The invasive parthenogenetic marbled crayfish *Procambarus virginalis* Lyko, 2017 gets foothold in Belgium. BioInvasions Records 10(2): 326–340, https://doi.org/10.3391/bir.2021.10.2.11

Schuster, G.A., Taylor, C.A., Cordeiro, J. (2010): *Pacifastacus leniusculus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2010: e.T153648A4526314. https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-3.RLTS.T153648A4526314.en. Accessed on 30 January 2022.

Seprős R., Csányi B., Danyik T., Farkas A., Gábris V., Gál B., Répás E., Szajbert B., Weiperth A. (2018): Idegenhonos inváziós tízlábú rákok (Crustacea: Decapoda)

aktuális helyzete. In: Magyarország környezeti állapota 2017. Herman Ottó Intézet, Budapest: 62–70.

Soes, M., Rvan, E. (2006): Rivierkreeften, een oprukkend probleem? De Levende Natuur, 107(2): 56-59.

Söderbäck, B. (1991): Interspecific dominance relationship and aggressive interactions in the freshwater crayfishes *Astacus astacus* (L.) and *Pacifastacus leniusculus* (Dana). Canadian Journal of Zoology. https://doi.org/10.1139/z91-186

Standovár T., Primack, R.B. (2001): A természetvédelmi biológia alapjai, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2001, ISBN 963 19 2156 5

Stebbing, P.D., Watson, G.J., Bentley, M.G., Fraser, D., Jennings, R., Rushton, S.P., Sibley, P.J. (2003): Reducing the threat: the potential use of pheromones to control invasive signal crayfish. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture. 370-371.

Szendőfi B., Bérces S., Csányi B., Gábris V., Gál B., Gönye Zs., Répás E., Seprős R., Tóth B., Kouba, A., Patoka, J., Weiperth A. (2018): Egzotikus halfajok és decapodák a Barát- és Dera-patakban, valamint a torkolatuk dunai élőhelyein. Pisces Hungarici 12: 47–51.

Szentgyörgyi I.Sz. (2012): A garnélák változatos világa (Akvárium Magazin XV. évfolyam 89. szám; Akvárium Magazin Kft, Budapest, pp. 34-39) [Szentgyörgyi, 2012a]

Szentgyörgyi I.Sz. (2012): Édesvízi garnélák (Akvárium Magazin XV. évfolyam 88. szám; Akvárium Magazin Kft, Budapest, pp. 36-38) [Szentgyörgyi, 2012b]

Szentgyörgyi I.Sz. (2013): *Neocaridina heteropoda* garnélák (Akvárium Magazin XVI. évfolyam 91. szám; Akvárium Magazin Kft, Budapest, pp. 38-42)

Szentgyörgyi I.Sz. (2015): Davidi színkavalkád (Akvárium Magazin XVIII. évfolyam 99. szám; Akvárium Magazin Kft, Budapest, pp. 48-51)

Takács P., Maász G., Vitál Z., Harka Á. (2015): Akváriumi halak a Hévíz-lefolyó termálvizében. Pisces Hungarici 9: 59–64

Trichkova, T, Todorov, M, Hubenov, Z, Jurajda, P. (2015): First record of *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) in Bulgaria. East and South European Network for Invasive Alien Species. Acta Zoologica Bulgarica 72(1):113-121.

Vrålstad, T., Johnsen, S.I., Taugbøl, T. (2011): NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Aphanomyces astaci*. – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org utolsó hozzáférés: 2022.02.04.

Weiperth A., Kouba, A., Csányi B., Danyik T., Farkas A., Gál B., Józsa V., Patoka, J., Juhász V., Pârvulescu, L., Mozsár A., Seprős R., Staszny Á., Szajbert B., Ferincz Á. (2020): Az idegenhonos tízlábú rákok (Crustacea: Decapoda) helyzete Magyarországon. Halászat 113(2): 61–69. [Weiperth et al., 2020a]

Weiperth A., Bláha, M., Szajbert B., Seprős R., Bányai Zs., Patoka, J., Kouba, A. (2020): Hungary: a European hotspot of non-native crayfish biodiversity. Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst. 2020, 421, 43 [Weiperth et al., 2020b]

Weiperth A., Czeglédi I., Ferincz Á., Gál B., Sály P., Specziár A., Staszny Á., Takács P., Vitál Z., Erős T. (2017a): Idegenhonos halfajok megjelenése és terjedése. In: Magyarország környezeti állapota 2016. Herman Ottó Intézet, Budapest, pp. 91-105. [Weiperth et al., 2017a]

Weiperth A., Csányi B., Gál B., György Á.I., Szalóky Z., Szekeres J., Tóth B., †Puky M. (2015): Egzotikus rák-, hal- és kétéltűfajok a Budapest környéki víztestekben. Pisces Hungarici 9: 65–70.

Weiperth A., Gábris V., Danyik T., Farkas A., Kuříková, P., Kouba, A., Patoka, J. (2019): Occurrence of non-native red cherry shrimp in European temperate waterbodies: a case study from Hungary. Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst. 2019, 420, 9 [Weiperth et al., 2019a]

Weiperth A., Gál B., Kuříková, P., Bláha, M., Kouba, A., Patoka, J. (2017b): *Cambarellus patzcuarensis* in Hungary: The first dwarf crayfish established outside of North America. *Biologia* 72: 1529–1532. [Weiperth et al., 2017b]

Weiperth A., Gál B., Kuříková, P., Langrová, I., Kouba, A., Patoka, J. (2019): Risk assessment of pet-traded decapod crustaceans in Hungary with evidence of *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) in the wild (North-western Journal of Zoology 2019: e171303) [Weiperth et al., 2019b]

Westman, K., Savolainen, R., Julkunen, M. (2002): Replacement of the native crayfish *Astacus astacus* by the introduced species *Pacifastacus leniusculus* in a small, enclosed Finnish lake: a 30-year study. Ecography 25:53–73.

Xu L., Wang T., Li F., Yang F. (2016): Isolation and preliminary characterization of a new pathogenic iridovirus from redclaw crayfish *Cherax quadricarinatus*. Diseases of Aquatic Organisms 120: 17–26.

Internetes hivatkozások

http1: Országgyűlés Hivatala, Közgyűjteményi és Közművelődési Igazgatóság Képviselői Információs Szolgálatának 2016/57-es infojegyzete (2016. október 21.):
https://www.parlament.hu/documents/10181/595001/Infojegyzet_2016_57_invazios_fajok.pdf/2ce5e606-5c4b-4758-a080-1b27747fe75d
utolsó letöltés: 2022.01.13.

http2: MÉTA glosszárium
https://www.novenyzetiterkep.hu/node/10
utolsó letöltés: 2022. 01. 13.

http3: Fishbase: Colossoma macropomum
https://www.fishbase.se/summary/colossoma-macropomum.html
utolsó letöltés: 2022. 01. 13.

http4: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Decapoda
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=95599#null
utolsó letöltés: 2022. 01. 13.

http5: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Pacifastacus leniusculus
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=97326#null
utolsó letöltés: 2022. 01. 13.

http6: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Astacus astacus
https://www.cabi.org/isc/datasheet/92629
utolsó letöltés: 2022.01.16.

http7: Wikipédia: Folyami rák
https://hu.wikipedia.org/wiki/Folyami_r%C3%A1k
utolsó letöltés: 2022.01.16.

http8: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Aphanomyces astaci
https://www.cabi.org/isc/datasheet/93177#tosummaryOfInvasiveness
utolsó letöltés: 2022.01.16.

http9: https://www.izeltlabuak.hu/faj/folyami-rak
utolsó letöltés: 2022.01.16.

http10: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Pacifastacus
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=97325#null
utolsó letöltés: 2022.01.30.

http11: Signal Crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) Ecological Risk Screening Summary (U.S. Fish and Wildlife Service, February 2011. Revised, June 2015)
https://www.fws.gov/sites/default/files/documents/Ecological-Risk-Screening-Summary-Signal-Crayfish.pdf
utolsó letöltés: 2022.04.15.

http12: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Pacifastacus leniusculus
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=97326#null
utolsó letöltés: 2022.01.30.

http13: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Pacifastacus leniusculus
https://www.cabi.org/isc/datasheet/70581
utolsó letöltés: 2022.01.30.

http14:Mészely Réka: A Lajtát már meghódította a nagyon káros jelzőrák (Kisalföld, 2018.11.08.)

https://www.kisalfold.hu/mosonmagyarovar-es-kornyeke/2018/11/a-lajtat-mar-meghoditotta-a-nagyon-karos-jelzorak
utolsó letöltés: 2022.02.07.

http15: Mosonvármegye Közéleti Lap: Rákpestist terjeszthetnek a Lajtában talált jelzőrákok (2018-12-07)
https://mosonvarmegye.net/kozelet/rakpestist-terjeszthetnek-a-lajtaban-talalt-jelzorakok
utolsó letöltés: 2022.02.07.

http16: Kisalföld: Hatalmas folyami rákot fogtak a Lajtán – fotó (2018.08.29.)
https://www.kisalfold.hu/mosonmagyarovar-es-kornyeke/2018/08/hatalmas-folyami-rakot-fogtak-a-lajtan-foto
utolsó letöltés: 2022.02.07.

http17: bulvár linkek
https://sokszinuvidek.24.hu/mozaik/2018/08/30/folyami-rak-lajta/
https://168.hu/itthon/hatalmas-rakot-fogott-a-lajtan-eves-teruleti-jegyet-kaphat-a-sporthorgasz-155206
https://www.blikk.hu/hoppa/allati/brutalis-meretu-folyami-rakot-fogott-egy-ferfi/732w2j8
https://nlc.hu/gasztro/20180829/hatalmas-folyami-rak-lajta-horgasz/
utolsó letöltés: 2022.02.07.

http18: Wikipédia: Schwarza
https://en.wikipedia.org/wiki/Schwarza_(Leitha)
utolsó letöltés: 2022.02.07.

http19: Wikipédia: Lajta
https://hu.wikipedia.org/wiki/Lajta
utolsó letöltés: 2022.02.07.

http20: Nagy Attila Károly: Papagájok hajtották uralmuk alá Nyugat-Európát (Index, 2018.10.04.)
https://index.hu/tudomany/til/2018/10/04/papagajok_hajtottak_uralmuk_ala_nyugat-europat/
utolsó letöltés: 2022.03.25.

http21: dr. Tóth Balázs: Ékszerteknősök (Idegenhonos inváziós fajok tudásbázisa)
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/77
utolsó letöltés: 2022.03.25.

http22: Halpern Bálint, Molnár Orsolya: Idegenhonos kétéltű- és hüllőfajok (MME Kétéltű- és Hüllővédelmi Szakosztály, 2013. április 3.)
https://www.mme.hu/khvsz/idegenhonos-keteltu-es-hullofajok
utolsó letöltés: 2022.03.25.

http23: Nemzeti Alaptanterv (Magyar Közlöny, 17. szám, 2020. január 31., péntek)
https://magyarkozlony.hu/dokumentumok/3288b6548a740b9c8daf918a399a0bed198

5db0f/megtekintes
utolsó letöltés: 2022.04.18.

http24: Biológia kerettanterv, felső tagozat, alap óraszám
https://www.oktatas.hu/kozneveles/kerettantervek/2020_nat/kerettanterv_alt_isk_5_8
utolsó letöltés: 2022.04.18.

http25: Biológia kerettanterv, középiskola, alap óraszám
https://www.oktatas.hu/kozneveles/kerettantervek/2020_nat/kerettanterv_gimn_9_12_evf
utolsó letöltés: 2022.04.18.

http26: Biológia részletes érettségi vizsgakövetelmény
https://www.oktatas.hu/pub_bin/dload/kozoktatas/erettsegi/kerdoiv2021/biologia.pdf
utolsó letöltés: 2022.04.18.

http27: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Astacus leptodactylus
https://www.cabi.org/isc/datasheet/92630
utolsó letöltés: 2022.01.18.

http28: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Pontastacus
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133536#null
utolsó letöltés: 2022.01.18.

http29: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Austropotamobius torrentium
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133570#null
utolsó letöltés: 2022.01.18.

http30: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Austropotamobius
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133535#null
utolsó letöltés: 2022.01.18.

http31: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Faxonius limosus
https://www.cabi.org/isc/datasheet/72033
utolsó letöltés: 2022.01.20.

http32: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Faxonius
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133539#null
utolsó letöltés: 2022.01.20.

http33: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Faxonius limosus
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133718#null
utolsó letöltés: 2022.01.20.

http34: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Eriocheir sinensis
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=

99058#null
utolsó letöltés: 2022.01.25.

http35: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Eriocheir sinensis
https://www.cabi.org/isc/datasheet/84120
utolsó letöltés: 2022.01.25.

http36: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Procambarus virginalis
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1134174#null
utolsó letöltés: 2022.01.26.

http37: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Procambarus
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=97490#null
utolsó letöltés: 2022.01.26.

http38: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Procambarus fallax f. virginalis
https://www.cabi.org/isc/datasheet/110477
utolsó letöltés: 2022.01.26.

http39: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Procambarus clarkii
https://www.cabi.org/isc/datasheet/67878
utolsó letöltés: 2022.01.27.

http40: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Procambarus clarkii
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=97491#null
utolsó letöltés: 2022.01.27.

http41: Liziczai Márk: Az inváziós fajokról szóló EU rendelet
https://akvaristalexikon.hu/akvarista-lexikon/az-invazios-fajokrol-szolo-eu-rendelet.html
utolsó letöltés: 2022.01.27

http42: Ujvári Zsolt: A vörösök már a spájzban vannak (National Geographic online cikk, 2021.03.10.)
https://ng.24.hu/termeszet/2021/03/10/a-vorosok-mar-a-spajzban-vannak/
utolsó letöltés: 2022.01.23.

http43: Wikipédia: Floridai kék rák
https://hu.wikipedia.org/wiki/Floridai_k%C3%A9k_r%C3%A1k
utolsó letöltés: 2022.01.23.

http44: Akvaguru: Floridai rák
http://akvaguru.hu/index.php?mit=248
utolsó letöltés: 2022.01.23.

http45: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Procambarus cubensis
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=

650333#null
utolsó letöltés: 2022.01.23.

http46: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Procambarus alleni
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=97498#null
utolsó letöltés: 2022.01.23.

http47: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Cambarellus patzcuarensis
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=650320#null
utolsó letöltés: 2022.01.27.

http48: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Cherax
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133542#null
utolsó letöltés: 2022.01.27.

http49: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Cherax quadricarinatus
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133956#null
utolsó letöltés: 2022.01.27.

http50: CABI Invasive Species Compendium; keresés: Cherax quadricarinatus
https://www.cabi.org/isc/datasheet/89135
utolsó letöltés: 2022.01.27.

http51: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Cherax holthuisi
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133933#null
utolsó letöltés: 2022.01.29.

http52: https://en.wikipedia.org/wiki/Cherax_snowden
utolsó letöltés: 2022.01.29.

http53: Frank Schäfer: Cherax snowden “Irianto Red” and Cherax holthuisi (15. July 2019.)
https://www.aquariumglaser.de/en/fish-archives/cherax-snowden-irianto-red-and-cherax-holthuisi/
utolsó letöltés: 2022.01.29

http54: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Cherax snowden
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1133962#null
utolsó letöltés: 2022.01.29.

http55: Integrated Taxonomic Information System; keresés: Neocaridina denticulata
https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=659859#null
utolsó letöltés: 2022.01.23.

Fotójegyzék

1. ábra: Folyami rák (*Astacus astacus*)
Dragon187 at the German-language Wikipedia, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4f/Astacus_astacus_male.jpg
utolsó letöltés: 2022.04.21.

2. ábra: Kecskerák (*Pontastacus leptodactylus*)
Lord Mountbatten, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Big_Crayfish.JPG
utolsó letöltés: 2022.04.21.

3. ábra: Kövi rák (*Austropotamobius torrentium*)
Christoph Leeb, CC BY-SA 3.0 <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/>, via Wikimedia Commons
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4e/Steinkrebs.jpg
utolsó letöltés: 2022.04.21.

4. ábra: Ausztrál vörösollós rák (*Cherax quadricarinatus*) fiatal akváriumi példánya
szerző: Liziczai Márk

5. ábra: Cseresznyegarnéla (*Neocaridina davidi*), akváriumi példányok
szerző: Liziczai Márk

6. ábra: Jelzőrák (*Pacifastacus leniusculus*)
szerző: Liziczai Márk

7. ábra: A Lajtabeli előfordulást bizonyító első példány dorzális oldala
szerző: Liziczai Márk

8. ábra: A Lajtabeli előfordulást bizonyító első példány ventrális oldala
szerző: Liziczai Márk

9. ábra: Drónfelvétel a Lajta és Mosoni-Duna összefolyásáról
szerző: Dr. Liziczai Imre

11. ábra: Az első mintavételi pont helyszíne térképen jelölve
Google Maps: Lajta
https://www.google.com/maps/place/Lajta/@47.9041962,16.1863387,9z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x476c5aa614a5449f:0x23bde8a0f78c2a08!8m2!3d48.0067237!4d16.73488
utolsó letöltés: 2022.04.21.

12. ábra: A 2-7. mintavételi pontok helyszíne térképen jelölve.
Google Maps: Lajta
https://www.google.com/maps/place/Lajta/@47.9041962,16.1863387,9z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x476c5aa614a5449f:0x23bde8a0f78c2a08!8m2!3d48.0067237!4d

16.73488
utolsó letöltés: 2022.04.21.

14. ábra: A 2-es számú fogási helyszín
szerző: Liziczai Márk

15. ábra: A 3-mas számú fogási helyszín
szerző: Liziczai Márk

16. ábra: A 4-es számú fogási helyszín (gazdag part menti vegetációval)
szerző: Liziczai Márk

26. ábra: A legnagyobb testtömegű kifogott hím példány (kódja: 190803_15, testhossz 156 mm, testtömeg 160 g)
szerző: Liziczai Márk

32. ábra: Amano garnéla (*Caridina multidentata*) akváriumi példánya
szerző: Liziczai Márk

33. ábra: Párduc tarisznyarák (*Paratelphusa pantherina*) levedlett páncélja
szerző: Liziczai Márk

A pedagógiai fejezet képanyaga:

2. és 3. melléklet

Jelzőrák
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/64
eredeti forrás: https://www.cabi.org/portfolio/compendia/normal/18597.img
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Amurgéb
ismeretlen szerző
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/103
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Harlekinkatica
ismeretlen szerző
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/71
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Spanyol meztelencsiga
Barna Csilla
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/144
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Naphal
Harka Á. és Sallai Z. (2004): Magyarország halfaunája, Nimfea Természetvédelmi Egyesület, Szarvas
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/90
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Zöld vándorpoloska
Károlyi Balázs
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/69
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Magas aranyvessző
Barna Csilla
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/141
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Fehér akác
Müller Tamás
https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Feh%C3%A9r_ak%C3%A1c.jpg
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Mirigyes bálványfa
Luis Fernández García
https://hu.m.wikipedia.org/wiki/F%C3%A1jl:Ailanthus-altissima.jpg
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Zöld juhar
Novák Adrián
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/79
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Selyemkóró
ismeretlen szerző
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/126
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Lila vízijácint
ismeretlen szerző
http://www.invaziosfajok.hu/hu/invazios-fajok/56
utolsó letöltés: 2022.03.27.

Almacsiga
CHUCAO, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Pomacea_diffusa_(4).JPG
utolsó hozzáférés: 2022.03.28.

Vörös mocsárrák
Dr. Weiperth András
https://magyarmezogazdasag.hu/2020/08/18/idegenhonos-tizlabu-rakok-magyarorszagon-sajnos-vilag-elvonalaban
utolsó hozzáférés: 2022.03.28.

Kínai tűzhasú gőte
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chinese_Fire_Bellied_Newts.JPG
utolsó hozzáférés: 2022.03.28.

Jaguársügér

George Chernilevsky, Public domain, via Wikimedia Commons
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parachromis_managuensis_2012_G1.jpg
utolsó hozzáférés: 2022.03.28

Közönséges ékszerteknős

Francesco Canu, CC BY-SA 3.0 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0>, via Wikimedia Commons
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trachemys_scripta_1.JPG
utolsó hozzáférés: 2022.03.28.

Tízlábú rák, anatómiai ábra

http://what-when-how.com/animal-life/order-decapoda/
Utolsó letöltés: 2022.04.03.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném hálámat kifejezni elsősorban témavezetőmnek, dr. Farkas Jánosnak, az ELTE TTK Állatrendszertani- és Ökológiai Tanszékének adjunktusának; valamint külső konzulensemnek, dr. Weiperth Andrásnak, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Természetesvízi Halökológiai Tanszék tudományos munkatársának. Témavezetőm és konzulensem rengeteg hasznos tanáccsal látott el és odaadóan segítette munkámat.

Köszönettel tartozom dr. Sebő Tamás Péternek, a Komárom-Esztergom Megyei Kormányhivatal Esztergomi Járási Hivatal Élelmiszerlánc-biztonsági és Állategészségügyi Osztály osztályvezetőjének, járási főállatorvosának, aki több alkalommal gyakorlati segítséget nyújtott terepi vizsgálataim során, illetve a kutatási területemen végzett saját felmérési adatait is rendelkezésemre bocsátotta.

Továbbá köszönetet mondok Albert Viktornak, az ELTE Radnóti Miklós Gyakorló Általános Iskola és Gyakorló Gimnázium biológia-kémia szakos vezetőtanárának, összefüggő tanítási gyakorlatomat kísérő mentoromnak, aki rengeteg hasznos tanáccsal látott el a pedagógiai – szakmódszertani fejezet kidolgozása során; valamint a 2021/22-es tanév 10. C osztály biológia szakkörös tanulóinak, akik lelkesen kipróbálták óraterveimet, észrevételeikkel segítették azok pontosítását. Köszönetemet fejezem ki Albertzky Emíliának, a Mosonmagyaróvári Kossuth Lajos Gimnázium és Kollégium angoltanárának, aki nyelvi lektorként ellenőrizte angol nyelvű összefoglalómat.

Végül, de nem utolsó sorban hálával tartozom családomnak: szüleimnek, akik messzemenőkig támogatták egyetemi tanulmányaimat és munkáimat, valamint két öcsémnek: Mátának, akinek észrevétele lehetővé tette, hogy egyáltalán megszülessen a kutatási ötlet, és Gergőnek, aki számos alkalommal kísért el a terepi mintavételezésekre, segédkezett a mérések lebonyolításában.

Mellékletek

1. melléklet: Teljes kutatási adatsor

Példány kódja	Ivar	Testhossz (mm)	Testtömeg (g)	Helyszín
190803_1	hím	130	n.a.	3
190803_10	hím	130	n.a.	2
190803_11	hím	120	n.a.	2
190803_12	nőstény	120	56	2
190803_13	nőstény	95	28	2
190803_14	nőstény	135	74	2
190803_15	hím	156	160	2
190803_16	hím	105	35	2
190803_17	hím	100	n.a.	2
190803_18	hím	130	n.a.	2
190803_19	hím	85	21	2
190803_2	hím	120	n.a.	3
190803_20	hím	130	82	2
190803_21	hím	120	67	2
190803_22	nőstény	120	53	2
190803_23	nőstény	125	55	2
190803_24	nőstény	110	45	2
190803_25	hím	115	50	2
190803_26	nőstény	120	54	2
190803_27	hím	80	14	2
190803_28	nőstény	112	46	2
190803_29	hím	115	52	2
190803_3	nőstény	110	n.a.	3
190803_30	hím	133	82	2
190803_31	hím	115	46	2
190803_32	nőstény	85	20	2
190803_33	nőstény	109	38	2

190803_34	nőstény	90	18	2
190803_35	hím	90	20	2
190803_4	hím	125	n.a.	3
190803_5	hím	145	103	3
190803_6	nőstény	136	72	3
190803_7	hím	127	83	3
190803_8	nőstény	125	n.a.	2
190803_9	hím	125	n.a.	2
190902_1	hím	150	160	2
190902_10	hím	75	13	3
190902_11	nőstény	122	66	3
190902_12	nőstény	119	64	3
190902_13	hím	129	85	4
190902_14	nőstény	140	94	4
190902_15	nőstény	137	72	4
190902_16	nőstény	89	19	4
190902_17	hím	111	58	4
190902_18	nőstény	123	57	4
190902_19	nőstény	115	43	4
190902_2	hím	132	81	3
190902_20	nőstény	135	75	4
190902_21	hím	107	46	4
190902_22	nőstény	102	32	4
190902_23	hím	118	52	4
190902_24	hím	124	61	4
190902_25	nőstény	113	50	4
190902_26	nőstény	124	61	4
190902_27	nőstény	85	17	4
190902_28	hím	121	48	4
190902_29	nőstény	122	66	5
190902_3	hím	119	73	3
190902_30	hím	91	24	5

190902_31	nőstény	103	35	5
190902_4	hím	130	73	3
190902_5	nőstény	83	20	3
190902_6	hím	123	69	3
190902_7	nőstény	105	35	3
190902_8	nőstény	125	58	3
190902_9	hím	112	47	3
190911_1	nőstény	132	71	7
190911_10	hím	135	94	7
190911_11	nőstény	103	34	7
190911_12	nőstény	100	28	7
190911_13	hím	137	91	7
190911_14	nőstény	118	40	7
190911_15	nőstény	144	82	7
190911_16	hím	134	112	7
190911_17	nőstény	114	45	7
190911_18	hím	134	112	7
190911_19	hím	119	62	7
190911_2	hím	135	149	7
190911_20	nőstény	103	29	7
190911_21	hím	104	32	7
190911_3	hím	132	91	7
190911_4	hím	119	72	7
190911_5	nőstény	105	32	7
190911_6	nőstény	137	55	7
190911_7	nőstény	121	44	7
190911_8	nőstény	116	48	7
190911_9	hím	138	103	7
200705_1	hím	120	n.a.	3
200705_2	nőstény	126	n.a.	3
200705_3	nőstény	129	n.a.	3
200705_4	nőstény	120	n.a.	3

200705_5	nőstény	113	n.a.	3
200728_1	hím	137	114	4
200728_10	nőstény	133	75	4
200728_100	nőstény	106	21	3
200728_101	nőstény	120	55	3
200728_102	hím	89	25	3
200728_103	hím	94	32	3
200728_104	nőstény	98	29	3
200728_105	hím	115	42	3
200728_106	nőstény	110	43	3
200728_107	hím	131	85	2
200728_108	nőstény	112	43	2
200728_109	hím	114	60	2
200728_11	hím	93	27	4
200728_110	hím	132	80	2
200728_111	nőstény	124	64	2
200728_112	nőstény	134	80	2
200728_113	nőstény	116	44	2
200728_114	hím	135	139	2
200728_115	hím	147	150	2
200728_116	hím	108	44	2
200728_117	hím	77	16	2
200728_118	nőstény	122	55	2
200728_119	nőstény	65	9	2
200728_12	nőstény	122	62	4
200728_120	hím	90	21	2
200728_13	hím	90	25	4
200728_14	hím	86	19	4
200728_15	nőstény	102	30	4
200728_16	hím	94	29	4
200728_17	hím	106	32	4
200728_18	hím	114	59	4

200728_19	hím	103	30	4
200728_2	nőstény	122	62	4
200728_20	hím	104	41	4
200728_21	hím	118	67	4
200728_22	nőstény	85	19	4
200728_23	nőstény	96	31	4
200728_24	hím	112	61	4
200728_25	hím	80	16	4
200728_26	nőstény	110	36	4
200728_27	hím	91	22	4
200728_28	nőstény	81	14	4
200728_29	nőstény	93	24	4
200728_3	nőstény	120	36	4
200728_30	hím	112	39	4
200728_31	nőstény	109	32	4
200728_32	hím	84	19	4
200728_33	hím	104	37	4
200728_34	hím	103	31	4
200728_35	hím	84	21	4
200728_36	hím	87	24	4
200728_37	nőstény	102	34	4
200728_38	nőstény	93	23	4
200728_39	nőstény	135	75	4
200728_4	hím	128	74	4
200728_40	hím	80	14	4
200728_41	hím	90	27	4
200728_42	hím	86	26	4
200728_43	nőstény	103	28	4
200728_44	nőstény	116	53	4
200728_45	hím	83	20	4
200728_46	hím	83	19	4
200728_47	hím	92	22	4

200728_48	hím	84	19	4
200728_49	hím	104	40	4
200728_5	hím	132	71	4
200728_50	hím	88	19	4
200728_51	hím	132	63	4
200728_52	hím	86	24	4
200728_53	nőstény	104	44	4
200728_54	hím	96	28	4
200728_55	hím	109	47	4
200728_56	hím	92	25	4
200728_57	hím	79	16	4
200728_58	hím	92	24	4
200728_59	hím	84	20	4
200728_6	hím	102	37	4
200728_60	nőstény	129	63	4
200728_61	nőstény	106	37	4
200728_62	hím	98	34	4
200728_63	hím	88	25	4
200728_64	hím	86	20	4
200728_65	nőstény	135	64	4
200728_66	hím	120	49	4
200728_67	hím	125	78	4
200728_68	hím	132	84	4
200728_69	hím	110	47	4
200728_7	nőstény	113	51	4
200728_70	hím	86	29	4
200728_71	hím	130	87	4
200728_72	hím	150	128	4
200728_73	hím	134	64	4
200728_74	hím	110	43	4
200728_75	hím	92	22	4
200728_76	hím	118	73	4

200728_77	hím	98	28	4
200728_78	hím	92	29	4
200728_79	hím	78	16	4
200728_8	hím	92	25	4
200728_80	hím	104	52	4
200728_81	hím	80	21	4
200728_82	hím	79	17	4
200728_83	nőstény	106	42	4
200728_84	hím	75	15	4
200728_85	hím	114	40	4
200728_86	hím	78	17	4
200728_87	nőstény	116	42	7
200728_88	hím	104	34	7
200728_89	hím	108	48	7
200728_9	hím	92	27	4
200728_90	hím	103	38	7
200728_91	hím	98	31	7
200728_92	hím	122	62	3
200728_93	hím	139	105	3
200728_94	hím	102	48	3
200728_95	nőstény	102	33	3
200728_96	nőstény	85	23	3
200728_97	hím	94	26	3
200728_98	nőstény	114	46	3
200728_99	nőstény	106	34	3
200813_1	hím	128	57	4
200813_10	nőstény	114	53	4
200813_11	hím	104	43	4
200813_12	nőstény	110	49	4
200813_13	hím	112	56	4
200813_14	nőstény	84	16	4
200813_15	nőstény	95	25	4

200813_16	hím	86	23	4
200813_17	nőstény	97	31	4
200813_18	hím	143	119	4
200813_19	hím	142	108	4
200813_2	hím	123	81	4
200813_20	hím	74	13	4
200813_21	hím	126	74	4
200813_22	nőstény	153	104	4
200813_23	hím	113	46	4
200813_24	nőstény	85	24	4
200813_25	hím	109	53	4
200813_26	hím	110	53	4
200813_27	hím	94	37	4
200813_28	hím	120	71	4
200813_29	hím	122	69	4
200813_3	nőstény	94	28	4
200813_30	hím	118	54	4
200813_31	hím	87	24	4
200813_32	nőstény	128	72	4
200813_33	nőstény	115	46	4
200813_34	nőstény	96	27	4
200813_35	hím	75	13	4
200813_36	nőstény	122	60	4
200813_37	hím	80	17	4
200813_38	hím	115	45	4
200813_39	hím	113	43	4
200813_4	hím	108	42	4
200813_40	nőstény	111	48	4
200813_41	nőstény	135	75	4
200813_42	nőstény	118	47	4
200813_43	hím	110	37	4
200813_44	nőstény	122	53	4

200813_45	nőstény	132	64	4
200813_46	hím	92	26	4
200813_47	hím	111	49	6
200813_48	hím	98	29	6
200813_49	hím	89	19	6
200813_5	hím	95	33	4
200813_50	hím	86	24	6
200813_51	hím	134	123	6
200813_52	hím	106	41	6
200813_53	hím	115	56	6
200813_54	nőstény	114	40	6
200813_55	hím	116	64	6
200813_56	nőstény	93	24	6
200813_57	hím	118	80	6
200813_58	nőstény	112	44	6
200813_59	hím	102	41	6
200813_6	nőstény	92	23	4
200813_60	hím	118	66	6
200813_61	nőstény	130	73	6
200813_7	nőstény	110	43	4
200813_8	hím	140	109	4
200813_9	hím	95	33	4
210615_1	hím	134	83	4
210615_10	hím	109	40	4
210615_100	hím	111	40	5
210615_101	nőstény	117	40	5
210615_102	nőstény	93	23	5
210615_103	hím	132	78	5
210615_104	hím	130	54	5
210615_105	hím	101	35	5
210615_106	hím	113	46	5
210615_107	hím	123	59	5

210615_108	hím	144	90	5
210615_109	hím	116	53	5
210615_11	hím	109	45	4
210615_110	nőstény	113	33	5
210615_111	hím	108	37	5
210615_112	hím	108	34	5
210615_113	hím	109	43	5
210615_114	nőstény	111	29	5
210615_115	nőstény	108	34	5
210615_116	hím	111	42	5
210615_117	hím	112	38	5
210615_118	nőstény	122	46	5
210615_119	hím	123	49	5
210615_12	hím	119	52	4
210615_120	hím	146	82	5
210615_121	nőstény	106	37	5
210615_122	hím	111	41	5
210615_123	nőstény	122	47	5
210615_124	nőstény	113	31	5
210615_125	hím	117	48	5
210615_126	nőstény	108	35	5
210615_127	hím	101	26	5
210615_128	hím	126	57	5
210615_129	nőstény	102	25	5
210615_13	hím	111	45	4
210615_130	nőstény	101	29	5
210615_131	hím	112	44	5
210615_132	hím	113	42	5
210615_14	hím	108	43	4
210615_15	hím	149	114	4
210615_16	hím	126	65	4
210615_17	hím	115	48	4

210615_18	hím	131	80	4
210615_19	hím	129	69	4
210615_2	hím	126	59	4
210615_20	hím	132	71	4
210615_21	hím	117	43	4
210615_22	nőstény	106	37	4
210615_23	hím	104	43	4
210615_24	hím	144	118	4
210615_25	hím	109	43	4
210615_26	nőstény	121	50	4
210615_27	hím	131	61	4
210615_28	hím	133	78	4
210615_29	hím	159	97	4
210615_3	hím	113	41	4
210615_30	nőstény	116	37	4
210615_31	hím	116	47	4
210615_32	hím	141	79	4
210615_33	hím	134	81	4
210615_34	hím	126	59	4
210615_35	hím	146	90	4
210615_36	nőstény	132	58	4
210615_37	nőstény	118	39	4
210615_38	hím	115	38	4
210615_39	hím	118	54	4
210615_4	hím	106	39	4
210615_40	hím	113	48	4
210615_41	hím	114	46	4
210615_42	hím	112	41	4
210615_43	hím	136	90	4
210615_44	hím	119	48	5
210615_45	hím	108	27	5
210615_46	hím	116	44	5

210615_47	hím	107	35	5
210615_48	hím	121	57	5
210615_49	hím	153	109	5
210615_5	hím	124	49	4
210615_50	hím	136	94	5
210615_51	hím	149	94	5
210615_52	hím	136	84	5
210615_53	hím	136	78	5
210615_54	hím	116	48	5
210615_55	nőstény	113	45	4
210615_56	hím	95	24	5
210615_57	hím	114	45	5
210615_58	hím	124	57	5
210615_59	hím	146	102	5
210615_6	hím	126	74	4
210615_60	hím	142	77	5
210615_61	hím	123	49	5
210615_62	hím	121	54	5
210615_63	nőstény	114	50	4
210615_64	nőstény	91	19	4
210615_65	hím	126	49	5
210615_66	hím	111	41	5
210615_67	hím	116	46	5
210615_68	hím	117	48	5
210615_69	hím	142	49	5
210615_7	hím	130	66	4
210615_70	hím	108	37	5
210615_71	hím	146	91	5
210615_72	nőstény	96	24	5
210615_73	hím	124	67	5
210615_74	nőstény	99	22	5
210615_75	hím	110	38	5

210615_76	hím	117	79	5
210615_77	hím	143	86	5
210615_78	hím	132	84	5
210615_79	hím	143	115	5
210615_8	nőstény	141	72	4
210615_80	nőstény	126	47	5
210615_81	hím	123	54	5
210615_82	hím	134	84	5
210615_83	hím	129	67	5
210615_84	hím	113	37	5
210615_85	hím	107	35	5
210615_86	hím	126	65	5
210615_87	hím	129	54	5
210615_88	hím	126	68	5
210615_89	nőstény	124	44	5
210615_9	nőstény	116	47	4
210615_90	hím	123	65	5
210615_91	hím	112	41	5
210615_92	hím	135	90	5
210615_93	hím	122	51	5
210615_94	hím	113	45	5
210615_95	hím	154	115	5
210615_96	nőstény	136	60	5
210615_97	nőstény	101	27	5
210615_98	hím	125	65	5
210615_99	nőstény	126	50	5
210727_1	hím	129	73	n.a.
210727_10	hím	117	49	n.a.
210727_11	hím	109	43	n.a.
210727_12	nőstény	118	47	n.a.
210727_13	nőstény	119	43	n.a.
210727_14	hím	129	59	n.a.

210727_15	hím	118	56	n.a.
210727_16	hím	126	69	n.a.
210727_17	hím	91	40	n.a.
210727_18	hím	119	63	n.a.
210727_19	nőstény	123	54	n.a.
210727_2	hím	131	90	n.a.
210727_20	hím	124	59	n.a.
210727_21	hím	128	93	n.a.
210727_22	nőstény	117	40	n.a.
210727_23	hím	91	24	n.a.
210727_24	nőstény	97	29	n.a.
210727_25	nőstény	117	40	n.a.
210727_26	hím	147	90	n.a.
210727_27	hím	128	67	n.a.
210727_28	hím	114	47	n.a.
210727_29	nőstény	133	58	n.a.
210727_3	hím	131	76	n.a.
210727_30	hím	108	39	n.a.
210727_31	hím	137	101	n.a.
210727_32	hím	134	86	n.a.
210727_33	hím	114	53	n.a.
210727_34	hím	111	43	n.a.
210727_35	nőstény	139	74	n.a.
210727_36	nőstény	114	45	n.a.
210727_37	nőstény	123	54	n.a.
210727_4	hím	114	48	n.a.
210727_5	hím	113	45	n.a.
210727_6	hím	119	55	n.a.
210727_7	hím	132	73	n.a.
210727_8	nőstény	113	44	n.a.
210727_9	hím	112	51	n.a.
210824_1	hím	109	46	4

210824_10	hím	135	134	4
210824_11	hím	121	59	4
210824_12	nőstény	114	50	4
210824_13	nőstény	112	47	4
210824_14	hím	104	38	4
210824_15	hím	115	61	4
210824_16	hím	126	69	4
210824_2	nőstény	114	56	4
210824_3	nőstény	115	53	4
210824_4	nőstény	126	57	4
210824_5	hím	117	65	4
210824_6	hím	102	37	4
210824_7	hím	131	69	4
210824_8	hím	89	26	4
210824_9	nőstény	119	44	4
210914_1	hím	112	47	n.a.
210914_10	hím	123	48	n.a.
210914_11	nőstény	126	53	n.a.
210914_12	nőstény	116	41	n.a.
210914_13	hím	114	48	n.a.
210914_14	nőstény	132	69	n.a.
210914_15	hím	114	44	n.a.
210914_16	nőstény	112	34	n.a.
210914_17	nőstény	110	38	n.a.
210914_18	nőstény	128	54	n.a.
210914_19	hím	113	40	n.a.
210914_2	nőstény	109	37	n.a.
210914_20	nőstény	121	44	n.a.
210914_21	hím	136	98	n.a.
210914_22	nőstény	128	63	n.a.
210914_23	nőstény	118	48	n.a.
210914_24	hím	112	44	n.a.

210914_25	nőstény	101	29	n.a.
210914_26	nőstény	113	38	n.a.
210914_27	hím	124	56	n.a.
210914_28	nőstény	85	18	n.a.
210914_29	hím	106	36	n.a.
210914_3	hím	113	52	n.a.
210914_30	nőstény	103	30	n.a.
210914_31	hím	141	106	n.a.
210914_32	nőstény	115	39	n.a.
210914_33	hím	115	57	n.a.
210914_34	nőstény	106	29	n.a.
210914_35	nőstény	118	52	n.a.
210914_36	nőstény	102	32	n.a.
210914_37	nőstény	105	32	n.a.
210914_38	nőstény	123	50	n.a.
210914_39	hím	119	57	n.a.
210914_4	hím	115	54	n.a.
210914_40	nőstény	136	62	n.a.
210914_41	hím	124	73	n.a.
210914_42	nőstény	95	26	n.a.
210914_43	nőstény	114	41	n.a.
210914_44	nőstény	124	50	n.a.
210914_45	nőstény	116	36	n.a.
210914_46	nőstény	122	46	n.a.
210914_47	nőstény	114	41	n.a.
210914_48	hím	116	61	n.a.
210914_49	nőstény	101	29	n.a.
210914_5	nőstény	122	55	n.a.
210914_50	nőstény	122	52	n.a.
210914_51	hím	116	61	n.a.
210914_52	hím	104	37	n.a.
210914_53	nőstény	99	30	n.a.

210914_54	hím	124	64	n.a.
210914_55	hím	133	111	n.a.
210914_56	nőstény	115	43	n.a.
210914_57	hím	102	32	n.a.
210914_58	hím	111	43	n.a.
210914_59	nőstény	116	47	n.a.
210914_6	hím	124	59	n.a.
210914_60	nőstény	101	27	n.a.
210914_61	hím	128	65	n.a.
210914_62	nőstény	96	23	n.a.
210914_63	nőstény	119	46	n.a.
210914_64	nőstény	129	68	n.a.
210914_65	hím	118	60	n.a.
210914_66	nőstény	118	46	n.a.
210914_67	hím	112	39	n.a.
210914_68	hím	123	66	n.a.
210914_69	nőstény	101	27	n.a.
210914_7	nőstény	111	39	n.a.
210914_70	hím	92	30	n.a.
210914_71	nőstény	115	41	n.a.
210914_72	hím	118	61	n.a.
210914_73	nőstény	105	31	n.a.
210914_74	hím	116	51	n.a.
210914_75	nőstény	118	46	n.a.
210914_76	nőstény	138	81	n.a.
210914_77	nőstény	116	33	n.a.
210914_78	nőstény	98	29	n.a.
210914_79	hím	128	55	n.a.
210914_8	nőstény	105	27	n.a.
210914_80	hím	119	50	n.a.
210914_81	hím	101	37	n.a.
210914_82	nőstény	114	34	n.a.

210914_83	hím	113	51	n.a.
210914_84	nőstény	98	29	n.a.
210914_85	nőstény	120	41	n.a.
210914_86	hím	124	69	n.a.
210914_87	nőstény	114	42	n.a.
210914_88	nőstény	123	55	n.a.
210914_89	hím	124	63	n.a.
210914_9	nőstény	126	55	n.a.
210914_90	hím	118	61	n.a.
210914_91	nőstény	129	58	n.a.

2. melléklet: Tanári útmutatók, segédanyagok

1. Az egyik közismert példa az inváziós fajok hatására a Stephens-szigeti álfakusznak, egy röpképtelen énekesmadárnak a kihalása. A legenda úgy tartja, hogy a Stephens-szigeten álló világítótorony őrének egyetlen macskája képes volt kiirtani a fajt (tudni kell, hogy a sziget pár kilométeres, és a faj sehol másutt nem fordult elő), de természetesen nem csupán erről van szó. A madár több másik Új-Zéland körüli szigeten is előfordult, de a patkányok és más, főleg ragadozó idegenhonos fajok megtelepedésével csak a Stephens-szigetre szorult vissza. Itt pedig néhány macska képes volt az egész faj megmaradt világállományát elpusztítani.
   Veszélyforrás: ismeretlen ragadozó megjelenése

2. Az inváziós fajok legfőbb veszélye éppen abban rejlik, hogy tömegesen szaporodnak, magyar nevükhöz hűen elözönlik az élőhelyeket. Erőforrásokat vonnak el az őshonos fajok elől, és gyakran szaporábbak és agresszívebbek is (táplálékszerzésben, élőhely-védelemben, terjeszkedésben). Ennek következtében az őshonos fajok elveszítik korábbi élőhelyeiket, eltűnnek onnan.
   Veszélyforrás: őshonos fajok kiszorítása / terjeszkedés / élőhely elfoglalása

3. Az inváziós fajok hatására jó példa a Flathead-tóba betelepített zooplankton-fogyasztó *Mysis relicta* rákfaj, amely ugyanazt a táplálékot fogyasztotta, mint például az ivadékhalak. Olyan hatékony táplálékkonkurens lett, hogy nem csak a halak populációi kezdtek csökkenni, hanem még a velük táplálkozó ragadozók, például fehérfejű rétisasok is.
   Veszélyforrás: táplálékkonkurencia / tápláléklánc összeomlása / táplálkozási verseny

4. Nagyon gyakori, hogy az invazív fajok olyan betegségeket terjesztenek, melyekre az idegen faj szervezete ellenálló, de az őshonos fajokra ez végzetes (például az amerikai rákok által behurcolt rákpestis vagy a többek között karmosbékák által terjesztett gombabetegség, melyek nagy mortalitással (elhullási rátával) bírnak a hazai fajokra).
   Veszélyforrás: betegség megjelenése, terjesztése

5. A *Cyprinodon bovinus* ikrázó fogaspontyfaj, amely a Diamond Y patakból ismert Texasban, állományainak jelentős része a vadonban hibrideket képzett a nála jóval gyakoribb, és emberi közvetítéssel odakerült másik rokon fajjal, a *Cyprinodon variegatus*-szal. Ha a fajok közötti genetikai keveredés a teljes élőhelyen végbemegy, azzal a *C. bovinus* fajt gyakorlatilag elveszítjük, éppen ezért fontos a hibridek gyérítése, valamint a fajtiszta törzsek védelme a természetben és akváriumokban. fenntartása. Nem véletlen az sem, hogy a fajmegőrző programok kínosan ügyelnek a fajok és fajon belüli törzsek vérvonalának elkülönítésére és megőrzésére.
   Veszélyforrás: hibridizáció / fajok genetikai állományának a keveredése

6. Van azonban egy még súlyosabb probléma: ha egy inváziós faj drasztikusan megváltoztatja az életközösség szerkezetét, összetételét, jelentősen csökkenti a biodiverzitást és az egész ökológiai rendszerre számottevő hatást gyakorol, akkor az adott fajt ***átalakító fajnak*** (transformer species) nevezzük. Ez a hatás nagyon gyakran megnyilvánul egy-egy élőhely megváltozásában is.
   Veszélyforrás: élőhely átalakítás

jelzőrák		Észak-amerikai eredetű ízeltlábú. Kitinpáncéljába mészsók is beépülnek. A 20. század második felében telepítették be Európába, hogy pótolja a vizeinkben súlyosan megritkult rokonát, melyet fogyasztottunk is. Képes átalakítani a vizes élőhelyeket, és egy, a hazai fajokra veszélyes betegséget is terjeszt.
amurgéb		Kelet-Ázsiában őshonos vízi gerinces. Oroszországban akváriumokban előszeretettel tartották, de onnan megszökött, és keleti irányból folyamatosan terjed az európai vizekben. Ragadozó. A legnagyobb veszélyt a védett lápi póc állományaira jelenti, mert hasonló életmódot folytat.
harlekinkatica		Ázsiai elterjedésű ízeltlábú, mely rágó szájszervvel rendelkezik. Ragadozó faj, fontos predátora a növénykártevő levéltetveknek, akárcsak rokonai. Növényvédelmi céllal telepítették be Amerikába és Európába. Nálunk nincs természetes ellensége, ősz végén a hideg idő beköszöntekor tömegesen keresnek telelőhelyet a lakásokban is.
spanyol meztelencsiga		Dél-Délnyugat-Európában őshonos. Növényszállítmányokkal azonban széthurcolták egész Európába. Nedves helyeken tömeges lehet. Inváziója súlyos gazdasági problémákat okoz, mivel növénykártevő faj. Hímnős.
naphal		Észak-Amerika vizeiből ismert, ahonnét igénytelensége miatt halászok is betelepítették a hazai vizekbe, de színpompás megjelenése miatt akvarisztikai célból is importálták. Ikra- és ivadékfogyasztása problémás, horgászati értéke kis mérete miatt nincs.
zöld vándorpoloska		Kelet-Afrikából, Etiópiából ismert ízeltlábú faj. Rejtőszínezettel rendelkezik, és védekezését elősegíti, hogy bűzös testváladékot termel. Emiatt nem nagyon fogyasztja semmilyen őshonos ragadozó. Növényi nedveket szívogat, kertészeti kártevő.

magas aranyvessző

Észak-Amerikából hozták be Európába, mint dísznövényt. Évelő, lágy szárú, fészkesvirágzatú. Kedveli a nedves talajt, de elég tágtűrésű. Ahol megtelepszik, ott hamarosan monodomináns (egyfajos) állományt alkot, kizárva minden más növényfajt az adott területről.

fehér akác

Az USA keleti területéről származik, eleinte parkfaként ültették, majd a futóhomok megkötésére is használták. Ma a fafajok közül a legnagyobb területet foglalja el Magyarországon. Gyökérről is újrasarjad, ráadásul más növények csírázását gátolja. Faanyagát szívesen használják, és sok nektárt is ad a méheknek.

mirigyes bálványfa

Ázsiai elterjedésű fafaj. Az ország egész területén előfordul, igénytelen, akár romok között, vasúti töltéseken is megtelepszik. Rendkívül agresszíven terjed, az egyik legveszélyesebb invazív fafaj. Összetett levelén hosszúkás tojásdad levélkék fejlődnek, amelyek kellemetlen szagú illóanyagot termelnek.

zöld juhar

Szürke kérgű, amerikai lombhullató fa. Összetett levelei jellemzően három (ritkán 4-7) levélkéből állnak, ami kivételes a rokonsági körében, más fajoknak egyszerű levele van. Termése ikerlependék. Agresszíven terjed, képes egész erdőket átalakítani. A 7. legveszélyesebb inváziós növénynek tartják.

selyemkóró

A dohányhoz hasonló lágyszárú növény, mely Észak-Amerikából származik. Mézelő növény, a méhek szívesen látogatják lilás virágait, melyek ragadós nedve azonban rovarcsapdát jelent – sok méh pusztul el beleragadva. Mérgező. Főleg a gyepeket képes nagy tömegben elözönleni.

lila vízijácint

Lila virágú lágyszárú növény. Amazóniából származik, előfordulása nálunk csak termálvizekből ismert, de az egzotikus országokban óriási problémát okoz a faj exponenciális terjedése. Kiszorít minden más fajt a vizekből, és árnyékolása is jelentős.

Almacsiga

(*Pomacea diffusa*; Blume, 1957)

Az almacsigák különböző fajai trópusi édesvizekben, javarészt álló vagy lassan mozgó vizekben honosak. Hobbiállatként leginkább a *Pomacea diffusa* faj terjedt el. Alapvetően a citromsárga színváltozat terjedt el széles körben az akvarisztikában, de az évek során kitenyésztették rózsaszínű, kék, fehér változatait is. Jóformán bármely állatkereskedésben beszerezhető volt a faj mindaddig, amíg 2012. november 8-án az Európai Unió egy rendeletben meg nem tiltotta a tartását, forgalmazását.

A betiltás oka, hogy az egyébként Dél-Amerikából, Amazóniából származó almacsiga-fajok Spanyolországban kijutottak a természetbe, ahol a rizsföldeken azóta is hatalmas károkat okoznak. Az almacsigák növényevő fajok, reszelőnyelvükkel megbirkóznak az erősebb növényekkel is, és nedves közegben sokáig aktívak vízen kívül is (a köpenyüreg falát tüdőként képes használni). Mi több, a legtöbb faj petecsomóját kifejezetten vízen kívül, növények levelei közé rakja. Európában elsősorban díszállatként volt ismert a csoport, míg Ázsiában étkezési célokra is tartják őket. Náluk inváziójuk a meleg klíma és a kiterjedt rizsföldek miatt sokkal jelentősebb. Magyarországon eddig egyszer találták meg a Városligeti-tóban, de nem telepedett meg sehol, nálunk nincs ismert élőhelye.

Közönséges ékszerteknős

(*Trachemys scripta*; Schoepf, 1792)

A közönséges ékszerteknős a legismertebb és legnagyobb számban gondozott hüllőfaj Magyarországon, de talán világszerte is. Akár több, mint 25 évig élő, 40-45 cm-es testhosszt elérő félvízi teknősfaj, ami azt jelenti, hogy megfelelő tartásához egy tágas medencére, de sütkérezésre alkalmas szárazföldre is szüksége van. Eredeti elterjedési területe Észak-Amerika délebbi vidékei (Indiana, Texas), mocsaras – lápos élőhelyei. Rendkívül jó alkalmazkodóképességgel rendelkezik. Összehasonlítva az egyetlen őshonos teknősfajunkkal, a mocsári teknőssel, gyorsabb szaporodás, agresszívebb magatartás, hatékonyabb táplálékszerzés jellemzi, így ahol megtelepedik, rövidesen visszaszorul a mocsári teknős állománya.

Eleinte vörösfülű alfaja (*T. scripta elegans*) vált elterjedté, még a huszadik század második felében. Óriási mennyiségben importálták őket az amerikai teknősfarmokról. Sajnos rengetegen, felelőtlenül vágtak bele a teknősvásárlásba, és az állat kinőtte a tartóhelyét vagy megunták (hiszen hosszú életű), és sokan szabadon eresztették. A fokozódó inváziós nyomást felismerve az Európai Unió 1997-ben betiltotta behozatalát, melyet 2010-től Magyarország is foganatosított. A tiltólistára helyezést követően sárgafülű (*T. s. scripta*) alfaja kezdett terjedni a kereskedelemben, melynek tartását és forgalmazását azóta szintén betiltották egy 2017-es Uniós rendeletben (a már meglévő idős példányokat a tulajdonosok megtarthatták). Sajnos rendszeresen találkozni velük Magyarországon, országszerte számos helyről vannak szórványos előfordulási adataik (főleg tavak környékéről), de Budapesten és környékén kiemelten sok ékszerteknőst találnak, ilyen helyek például a Feneketlen-tó vagy a Naplás-tó. Bár az utóbbi években közönséges ékszerteknőst már nem lehet vásárolni, számos hozzá nagyon hasonló megjelenésű és életmódú faj érhető el a kereskedelemben (például királyteknős, hieroglifás ékszerteknős), melyek valószínűleg hasonló kockázatot jelentenek.

Vörös mocsárrák

(*Procambarus clarkii*; Girard, 1852)

Maximum 15 cm-es testhosszt elérő tízlábú rákfaj (Decapoda rend). A fiatal példányok még világos árnyalatúak, de kifejlett korukra jellemzően intenzív vörös színt öltenek, erről kapták magyar nevüket is. Az egyik legnagyobb egyedszámban tartott akváriumi rákfaj (volt), az intenzív piros színre történő szelektálás mellett számos színváltozatát tenyésztették ki akváriumokban. Ilyen a narancs, a fehér, a kék és a piros-fehér valamint kékes árnyalatokban játszó ún. „Ghost" vagy szellemrák is.

A fajjal gyakran találkozni az akvarista szakirodalomban is, itt legtöbbször *kaliforniai vörösrák* néven említik, bár ez a név téves. A faj ugyanis Kalifornia államban nem őshonos (oda betelepítették), fő elterjedési területe az USA-n belül a délnyugati mocsárvidéken (pl.: Louisiana, Mississippi, Missouri). Agresszív, területvédő faj, felléphet a kannibalizmus is nála. Alapvetően mindenevő, a növényi anyagoktól a halakig mindent elfogyaszt. Számos rákfajjal ellentétben tágtűrésű, jól viseli az alacsony oldott oxigénkoncentrációt, így könnyedén tartható. Emiatt tógazdaságokban étkezési célokra is tenyésztik.

Jelenléte Magyarországon 2015 óta ismert, eleinte főleg melegvízű helyekről került elő, de terjedőben van. A hazai példányok nagy valószínűséggel megunt hobbiállatok lehettek. Az Európai Unió a tagországaiban 2016. július 13-i rendeletében betiltotta a faj tartását, tenyésztését és forgalmazását, bár sajnos még manapság is előkerül néha kereskedésekből más fajok nevei alatt (főleg a narancssárga színváltozata). Betiltása előtt széles körben ismert és tartott akváriumi állatnak számított. Gyors szaporodása és fejlődése (egy nőstény könnyen rak 200 petét), valamint tág tűrőképessége miatt könnyen meghódíthat új élőhelyeket. Jelentős járatású tevékenysége meggyengítheti a partfalakat. Mint a legtöbb amerikai rák, hordozza a rákpestis kórokozóját, ami végzetes az őshonos fajokra.

Kínai tűzhasú gőte

(*Cynops orientalis*; David, 1873)

6-10 cm-es testhosszt elérő, Kína hűvösebb tavaiban, elárasztott rizsföldjein elterjedt farkos kétéltű. Már az ezredforduló előtt kedvelt hobbiállattá vált, a 2000-res évek során is nagyon sokan tartottak otthon tűzhasú gőtéket. Viszonylag könnyen gondozható, nem túl kényes állatok, így azon kevés kétéltűfaj közé tartoztak, melyeket egyszerűen lehetett otthon tartani.

Az évek során viszont kiderült, hogy a tűzhasú gőték tünetmentes hordozói egy rajzóspórás gombának (*Batrachochytrium salamandrivorans*), amely igen nagy elhullást okoz a hazai farkos kétéltűek, így például a foltos szalamandrák körében. Ehhez a tűzhasú gőtéknek ki sem kell jutniuk a természetbe, elegendő, ha a gondozásuk során a tartóvizet a lefolyóba öntjük, s ezen az úton a kórokozó kijut a természetbe. Mivel a békák hasonló betegsége már számos faj kihalásához hozzájárult, a törvényhozók úgy döntöttek, hogy betiltják a tűzhasú gőték (és velük együtt számos szalamandra és más farkos kétéltű faj) tartását és forgalmazását. Az erről szóló 199/2017. (VII.10.) kormányrendelet 2017 júliusától lépett életbe. A rendelet kiadása óta a tűzhasú gőték eltűntek a díszállatpiacról. Magyarországi előfordulásáról nem tudunk. Érdekesség, hogy bőre mérgező váladékot termel. Ragadozó állat, főleg rovarlárvákat, férgeket, alsóbbrendű állatokat zsákmányol. Mint a legtöbb kétéltű, bőrlégzésre is képes – éppen ezért veszélyes a kétéltűek többségére a kültakarón elszaporodó gombabetegség, mely még a hatékony légzését is gátolja az állatoknak.

Jaguársügér

(*Parachromis managuensis*; Günther, 1867)

A jaguársügér Közép-Amerikában, Honduras és Costa Rica folyóiban és tavaiban fordul elő. A bölcsőszájú halfélék családjának tagja, bár szájköltés nem jellemzi. Ikráit kemény alapzatra, például sziklákra helyezi, melyeket mindkét szülő őriz, s kikelt ivadékaikra is vigyáznak. Éppen ezért szaporodásmódjuk hatékony, összehasonlítva sok más halfajjal, utódaik viszonylag nagy számban érik meg a felnőttkort. Egyszerre nem ritka az akár 5.000 ikra lerakása sem, de a rekord 10.000 fölötti.

A jaguársügér akár 55 cm-esre és 1,6 kg-osra is megnőhet. Szájában hegyes fogak sorakoznak – ragadozó hal. Agresszív, területvédő, más sügérfélékkel szemben kifejezetten territoriálisan viselkedik. Mivel trópusi elterjedésű, a mi klímánkon tartósan megtelepedni nem képes, a szakirodalom 25-36 °C közötti hőmérséklet-tartományt ad meg számára optimálisnak. Alkalmazkodóképessége viszont figyelemreméltó.

Magyarországon nagy egyedszámban fordul elő a Hévízi-tó kifolyójában, amely egész évben meleg vizű. Bár megtelepedett idegenhonos faj, inváziósnak jelenleg nem nevezhető, hiszen a hűvös időt tartósan nem éli túl. Aggasztó azonban, hogy több más amerikai sügérfaj is kikerült a hévízi kifolyóba, ahol hibridizálódni kezdtek, ez felveti a kockázatát annak, hogy egyre alacsonyabb hőmérsékletet is elviseljenek. Territoriális és ragadozó természete megmutatkozik abban is, hogy a korábban betelepített idegenhonos fajokat is elkezdte megritkítani, kiszorítani Hévízről. További kockázat, hogy rendelkezhet ismeretlen parazitákkal, amelyek átterjedhetnek a hazai halakra. Tartása és tenyésztése nem ütközik törvényi korlátokba, szabadon beszerezhető. Sokan felelőtlenül vásárolják meg mutatós, fiatal példányaikat, melyek később kinövik az akváriumot, területvédők lesznek és sajnos gyakran fordul elő, hogy ezeket a példányokat szabadon eresztik.

	Eredeti élőhely	Hazai előfordulás	Milyen veszélyforrásokat jelent?	Milyen a helyzete, mint hobbiállat?	Törvényi korlátozás
Almacsiga	Dél-Amerika	(Városligeti tó, egyszer)	növényi kártevő	régen kedvelt, gyakori	2012, Uniós rendelet
Vörös mocsárrák	USA, délnyugati mocsarak	termálkifolyók, terjedőben természetes vizekben	betegség terjesztés, őshonos rákok kiszorítása, élőhely-átalakítás	régen kedvelt, gyakori még ma is előfordul illegálisan	2016, Uniós rendelet
Jaguársügér	Közép-Amerika (Honduras, Costa Rica)	hévízi kifolyó	más fajok kiszorítása, ragadozás, potenciálisan betegség	ismert, gyakori	nincs
Kínai tűzhasú gőte	Kína	-	betegség terjesztése	régen kedvelt, gyakori mára eltűnt	199/2017 kormányrendelet
Közönséges ékszerteknős	USA déli része	tavakban országszerte, főleg Budapest környéke	mocsári teknős kiszorítása	kedvelt, gyakori még sok példányt tartanak	1997, majd 2017, Uniós rendelet

Tanári útmutató a feladatlaphoz:

Tízlábú rák boncolása - MEGOLDÁS

1) Párosítsd a helyes betűjelet a megfelelő állításhoz!

A, Rákok B, Rovarok C, Mindkettő D, Egyik sem

Csápmiriggyel rendelkeznek. __A____

Kiválasztó szerveik a Malpighi-csövek. ____B___

Lábaik ízekből állnak. ___C____

Szívük egy kamrából és két pitvarból áll. ___D___

Kültakarójukba mészsók nagy mennyiségben beépülnek. __A____

Van fajuk, amely valamelyik életszakaszában kopoltyúval lélegzik. _C__

Összetett szemük van. ____C_____

Testük előtestre és utótestre tagolható. ___D___

Középbéli mirigyük van. ____C____

Ide tartozik a vízibolha. ____A_____

Ide tartozik a vízipók. ___D_____

Ide tartozik a vízi skorpió. __B_____

2) Válaszolj röviden a kérdésekre!

Hogy nevezzük a rákok testfolyadékának kék színét adó fehérjét? hemocianin

Sorold fel az őshonos (3 faj) tízlábú rákokat! folyami rák, kecskerák, kövi rák

Hogy nevezzük a tízlábú rákok szájszervét? rágó szájszerv

Hogyan jelenik meg az ivadékgondozás a tízlábú rákoknál? A nőstények hordozzák a petéket, friss vízzel látják el és védelmezik őket.

Mit gondolsz, miért fogyasztják el a rákok a levedlett páncéljukat? Azért, hogy pótolják belőle a mészsót, amit beépítenek új, még puha vázukba.

3) A jelzőrák egy inváziós, Észak-Amerikából származó tízlábú rák, mely meghonosodott Európában is. Milyen ökológiai veszélyekkel jár az inváziós fajok térnyerése? Tudod-e, hogy a jelzőrák miért veszélyezteti őshonos rákjainkat?

Az inváziós fajok gyors szaporodásúak, özönfajok, nagy egyedszámban jelennek meg az elfoglalt területeken. Versengés lép fel az őshonos fajokkal, amiben utóbbiak gyakran alulmaradnak, így az inváziós faj kiszoríthatja őket. A jelzőrák terjeszti a rákpestist, ami az őshonos tízlábú rákokra végzetes. Emellett agresszív, gyorsan szaporodik, és a kevésbé jó vízminőségű élőhelyeken is életben marad

Feladat: Jelzőrák boncolása

Eszközök, anyagok: bonctálca, bonctű, boncolló, csipesz, törlő papír, gumikesztyű, jelzőrák

A kísérlet menete: Figyelmesen hallgasd végig a balesetvédelmi tudnivalókat! A boncolás során kövesd a szaktanár utasításait!

A jelzőrák idegenhonos, invazív faj, nem védett, törvényi oltalom nem tiltja felboncolását!

A boncolás elvégzése után válaszolj az alábbi kérdésekre!

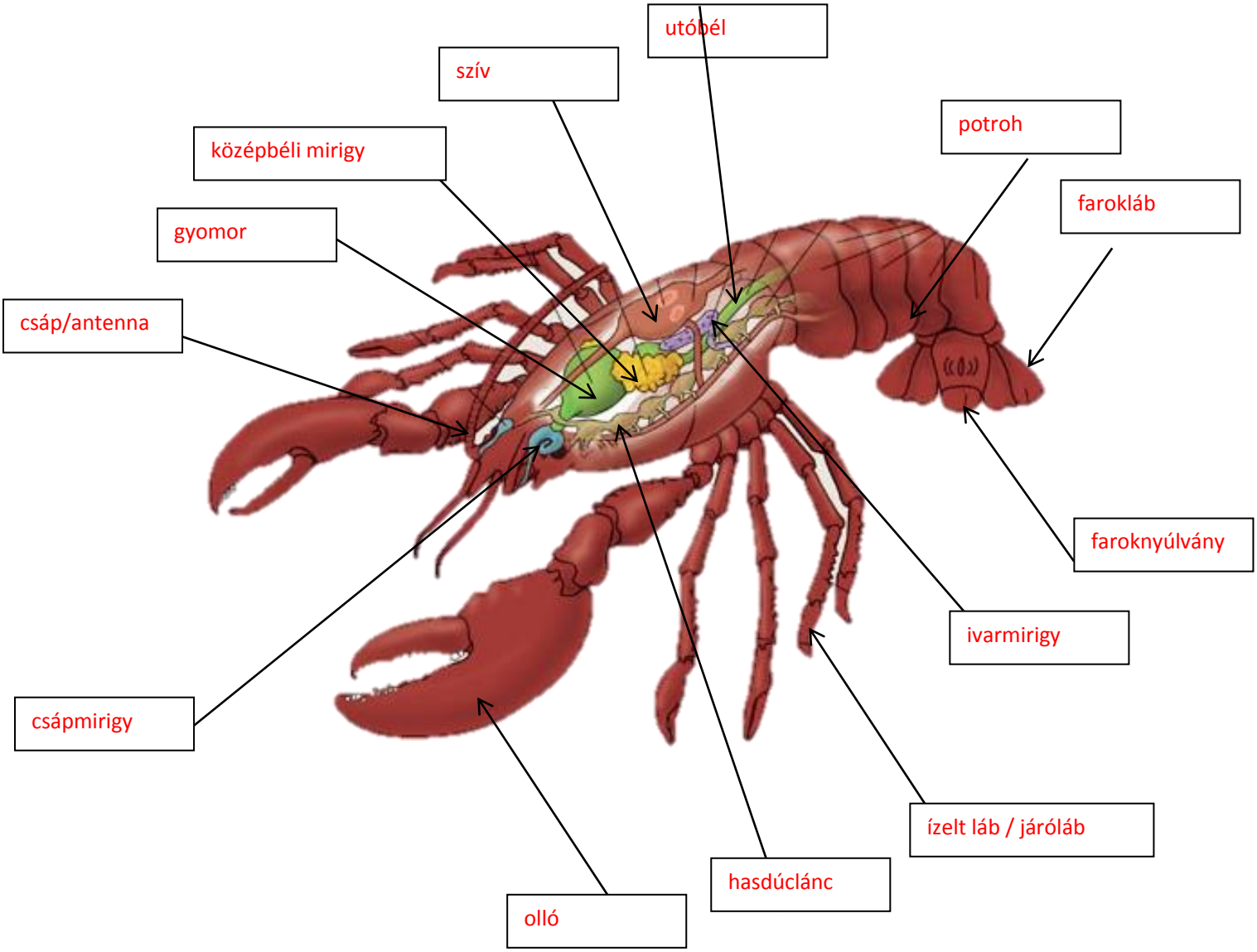
Hogyan állapítod meg a rák ivarát? A hímek párzószervvé módosult lábakkal rendelkeznek a hasi oldalon.

Milyen idegrendszerrel rendelkeznek a tízlábú rákok? Mi a központja idegrendszerüknek?

Hasdúclánc idegrendszer, központja az agydúc

Hogy néz ki és milyen szerepet tölt be a középbéli mirigy? A középbéli mirigy segíti a táplálék emésztését, raktározását, válogatását. Emésztőenzim termelésével hasonló szerepet tölt be, mint a gerincesek mája, hasnyálmirigye. A tápcsatorna mentén, halványsárgás színű apró csövecskék sokaságaként láthatjuk boncolás során.

Nevezd meg a jelzőrák nyilakkal jelölt testrészeit, szerveit!



Kép forrása: http://what-when-how.com/animal-life/order-decapoda/
Utolsó letöltés: 2022.04.03.

3. melléklet: Tanulói feladatok, munkalapok

Az egyik közismert példa az inváziós fajok hatására a Stephens-szigeti álfakusznak, egy röpképtelen énekesmadárnak a kihalása. A legenda úgy tartja, hogy a Stephens-szigeten álló világítótorony őrének egyetlen macskája képes volt kiirtani a fajt (tudni kell, hogy a sziget pár kilométeres, és a faj sehol másutt nem fordult elő), de természetesen nem csupán erről van szó. A madár több másik Új-Zéland körüli szigeten is előfordult, de a patkányok és más, főleg ragadozó idegenhonos fajok megtelepedésével csak a Stephens-szigetre szorult vissza. Itt pedig néhány macska képes volt az egész faj megmaradt világállományát elpusztítani.

Az inváziós fajok legfőbb veszélye éppen abban rejlik, hogy tömegesen szaporodnak, magyar nevükhöz hűen elözönlik az élőhelyeket. Erőforrásokat vonnak el az őshonos fajok elől, és gyakran szaporábbak és agresszívebbek is (táplálékszerzésben, élőhely-védelemben, terjeszkedésben). Ennek következtében az őshonos fajok elveszítik korábbi élőhelyeiket, eltűnnek onnan.

Az inváziós fajok hatására jó példa a Flathead-tóba betelepített zooplankton-fogyasztó *Mysis relicta* rákfaj, amely ugyanazt a táplálékot fogyasztotta, mint például az ivadékhalak. Olyan hatékony táplálékkonkurens lett, hogy nem csak a halak populációi kezdtek csökkenni, hanem még a velük táplálkozó ragadozók, például fehérfejű rétisasok is.

Nagyon gyakori, hogy az invazív fajok olyan betegségeket terjesztenek, melyekre az idegen faj szervezete ellenálló, de az őshonos fajokra ez végzetes (például az amerikai rákok által behurcolt rákpestis vagy a többek között karmosbékák által terjesztett gombabetegség, melyek nagy mortalitással (elhullási rátával) bírnak a hazai fajokra).

A *Cyprinodon bovinus* ikrázó fogaspontyfaj, amely a Diamond Y patakból ismert Texasban, állományainak jelentős része a vadonban hibrideket képzett a nála jóval gyakoribb, és emberi közvetítéssel odakerült másik rokon fajjal, a *Cyprinodon variegatus*-szal. Ha a fajok közötti genetikai keveredés a teljes élőhelyen végbemegy, azzal a *C. bovinus* fajt gyakorlatilag elveszítjük, éppen ezért fontos a hibridek gyérítése, valamint a fajtiszta törzsek védelme a természetben és akváriumokban. fenntartása. Nem véletlen az sem, hogy a fajmegőrző programok kínosan ügyelnek a fajok és fajon belüli törzsek vérvonalának elkülönítésére és megőrzésére.

Van azonban egy még súlyosabb probléma: ha egy inváziós faj drasztikusan megváltoztatja az életközösség szerkezetét, összetételét, jelentősen csökkenti a biodiverzitást és az egész ökológiai rendszerre számottevő hatást gyakorol, akkor az adott fajt ***átalakító fajnak*** (transformer species) nevezzük. Ez a hatás nagyon gyakran megnyilvánul egy-egy élőhely megváltozásában is.

jelzőrák	amurgéb	harlekinkatica
spanyol meztelencsiga	naphal	zöld vándorpoloska
magas aranyvessző	fehér akác	mirigyes bálványfa
zöld juhar	selyemkóró	lila vízijácint

Észak-amerikai eredetű ízeltlábú. Kitinpáncéljába mészsók is beépülnek. A 20. század második felében telepítették be Európába, hogy pótolja a vizeinkben súlyosan megritkult rokonát, melyet fogyasztottunk is. Képes átalakítani a vizes élőhelyeket, és egy, a hazai fajokra veszélyes betegséget is terjeszt.

Kelet-Ázsiában őshonos vízi gerinces. Oroszországban akváriumokban előszeretettel tartották, de onnan megszökött, és keleti irányból folyamatosan terjed az európai vizekben. Ragadozó. A legnagyobb veszélyt a védett lápi póc állományaira jelenti, mert hasonló életmódot folytat.

Ázsiai elterjedésű ízeltlábú, mely rágó szájszervvel rendelkezik. Ragadozó faj, fontos predátora a növénykártevő levéltetveknek, akárcsak rokonai. Növényvédelmi céllal telepítették be Amerikába és Európába. Nálunk nincs természetes ellensége, ősz végén a hideg idő beköszöntekor tömegesen keresnek telelőhelyet a lakásokban is.

Dél-Délnyugat-Európában őshonos. Növényszállítmányokkal azonban széthurcolták egész Európába. Nedves helyeken tömeges lehet. Inváziója súlyos gazdasági problémákat okoz, mivel növénykártevő faj. Hímnős.

Észak-Amerika vizeiből ismert, ahonnét igénytelensége miatt halászok is betelepítették a hazai vizekbe, de színpompás megjelenése miatt akvarisztikai célból is importálták. Ikra- és ivadékfogyasztása problémás, horgászati értéke kis mérete miatt nincs.

Kelet-Afrikából, Etiópiából ismert ízeltlábú faj. Rejtőszínezettel rendelkezik, és védekezését elősegíti, hogy bűzös testváladékot termel. Emiatt nem nagyon fogyasztja semmilyen őshonos ragadozó. Növényi nedveket szívogat, kertészeti kártevő.

Észak-Amerikából hozták be Európába, mint dísznövényt. Évelő, lágy szárú, fészkesvirágzatú. Kedveli a nedves talajt, de elég tágtűrésű. Ahol megtelepszik, ott hamarosan monodomináns (egyfajos) állományt alkot, kizárva minden más növényfajt az adott területről.

Az USA keleti területéről származik, eleinte parkfaként ültették, majd a futóhomok megkötésére is használták. Ma a fafajok közül a legnagyobb területet foglalja el Magyarországon. Gyökérről is újrasarjad, ráadásul más növények csírázását gátolja. Faanyagát szívesen használják, és sok nektárt is ad a méheknek.

Ázsiai elterjedésű fafaj. Az ország egész területén előfordul, igénytelen, akár romok között, vasúti töltéseken is megtelepszik. Rendkívül agresszíven terjed, az egyik legveszélyesebb invazív fafaj. Összetett levelén hosszúkás tojásdad levélkék fejlődnek, amelyek kellemetlen szagú illóanyagot termelnek.

Szürke kérgű, amerikai lombhullató fa. Összetett levelei jellemzően három (ritkán 4-7) levélkéből állnak, ami kivételes a rokonsági körében, más fajoknak egyszerű levele van. Termése ikerlependék. Agresszíven terjed, képes egész erdőket átalakítani. A 7. legveszélyesebb inváziós növénynek tartják.

A dohányhoz hasonló lágyszárú növény, mely Észak-Amerikából származik. Mézelő növény, a méhek szívesen látogatják lilás virágait, melyek ragadós nedve azonban rovarcsapdát jelent – sok méh pusztul el beleragadva. Mérgező. Főleg a gyepeket képes nagy tömegben elözönleni.

Lila virágú lágyszárú növény. Amazóniából származik, előfordulása nálunk csak termálvizekből ismert, de az egzotikus országokban óriási problémát okoz a faj exponenciális terjedése. Kiszorít minden más fajt a vizekből, és árnyékolása is jelentős.

Almacsiga

(*Pomacea diffusa*; Blume, 1957)

Az almacsigák különböző fajai trópusi édesvizekben, javarészt álló vagy lassan mozgó vizekben honosak. Hobbiállatként leginkább a *Pomacea diffusa* faj terjedt el. Alapvetően a citromsárga színváltozat terjedt el széles körben az akvarisztikában, de az évek során kitenyésztették rózsaszínű, kék, fehér változatait is. Jóformán bármely állatkereskedésben beszerezhető volt a faj mindaddig, amíg 2012. november 8-án az Európai Unió egy rendeletben meg nem tiltotta a tartását, forgalmazását.

A betiltás oka, hogy az egyébként Dél-Amerikából, Amazóniából származó almacsiga-fajok Spanyolországban kijutottak a természetbe, ahol a rizsföldeken azóta is hatalmas károkat okoznak. Az almacsigák növényevő fajok, reszelőnyelvükkel megbirkóznak az erősebb növényekkel is, és nedves közegben sokáig aktívak vízen kívül is (a köpenyüreg falát tüdőként képes használni). Mi több, a legtöbb faj petecsomóját kifejezetten vízen kívül, növények levelei közé rakja. Európában elsősorban díszállatként volt ismert a csoport, míg Ázsiában étkezési célokra is tartják őket. Náluk inváziójuk a meleg klíma és a kiterjedt rizsföldek miatt sokkal jelentősebb. Magyarországon eddig egyszer találták meg a Városligeti-tóban, de nem telepedett meg sehol, nálunk nincs ismert élőhelye.

Közönséges ékszerteknős

(*Trachemys scripta*; Schoepf, 1792)

A közönséges ékszerteknős a legismertebb és legnagyobb számban gondozott hüllőfaj Magyarországon, de talán világszerte is. Akár több, mint 25 évig élő, 40-45 cm-es testhosszt elérő félvízi teknősfaj, ami azt jelenti, hogy megfelelő tartásához egy tágas medencére, de sütkérezésre alkalmas szárazföldre is szüksége van. Eredeti elterjedési területe Észak-Amerika délebbi vidékei (Indiana, Texas), mocsaras – lápos élőhelyei. Rendkívül jó alkalmazkodóképességgel rendelkezik. Összehasonlítva az egyetlen őshonos teknősfajunkkal, a mocsári teknőssel, gyorsabb szaporodás, agresszívebb magatartás, hatékonyabb táplálékszerzés jellemzi, így ahol megtelepedik, rövidesen visszaszorul a mocsári teknős állománya.

Eleinte vörösfülű alfaja (*T. scripta elegans*) vált elterjedté, még a huszadik század második felében. Óriási mennyiségben importálták őket az amerikai teknősfarmokról. Sajnos rengetegen, felelőtlenül vágtak bele a teknősvásárlásba, és az állat kinőtte a tartóhelyét vagy megunták (hiszen hosszú életű), és sokan szabadon eresztették. A fokozódó inváziós nyomást felismerve az Európai Unió 1997-ben betiltotta behozatalát, melyet 2010-től Magyarország is foganatosított. A tiltólistára helyezést követően sárgafülű (*T. s. scripta*) alfaja kezdett terjedni a kereskedelemben, melynek tartását és forgalmazását azóta szintén betiltották egy 2017-es Uniós rendeletben (a már meglévő idős példányokat a tulajdonosok megtarthatták). Sajnos rendszeresen találkozni velük Magyarországon, országszerte számos helyről vannak szórványos előfordulási adataik (főleg tavak környékéről), de Budapesten és környékén kiemelten sok ékszerteknőst találnak, ilyen helyek például a Feneketlen-tó vagy a Naplás-tó. Bár az utóbbi években közönséges ékszerteknőst már nem lehet vásárolni, számos hozzá nagyon hasonló megjelenésű és életmódú faj érhető el a kereskedelemben (például királyteknős, hieroglifás ékszerteknős), melyek valószínűleg hasonló kockázatot jelentenek.

Vörös mocsárrák

(*Procambarus clarkii*; Girard, 1852)

Maximum 15 cm-es testhosszt elérő tízlábú rákfaj (Decapoda rend). A fiatal példányok még világos árnyalatúak, de kifejlett korukra jellemzően intenzív vörös színt öltenek, erről kapták magyar nevüket is. Az egyik legnagyobb egyedszámban tartott akváriumi rákfaj (volt), az intenzív piros színre történő szelektálás mellett számos színváltozatát tenyésztették ki akváriumokban. Ilyen a narancs, a fehér, a kék és a piros-fehér valamint kékes árnyalatokban játszó ún. „Ghost" vagy szellemrák is.

A fajjal gyakran találkozni az akvarista szakirodalomban is, itt legtöbbször *kaliforniai vörösrák* néven említik, bár ez a név téves. A faj ugyanis Kalifornia államban nem őshonos (oda betelepítették), fő elterjedési területe az USA-n belül a délnyugati mocsárvidéken (pl.: Louisiana, Mississippi, Missouri). Agresszív, területvédő faj, felléphet a kannibalizmus is nála. Alapvetően mindenevő, a növényi anyagoktól a halakig mindent elfogyaszt. Számos rákfajjal ellentétben tágtűrésű, jól viseli az alacsony oldott oxigénkoncentrációt, így könnyedén tartható. Emiatt tógazdaságokban étkezési célokra is tenyésztik.

Jelenléte Magyarországon 2015 óta ismert, eleinte főleg melegvízű helyekről került elő, de terjedőben van. A hazai példányok nagy valószínűséggel megunt hobbiállatok lehettek. Az Európai Unió a tagországaiban 2016. július 13-i rendeletében betiltotta a faj tartását, tenyésztését és forgalmazását, bár sajnos még manapság is előkerül néha kereskedésekből más fajok nevei alatt (főleg a narancssárga színváltozata). Betiltása előtt széles körben ismert és tartott akváriumi állatnak számított. Gyors szaporodása és fejlődése (egy nőstény könnyen rak 200 petét), valamint tág tűrőképessége miatt könnyen meghódíthat új élőhelyeket. Jelentős járatású tevékenysége meggyengítheti a partfalakat. Mint a legtöbb amerikai rák, hordozza a rákpestis kórokozóját, ami végzetes az őshonos fajokra.

Kínai tűzhasú gőte

(*Cynops orientalis*; David, 1873)

6-10 cm-es testhosszt elérő, Kína hűvösebb tavaiban, elárasztott rizsföldjein elterjedt farkos kétéltű. Már az ezredforduló előtt kedvelt hobbiállattá vált, a 2000-res évek során is nagyon sokan tartottak otthon tűzhasú gőtéket. Viszonylag könnyen gondozható, nem túl kényes állatok, így azon kevés kétéltűfaj közé tartoztak, melyeket egyszerűen lehetett otthon tartani.

Az évek során viszont kiderült, hogy a tűzhasú gőték tünetmentes hordozói egy rajzóspórás gombának (*Batrachochytrium salamandrivorans*), amely igen nagy elhullást okoz a hazai farkos kétéltűek, így például a foltos szalamandrák körében. Ehhez a tűzhasú gőtéknek ki sem kell jutniuk a természetbe, elegendő, ha a gondozásuk során a tartóvizet a lefolyóba öntjük, s ezen az úton a kórokozó kijut a természetbe. Mivel a békák hasonló betegsége már számos faj kihalásához hozzájárult, a törvényhozók úgy döntöttek, hogy betiltják a tűzhasú gőték (és velük együtt számos szalamandra és más farkos kétéltű faj) tartását és forgalmazását. Az erről szóló 199/2017. (VII.10.) kormányrendelet 2017 júliusától lépett életbe. A rendelet kiadása óta a tűzhasú gőték eltűntek a díszállatpiacról. Magyarországi előfordulásáról nem tudunk. Érdekesség, hogy bőre mérgező váladékot termel. Ragadozó állat, főleg rovarlárvákat, férgeket, alsóbbrendű állatokat zsákmányol. Mint a legtöbb kétéltű, bőrlégzésre is képes – éppen ezért veszélyes a kétéltűek többségére a kültakarón elszaporodó gombabetegség, mely még a hatékony légzését is gátolja az állatoknak.

Jaguársügér

(*Parachromis managuensis*; Günther, 1867)

A jaguársügér Közép-Amerikában, Honduras és Costa Rica folyóiban és tavaiban fordul elő. A bölcsőszájú halfélék családjának tagja, bár szájköltés nem jellemzi. Ikráit kemény alapzatra, például sziklákra helyezi, melyeket mindkét szülő őriz, s kikelt ivadékaikra is vigyáznak. Éppen ezért szaporodásmódjuk hatékony, összehasonlítva sok más halfajjal, utódaik viszonylag nagy számban érik meg a felnőttkort. Egyszerre nem ritka az akár 5.000 ikra lerakása sem, de a rekord 10.000 fölötti.

A jaguársügér akár 55 cm-esre és 1,6 kg-osra is megnőhet. Szájában hegyes fogak sorakoznak – ragadozó hal. Agresszív, területvédő, más sügérfélékkel szemben kifejezetten territoriálisan viselkedik. Mivel trópusi elterjedésű, a mi klímánkon tartósan megtelepedni nem képes, a szakirodalom 25-36 °C közötti hőmérséklet-tartományt ad meg számára optimálisnak. Alkalmazkodóképessége viszont figyelemreméltó.

Magyarországon nagy egyedszámban fordul elő a Hévízi-tó kifolyójában, amely egész évben meleg vizű. Bár megtelepedett idegenhonos faj, inváziósnak jelenleg nem nevezhető, hiszen a hűvös időt tartósan nem éli túl. Aggasztó azonban, hogy több más amerikai sügérfaj is kikerült a hévízi kifolyóba, ahol hibridizálódni kezdtek, ez felveti a kockázatát annak, hogy egyre alacsonyabb hőmérsékletet is elviseljenek. Territoriális és ragadozó természete megmutatkozik abban is, hogy a korábban betelepített idegenhonos fajokat is elkezdte megritkítani, kiszorítani Hévízről. További kockázat, hogy rendelkezhet ismeretlen parazitákkal, amelyek átterjedhetnek a hazai halakra. Tartása és tenyésztése nem ütközik törvényi korlátokba, szabadon beszerezhető. Sokan felelőtlenül vásárolják meg mutatós, fiatal példányaikat, melyek később kinövik az akváriumot, területvédők lesznek és sajnos gyakran fordul elő, hogy ezeket a példányokat szabadon eresztik.

	Eredeti élőhely	Hazai előfordulás	Milyen veszélyforrásokat jelent?	Milyen a helyzete, mint hobbiállat?	Törvényi korlátozás
Almacsiga					
Vörös mocsárrák					
Jaguársügér					
Kínai tűzhasú gőte					
Közönséges ékszerteknős					

	Eredeti élőhely	Hazai előfordulás	Milyen veszélyforrásokat jelent?	Milyen a helyzete, mint hobbiállat?	Törvényi korlátozás
Almacsiga					
Vörös mocsárrák					
Jaguársügér					
Kínai tűzhasú gőte					
Közönséges ékszerteknős					

Folyami ökológiai felmérés					Csoporttagok:		
folyó:							
Készült a SZIE Halgazdálkodási Tanszék tiziábú rák, halbiológiai és herpetológiai monitoring célú folyami ökológiai felmérőlapja alapján		**helyszín**		**település**		**környj. jellemzők**	
		élőhely típusa		**dátum**		napsütés	0 / 1 / 2 / 3
		helyszín felső pont (É)		**napszak**		szél	0 / 1 / 2 / 3
		helyszín felső pont (K)				csapadék	0 / 1 / 2 / 3
		helyszín alsó pont (É)		**part**	közép / jobb / bal	lev. T (ºC)	
		helyszín alsó pont (K)		**vízáramlás**	0 / 1 / 2 / 3	**víz jellemzők**	
		szakasz				víz T (ºC)	
		szakasz hossza (m)		**morf.st. gy.**		pH	
		meder szélesség (m)		depozíciós part	0 / < 30 / < 70 / > 70	vezetőkép.	
		vízmélység (m)		erozíciós part	0 / < 30 / < 70 / > 70	oldott O_2	
		mederanyag		zátony	0 / < 30 / < 70 / > 70		
		iszap	0 / < 30 / < 70 / > 70	kövezés	0 / < 30 / < 70 / > 70	**halászat**	
		homok	0 / < 30 / < 70 / > 70	**uszadékfa**	0 / < 30 / < 70 / > 70	mód	
		kavics *(2-20 mm)*	0 / < 30 / < 70 / > 70	**növényzet**	hínár / lebegő	kezdés	
		durva kavics	0 / < 30 / < 70 / > 70		sás, nád / szf.	befejezés	
		szikla, kőtömb	0 / < 30 / < 70 / > 70	borítás	0 / < 30 / < 70 / > 70		
		agyag	0 / < 30 / < 70 / > 70	**behajló fa**	0 / < 30 / < 70 / > 70		
		FOGÁSI ADATOK					
	sorszám	**faj neve**	ivar	hossz (mm)	tömeg (g)	megjegyzés	

Tízlábú rák boncolása

1) Párosítsd a helyes betűjelet a megfelelő állításhoz!

A, Rákok B, Rovarok C, Mindkettő D, Egyik sem

Csápmiriggyel rendelkeznek. _____

Kiválasztó szerveik a Malpighi-csövek. _____

Lábaik ízekből állnak. _____

Szívük egy kamrából és két pitvarból áll. _____

Kültakarójukba mészsók nagy mennyiségben beépülnek. _____

Van fajuk, amely valamelyik életszakaszában kopoltyúval lélegzik. ____

Összetett szemük van. _____

Testük előtestre és utótestre tagolható. _____

Középbéli mirigyük van. _____

Ide tartozik a vízibolha. _____

Ide tartozik a vízipók. _____

Ide tartozik a vízi skorpió. _____

2) Válaszolj röviden a kérdésekre!

Hogy nevezzük a rákok testfolyadékának kék színét adó fehérjét? _____

Sorold fel az őshonos (3 faj) tízlábú rákokat! _____

Hogy nevezzük a tízlábú rákok szájszervét? _____

Hogyan jelenik meg az ivadékgondozás a tízlábú rákoknál? _____

Mit gondolsz, miért fogyasztják el a rákok a levedlett páncéljukat? _____

3) A jelzőrák egy inváziós, Észak-Amerikából származó tízlábú rák, mely meghonosodott Európában is. Milyen ökológiai veszélyekkel jár az inváziós fajok térnyerése? Tudod-e, hogy a jelzőrák miért veszélyezteti őshonos rákjainkat?

_____

_____

_____

_____

Feladat: Jelzőrák boncolása

Eszközök, anyagok: bonctálca, bonctű, boncolló, csipesz, törlő papír, gumikesztyű, jelzőrák

A kísérlet menete: Figyelmesen hallgasd végig a balesetvédelmi tudnivalókat! A boncolás során kövesd a szaktanár utasításait!

A jelzőrák idegenhonos, invazív faj, nem védett, törvényi oltalom nem tiltja felboncolását!

A boncolás elvégzése után válaszolj az alábbi kérdésekre!

Hogyan állapítod meg a rák ivarát? _____

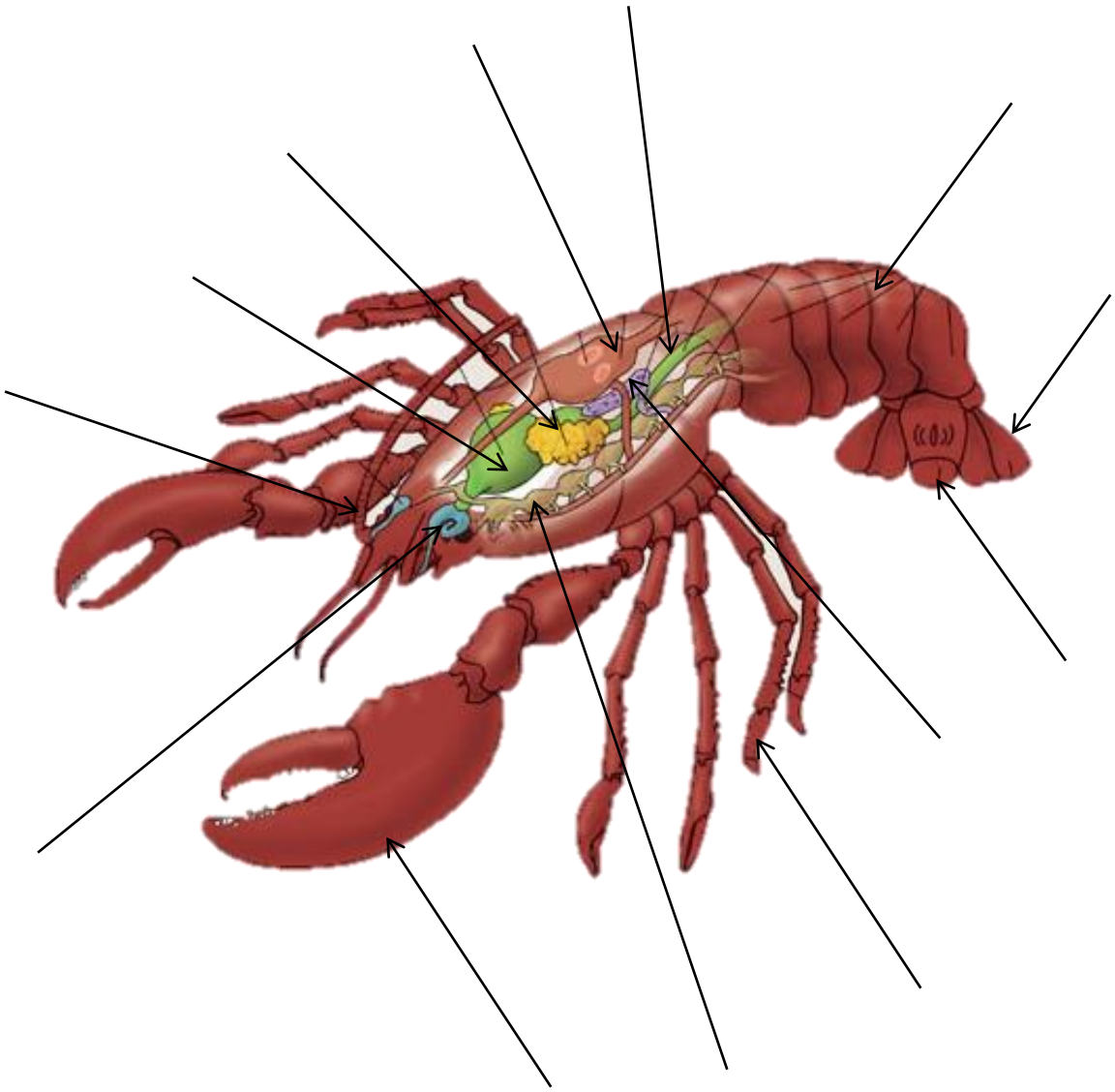
Milyen idegrendszerrel rendelkeznek a tízlábú rákok? Mi a központja idegrendszerüknek? _____

_____

Hogy néz ki és milyen szerepet tölt be a középbéli mirigy? _____

_____

Nevezd meg a jelzőrák nyilakkal jelölt testrészeit, szerveit!



4. melléklet: A kecskerák, a kövi rák és az idegenhonos fajok részletes jellemzése

Kecskerák (*Pontastacus leptodactylus*; Eschscholtz, 1823)

Jellemzés:

A kecskerákok jellemzően sárgásbarna, bézs színű állatok, de ez a sötétebb barnától a zöldes árnyalatokig változhat. Jellemző kifejlett kori testhosszuk 150 mm (http27), de ez néha akár a 180 mm-t is elérheti. Maximális testtömegük kicsivel haladja meg a 200 grammot (Lukhaup & Pekny, 2008a). Ha rápillantunk egy kecskerákra, az első legszembetűnőbb bélyeg a másik két hazai fajhoz képest a vékony, megnyúlt ollók jelenléte, melyek a nőstényeknél valamivel rövidebbek ugyan, mint a hím példányoknál, de így is kiváló ismertetőjelnek számítanak. A hátpajzson a szemek mögött a folyami rákhoz hasonlóan 2-2 postorbitális kitinlécet találunk. A félkörívben futó nyaki barázda vége fogazott, s a carapaxot is sok apró kitintüske borítja (Farkas et al., 2013).

Több ritka színváltozata is létezik a fajnak: vannak egészen sárgás, rózsaszínes-lazacvörös, valamint világoskék példányai is, de természetesen ezek a színváltozatok meglehetősen ritkán fordulnak elő (Lukhaup & Pekny, 2008a).

Rendszerezése mindmáig kissé vitatott: jelenleg a Pontastacus nembe sorolják (korábban az Astacus-fajok közé tartozott), egyfajta fajkomplexként tartják számon. Ezelőtt négy alfaját írták le, még *Astacus leptodactylus eichwaldi, A. l. cubanicus, A. l. salinus* és *A. l. leptodactylus* elnevezések alatt. A Pontastacus genust az 1970-es években állították fel, majd az 1980-as és 1990-es években több átsorolás is történt (Gherardi & Souty-Grosset, 2017). Ma a fent nevezett alfajokat a Pontastacus nem önálló fajaiként fogadják el: *Pontastacus leptodactylus, P. eichwaldi, P. cubanicus, P. salinus* néven. A Pontastacus genus további öt fajt foglal még magába (*P. danubialis, P. daucinus, P. kessleri, P. pachypus, P. pylzowi*) (http28).

Elterjedése:

Pontokaszpi elterjedésű faj, Kárpát-medencei megjelenésének ideje ismeretlen (Farkas et al., 2013). Ázsián belül őshonos Grúziában, Kazahsztánban, Türkmenisztánban, Iránban és Törökországban. Európában is számos ország természetes faunaeleme, köztük: Oroszország, Fehéroroszország, Bulgária, Horvátország, Görögország, Románia, Ukrajna,

Magyarország, Szlovákia és Ausztria (http27). Jól látható, hogy kelet – nyugat irányú terjedés jellemzi a fajt, és a Kárpát-medencében éri el elterjedési területének nyugati határát. A Magyarország – Ausztria – Szlovákia hármastól északabbra és/vagy nyugatabbra fekvő európai országokban betelepítettnek tekintik. Ilyenformán meghonosodott Csehországban, Belgiumban, Dániában, Hollandiában, Franciaországban, Németországban, Svájcban, Olaszországban, Lengyelországban, Lettországban, Litvániában, Finnországban, valamint Spanyolországban is. Az Egyesült Királyságban egyenesen inváziós fajnak számít (http27).

Élőhelyek tekintetében leginkább az alföldi tájegységek vizeit keresi, lassú folyású folyókban és állóvizekben más Decapodákhoz képest gyakorinak számít. Egykor a Balatonban kifejezetten nagy egyedszámban fordult elő, bányatavakban sem elképzelhetetlen felbukkanása (Farkas et al., 2013). Érdekessége, hogy brakkvizekben is meg tud élni: folyótorkolatokban, lagúnákban is fellelhető. A maximális sótűrő képessége 21 ppt (Gherardi & Souty-Grosset, 2017).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Sok más tízlábú rákfajhoz képest nagyfokú tűrőképesség jellemzi, a magasabb hőmérsékletet és az alacsonyabb oxigénkoncentrációt is képes elviselni (Hoitsy, 2017, Puky et al., 2005, Baensch & Evers, 2004). A már említett sótűrő képességét érdemes megvizsgálni a faj ökológiája szempontjából is. Remek alkalmazkodóképességét bizonyítja, hogy a félsós vízből közvetlenül édesvízbe áthelyezhető, anélkül, hogy számottevő károsodás érné (Gherardi & Souty-Grosset, 2017). A tenger közeli állományok szaporodásbiológiájára azonban hatással van a sótartalom: minél magasabb az oldott nátrium-klorid mennyisége, annál nehézkesebb a peterakás és az ivadékfejlődés, melyek sikerességéhez inkább édesvízre van szükség (Gherardi & Souty-Grosset, 2017).

Mindenevő faj, de a különböző tápanyagforrások közül az állati eredetű a jelentősebb, kiváltképp fiatal korban (Gherardi & Souty-Grosset, 2017). Más európai fajokkal összehasonlítva intenzívebben vadászik halakra (Baensch & Evers, 2004). Elsősorban ugyan éjszakai állat, de nappal sokkal gyakrabban előmerészkedik, mint a folyami rák (*Astacus astacus*), amelyhez képest egyedfejlődése is gyorsabb. Mivel mind tápanyagforrásban, mind alkalmas élőhelyek, búvóhelyek tekintetében egymással versengő fajokról van szó, a kompetícióból általában a kecskerák kerül ki győztesen (Farkas et al.,

2013, Gherardi & Souty-Grosset, 2017). Maga is fontos prédaállat, a Balatonban például az egykor telepített angolnák számára ideális táplálékul szolgált.

Szaporodás:

A többi Decapodához hasonlóan közvetlen fejlődésű, belső megtermékenyítést követően petékkel szaporodó állatok. A párzásra októberben vagy novemberben kerül sor, amikor a víz hőmérséklete 10-12 °C alá hűlik (Lukhaup & Pekny, 2008a). A nőstények ivarérettségüket 3-5 éves korukra érik el, kb. 7,5-8 cm-es testhossz mellett. Petéik 2,2-3,3 mm átmérőjűek. Élettartamuk körülbelül 10 évre tehető (http27). Termékenysége meghaladja a folyami rákét (Gherardi & Souty-Grosset, 2017, Hoitsy, 2017).

Populációs trendek, természetvédelmi helyzet:

Az IUCN Vörös Listáján, mint nem fenyegetett (least concern) fajt tartják számon. Magyarországon azonban a nemes rákhoz hasonlóan törvényes oltalomban részesül, védett, eszmei értéke 50.000 Ft (Hoitsy, 2017).

Történeti távlatokban tekintve a faj egyedszáma csökkenő tendenciájú. A vízszennyezés, környezet-átalakítás nagyon rossz hatással volt a kecskerákokra, ami elősegítette megritkulásukat (Farkas et al., 2013, Gherardi & Souty-Grosset, 2017). Ennél még számottevőbb problémát jelentenek esetében is az inváziós fajok, kitüntetett figyelemmel a cifrarákra (*Faxonius limosus*) és jelzőrákra (*Pacifastacus leniusculus*). Erős kompetítorként képesek kiszorítani a kecskerákokat, továbbá terjesztik a rákpestis kórokozóját (*Aphanomyces astaci*), mely egyebek mellett a magyar és a török állományokra is nagy csapást mért (Gherardi & Souty-Grosset, 2017). A degradáció okozta stressz, a túlhalászat (mint étkezési fajt), a vízpartok erodálódása, a peszticidszennyezés és szennyvízterhelés is mind megjelenik a fenyegető tényezők között (Gherardi & Souty-Grosset, 2017). Üzbegisztánban, Oroszországban védelem alatt áll, Törökországban részlegesen (szaporodási időszakban). A nyugat-európai országokban is számottevő a hanyatlása, viszont mivel a legtöbb helyen nem számít őshonosnak, komolyabb törvényi oltalomban sem részesül (Gherardi & Souty-Grosset, 2017).

A Puky és mtsai által végzett 2005-ös felmérés az ország területét lefedő kvadránsok 39 %-ában találta meg a fajt. Rendelkezik állománnyal a Fertő-tó környékén, de legnagyobb hazai élőhelyei az alföldi folyókban, illetve a Dunántúlon a Duna folyása mentén helyezkednek el. A Balatonban egykor kimondottan gyakorinak számított, de az

európai angolna (*Anguilla anguilla*) betelepítése az 1960-as évekre a kecskerák kiveszését okozta (Puky et al., 2005).

A 2000-res évek előtt, sőt, egészen 2010-ig még a Tisza főmedre is fontos élőhelye volt a fajnak, de a későbbi felmérések során megállapíthatóvá vált, hogy a főmederben megritkult, és leginkább a mellékfolyókba, felsőbb folyásszakaszokra, csatornákba húzódott vissza (pl.: Körösök) (Ludányi et al., 2016). E 2016-os vizsgálatban Ludányi és mtsai kimutatták, hogy a kecskerák öt fogási helyen együtt él az inváziós cifrarákkal (*Faxonius limosus*), de három helyen már megfigyelhető volt, hogy a cifrarák kiszorítja élőhelyéről a kecskerákot (Ludányi et al., 2016).

Kövi rák (*Austropotamobius torrentium*; von Paula Schrank, 1803)

Jellemzés:

A legkisebb termetű faj a hazai Decapodák között. Páncéljának színezete a világosabb árnyalatú barnától az olajzöldes barnáig terjed, hasoldala sárgásszürke. Ollóinak alsó fele piszkosfehér. Extrém ritkán halványkék és narancsos színezetű példányai is előfordulnak, utóbbiból a szakirodalom szerint 2 példányt találtak mindeddig (Lukhaup & Pekny, 2008a).

Megjelenése bár emlékeztet a folyami rákéra, mérete, ollójának formája első pillantásra megkülönbözteti, akárcsak az, hogy 2 helyett mindössze 1 postorbitális kitinléc található a hátpajzs szemek mögötti területén. A rostrum nem rendelkezik éllel és a nyaki barázda végén sincsenek kitinfogak (Farkas et al., 2013). Kifejlett kori testmérete jellemzően 80-120 mm (Farkas et al., 2013), de a nőstény egyedekre inkább a 60-90 mm-es mérettartomány jellemző (Füreder et al., 2010b).

Három leírt és elfogadott alfajjal rendelkezik: *Austropotamobius torrentium danubicus, A. t. macedonicus, A. t. torrentium* (http29). A nemzetségbe további három faj tartozik (*Austropotamobius bihariensis, A. fulcisianus* és *A. pallipes*) (http30), melyek közül az utóbbi, az *A. pallipes* (magyar nevén csókarák) egy – már 2010-ben is – veszélyeztetett besorolású faj, melynek állományai csökkenő tendenciájúak elsősorban a rákpestis és két inváziós rákfaj (*Pacifastacus leniusculus, Procambarus clarkii*) miatt (Füreder et al., 2010a).

Elterjedése:

Kifejezetten közép-európai elterjedésű faj. Feltehetőleg a ma élő közép-európai Decapodák legősibb leszármazású képviselője, ami meghódította az itteni édesvizeket (Lukhaup & Pekny, 2008a). Elterjedésének keleti határát Törökország jelenti, innen nyugati irányultságban megtalálható Albániában, Bosznia és Hercegovinában, Bulgáriában, Horvátországban, Romániában, Szerbiában, Észak-Macedóniában, Görögországban, Montenegróban, Szlovéniában, Olaszországban, északabbra haladva pedig Magyarországon át Ausztriában, Szlovákiában, Csehországban, majd pedig eléri elterjedésének nyugati határát Németország, Svájc és Franciaország területén (Füreder et al., 2010b).

Kimondottan kavicsos-köves medrű, jellemzően gyors folyású hegyi patakok lakója, általában hegyvidékeken, erdős területek vízfolyásaiban fordul elő.

Magyarországon főleg a Visegrádi-hegységből, a Börzsönyből és a Kőszegi-hegységből ismerjük (Farkas et al., 2013). Ezen túlmenően néhány szórványos előfordulási adat rendelkezésre áll, például a Soproni-hegységből, a Pilisből, a Rakaca-patakból és a Zirchez közeli kardosréti vízfolyásból. A kövi rák az Aggteleki-karszt területéről kipusztult (Kovács et al., 2005).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Három őshonos tízlábú rákunk közül messze a kövi rák a legérzékenyebb a környezeti tényezőkkel szemben. Kizárólag a tiszta vizű, oxigéndús és hűvös, kavicsos medrű patakok lakója. Ez alkalmas élőhelyeit szűken behatárolja, s egyben még nagyobb fenyegetettségnek teszi ki a fajt, hiszen a kevés számára optimális élőhely szennyezése, degradációja vagy invazív faj megtelepedése súlyos csapást mérhet az amúgy sem túl stabil lábakon álló állományára. Leginkább a felső folyásvidékek lakója.

Hőmérséklet-igényét tekintve a nyári minimum el kell, hogy érje a 8 °C-t, viszont nem haladhatja meg a 23 °C-os vízhőmérsékletet (Lukhaup & Pekny, 2008a). Az optimumérték 14 °C alatti, de lemehet egészen 4 °C-ig. Akváriumi megfigyelések alapján gondozása 16 °C fölött már gyakran problémás (Baensch & Evers, 2004). A szennyezésekre és oxigénhiányra fokozottan érzékeny faj. A magas oldott kalciumion ($Ca^{2+}_{(aq.)}$) tartalmú vizeket kedveli, melyre az egészséges páncélépítéshez szüksége van (Baensch & Evers, 2004).

Napközben leginkább a sziklákból, kőtörmelékből álló búvóhelyén, repedésekben pihen. Territoriális állatok, gyakran verekednek, ami akár az ollóik elvesztésével is járhat, amelyek csak későbbi vedlések alkalmával nőnek vissza (Kriska, 2004). Elsősorban ragadozó életmódot folytat: rovarlárvákkal, férgekkel, bolharákokkal táplálkozik (Kriska, 2004).

Szaporodás:

A nőstények ivarérettségüket kb. 4,61 cm-es testhossznál érik el (Füreder et al., 2010b). Ahogy a rokon fajoknál, a párzás náluk is október-november során történik meg, a belső megtermékenyítést követően a nőstény potrohlábain cipeli petéit (Lukhaup & Pekny, 2008a). Ez novembertől egészen nyárig (június közepéig) zajlik. Az egy nőstény által hordozott peték számát tekintve egyes tanulmányok Németországban átlagosan 40-70 petét találtak, Ausztriában a maximum 86 volt, míg Horvátországban 104 (Maguire et al., 2002), egy hét évvel későbbi felmérésben 117 petét számoltak (Maguire et al., 2009). A 2002-es vizsgálatokban a horvátországi átlagérték 53,56 pete volt, és megállapították, hogy minél kisebbek a nőstények, annál kevesebb petét tudnak sikeresen kikelésig őrizni (Maguire et al., 2002, Weiperth et al., 2020a).

Populációs trendek, természetvédelmi helyzet:

Az IUCN Vörös Listáján a legutolsó státuszértékelés 2010-ben történt, ekkor adathiányosnak (data deficient) nyilvánították a fajt, azzal az indokkal, hogy populációs egyedszámának csökkenése, annak mértéke még nem lett számszerűsítve. A faj elterjedési területe aránylag szélesnek tekinthető, viszont mindenütt fokozatos csökkenés tapasztalható. Érdekesség, hogy 1996-ban sebezhetőnek nyilvánították (Füreder et al., 2010b), s az azóta romló környezeti és inváziobiológiai feltételek vélhetően nem segítették elő a gyarapodást (Kovács et al., 2005).

A faj gyakoriságának súlypontja Ausztria és Németország területére esik (Füreder et al., 2010b). Pöckl 1999-ben vizsgálta az Ausztriában őshonos és behurcolt Decapodák elterjedését, a három őshonos fajukból (*Astacus astacus, Austropotamobius pallipes, Austropotamobius torrentium*) messze a kövi rák volt a leggyakoribb, 534 mintavételi helyszínen sikerült kimutatni. Összevetve az összes őshonos és idegenhonos rákfajt, az észlelések mintegy 46 %-át a kövi rák tette ki (Pöckl, 1999).

Az érdekes különbség, összevetve hazánk és a szomszédos ország kövi rák populációját, vélhetően a földrajzi adottságokból fakad. A kövi rák Ausztriában is inkább a hegyvidéki patakok, erdei csermelyek lakója, s mivel Ausztria gazdag a hegyvidékekben, sokkal több az alkalmas élőhely számára, mint Magyarországon. Ellenben az inkább síkvidéki vizekben élő folyami rák és kecskerák (amely Ausztriában már idegenhonosnak számít, 1981-ben telepítették be a megfogyatkozó folyami rák pótlására (Pöckl, 1999)) nálunk számít sokkal gyakoribb fajnak. A hazai elterjedést Ludányi és munkatársai is vizsgálták, 2015-ben, amikor mindösszesen három helyről (Börzsöny, Visegrádi-hegység, Kőszegi-hegység) tudták kimutatni a fajt (Ludányi et al., 2016).

A kövi rák Magyarországon törvényi oltalomban részesül, a másik két fajhoz hasonlóan 50.000 Ft-os eszmei értékkel (Hoitsy, 2017).

Cifrarák (*Faxonius limosus*; Rafinesque, 1817)

Jellemzés:

Alig 10 cm-es testhosszt elérő, viszonylag kisméretű ollókkal bíró faj, az ollóméretben megjelenő ivari dimorfizmus csekély (Lukhaup & Pekny, 2008a). Sárgásbarna alapszínnel rendelkezik. Potrohán keresztsávokat láthatunk, melyek jellemzően bíbor – barnásvörös színezetűek. Ez egyértelműen megkülönbözteti őt minden európai Decapodától, illetve magyar elnevezéséül is ez szolgált (Farkas et al., 2013). Ollóinak hegye narancsvörös színű, amelyet egy kis kiterjedésű, kékes-feketés árnyalatú terület követ (Lukhaup & Pekny, 2008a). A nemek elsősorban a hímek párzószervvé módosult hasi függelékeiről ismerhetőek fel (http31).

Szintén az Astacoidea öregcsalád tagja, de családszinten már elkülönül a főleg eurázsiai elterjedésű Astacidae csalától; a cifrarák a fajokban gazdag, főleg amerikai elterjedésű taxonokat magába foglaló Cambaridae család tagja. A Faxonius nembe rajta kívül további 90 fajt sorolunk (http32). Számos szakirodalom még *Orconectes limosus* néven említi, amely hosszú időn át volt elfogadott tudományos neve (mígnem 2017-ben a Faxonius genusba sorolták át (http31)), ma szinonimának számít, akárcsak az *Astacus limosus, Astacus affinis* és *Cambarus pealei* nevek (http33).

Alfajai nincsenek.

Elterjedés:

Észak-amerikai elterjedésű faj, Kanadában és az Amerikai Egyesült Államokban fordul elő (Adams et al., 2010), egyebek mellett Connecticut, Delaware, Maryland, Massachusetts, New York, Pennsylvania, Vermont és Virginia államok területén gyakori (Lukhaup & Pekny, 2008a). Élőhelye főleg a kontinens atlanti oldalán terül el, legnagyobb részt a Delaware folyó vízgyűjtőjében. Az, hogy Kanadában őshonos volt-e, vagy természetes úton terjedt, vitatják (http31). Elsősorban tavak és nagyobb folyók lakója, ahol a vízáramlás nem túl intenzív (Lukhaup & Pekny, 2008a).

Környezeti jellemzők, ökológia:

A tízlábú rákok között tágtűrésű fajnak számít: a vízszennyezést, szárazabb időszakokat, alacsony hőmérsékletet is jól bírják (Boucher & Elgin, 2022). Iszapos aljzat mellett, zavaros vízben is gyakran találkozni velük (http31). Mindez kiválóan alkalmassá teszi arra, hogy potens inváziós faj legyen az európai vizekben. Hőmérsékletigénye 4 és 25 °C közötti (Baensch & Evers, 2004), és leginkább a kissé lúgos kémhatást kedveli (7,5-8,5 pH) (Lukhaup & Pekny, 2014). Félsós vízben is képes megélni, 0,3 – 0,7 %-os sótartalom mellett a peteérés gyakorlatilag 100 %-os, a fiatalok mortalitása viszont nagyobb, mint édesvízben (Jaszczolt & Szaniawska, 2011).

Mindenevő faj, növényi törmeléket és állati eredetű tápanyagot is fogyaszt. Ha nem áll rendelkezésre elegendő mennyiségű fehérjeforrás, akváriumi megfigyelések alapján agresszívvé válnak, nem ritka a kannibalizmus sem (Lukhaup & Pekny, 2008b). Halakra is vadászhat (Baensch & Evers, 2004). Természetes élőhelyén és Európában is számos ellensége van, amelyeknek fontos prédaállata, ilyen egyebek mellett az angolna (*Anguilla anguilla*), a csuka (*Esox lucius*), a ponty (*Cyprinus carpio*), a menyhal (*Lota lota*), a szárcsa (*Fulica atra*), a nagy kárókatona (*Phalacrocorax carbo*), az európai vidra (*Lutra lutra*) és az amerikai nyérc (*Neovison vison*) (http31).

Az őszi csökkenő hőmérséklet hatására következik be a párzás, a kopuláció extrém esetben akár egy napon át is tarthat (Lukhaup & Pekny, 2014). A peték hónapokkal később jelennek meg, néha csak áprilisban, viszont az egyre emelkedő hőmérséklet hatására fejlődésük felgyorsul (Lukhaup & Pekny, 2014). Ebben az esetben a nőstények a spermiumokat elraktározzák, viszont a párzásra tavasszal is sor kerülhet. Átlagosan 50-300 petét raknak, amelyek kikeléséhez jellemzően 40-50 napra van szükség. Májustól októberig a legaktívabbak (http31). Jég alól is fogtak már be aktív cifrarákot (Baldry,

2007). Várható kifejlett kori élettartama 2-4 év, jellemzően két éves korukra válnak ivaréretté (http31). Nappal is aktív, kevésbé rejtőzködő (Lukhaup & Pekny, 2008b). Képes hibridizálni a *Faxonius propinquus*-szal (http31). Gyors szaporodásában számottevően közrejátszik, hogy parthenogenezissel (szűznemzéssel) is képes szaporodni (Borza et al., 2016).

Behurcolás, invázióbiológiai adatok:

Európa legelső behurcolt és sikeresen megtelepedett idegenhonos Decapodája (Borza et al., 2016). Európába 1890-ben érkezett meg, Lengyelországba importálták, hogy a súlyosan megritkult folyami rák állományát pótolják (http31). Később több európai országba is betelepítették hasonló, akvakultúrás okokból: Németországba (1895), Franciaországba (1896-ban sikertelenül, 1911-13 során sikeresen), Magyarországra (1959) és Ausztriába (1969) is (http31). Ausztriában 7.000 példányát engedték szabadon, javarészt tavakban, de mivel kiderült, hogy étkezés terén élvezeti értéke csekély, nem követték későbbi telepítések az eseményt (Pöckl, 1999).

Terjedése folyamatosan megfigyelhető az összeköttetésben álló vizek által: Lengyelország felől megjelent Fehéroroszországban és Litvániában az 1990-es évek során, ahonnan 2010-re már Oroszországot is elérte, Magyarország felől Horvátországban (2003), Szerbia (2002) irányából Romániában (2008) (http31). További európai országok, ahol fellelhető: Belgium (1977), Bulgária (2015) (Trichkova et al., 2015, http31), Csehország, Észtország (2017), Olaszország, Lettország, Luxemburg (1978), Montenegró, Hollandia, Szlovákia (2007), Szlovénia (2015), Spanyolország (2010), Svájc (1976) és az Egyesült Királyság (1995). Európán kívül 1988-ban Marokkóba is betelepítették (Holdich et al., 2009, http31).

Magyarországon természetes vízből Thuránszky és Forró 1987-es publikációja említi először, 1985-ben találták meg (Kovács et al., 2005). Korábban a Dunából nem volt ismert a faj jelenléte (Pöckl, 1999). 2005-ben Puky és munkatársai már arról számolnak be, hogy a Dunában egyre gyakoribb, állományai terjeszkednek és mellékfolyókat is meghódítottak (Sződrákos-patak, Sió-csatorna) (Puky et al., 2005). Kovács és munkatársai később az Ipolyban és számos csatornában (Csorna-Foktői, Duna-völgyi, Kiskunsági és Maloméri) bizonyították jelenlétét (Kovács et al., 2005). A 2000-res évek második felében megjelent a Tiszában, majd a Marosból, Zagyvából és a Körösökből is leírták, s a Balatonban is terjed (Borza et al., 2016). 2019-ben a Mosoni-Dunából (Vének, Győr) is

kerültek elő példányai (Liziczai et al., 2020). Terjedése ijesztően gyors, hiszen 2005 előtt még csak szórványos előfordulásait ismerték, bő 15 év alatt vizeink jelentős részét kolonizálta. Ma a leggyakoribb idegenhonos Decapoda-faj Magyarországon (Ludányi et al., 2016).

Terjedése több szempontból is aggasztó. Egyrészt, terjesztője a rákpestis (*Aphanomyces astaci*) kórokozójának. A rákpestisre az észak-amerikai rákok nem érzékenyek, az európai fajokra (főképp az Astacidae család tagjaira) nézve viszont igen magas a mortalitása, akár egész folyók állományai eltűnhetnek (Bower, 2012). Az észak-amerikai rákok körében a fertőzöttség magas, viszont mivel megfigyelték több helyen a cifrarák együttélését folyami rákkal, kecskerákkal (Ludányi et al., 2016), bizonyos idegenhonos állományok nem fertőzöttek (Borza et al., 2016).

A másik probléma a cifrarák inváziójával kapcsolatban, hogy gyorsan szaporodó és tágtűrésű fajként egy versengésben könnyedén felülkerekedik az őshonos fajokon és képes kiszorítani őket korábbi élőhelyükről. A vízszennyezést és antropogén hatásokat jól tűri, szűznemzésre való képessége is elősegíti mindezt. Megüresedett élőhelyeken kimondottan nagy denzitást érhet el állománya (Borza et al., 2016).

Európai megjelenése szándékos, akvakultúrás célból történő telepítésnek köszönhető, bár ezek jó része zárt tartási körülményt jelentett. Természetes vizekben való megjelenése egyrészt a haltelepítésekkel való véletlen behurcolás (Borza et al., 2016), másrészt horgászok csalijaként való felhasználás (http31) útján lehetséges. Akvarisztikai érdekeltsége csekély, hobbiállatként való tartása nem jellemző (Holdich et al., 2009). Puky bizonyította, hogy a cifrarák képes a víztestek között is mozogni, egyik vizes élőhelyről a másikra szárazon átkelni (Puky, 2014).

<u>Kínai gyapjasollós rák</u> (*Eriocheir sinensis*; H. Milne Edwards, 1853)

<u>Jellemzés</u>:

A kínai gyapjasollós rák a Brachyura (Latreille, 1802) alrendág, vagyis a rövidfarkú rákok csoportjának tagja (Grapsoidea öregcsalád, Varunidae család) (http34), melyeket magyarul gyakran csak tarisznyaráknak nevezünk.

Külsőre egyértelműen és azonnal megkülönböztethető minden más Európába behurcolt Decapodától. Potroha elcsökevényesedett, a fejtor hasi oldala alá hajlik (Farkas

et al., 2013). A carapax legfeljebb 10 cm széles, de ha testátmérőjébe beleszámítjuk lábait, akkor a 25 cm-t is elérheti (Baensch & Evers, 2004). Barna színezetű, ollóit sűrű, gyapjúszerű szőrök borítják, amelyek magyar elnevezését is adta (Farkas et al., 2013).

Elterjedés:

Távol-Keleti elterjedésű, elsősorban Kína partmenti területein honos. Emellett Hong Kong, Tajvan, Makaó, Japán, továbbá Észak- és Dél-Korea vizeiben található meg. Fiatal korában tengerekben, folyótorkolatokban él, a kifejlett példányok viszont édes- és brakkvizekbe vándorolnak. Bár számos tarisznyarák képes akár jelentős időt is szárazon eltölteni, a gyapjasollós rákok idejük java részét vízben töltik (http35).

Környezeti jellemzők, ökológia:

A vízhőmérséklettel, oldott nátrium-klorid koncentrációval szemben nagyon széles tűrőképességet mutat. Az ideális hőmérséklet-tartomány számára 5-25 °C (Baensch & Evers, 2004), de a 4-32 °C-os tartományon belül is életben marad (http35). A vízszennyezéssel szemben mérsékelten toleráns, a nehézfémeket bioakkumulálja (Borza et al., 2016). Eurihalin, katadrom faj.

Mindenevő, növényi és állati táplálékforrást egyaránt fogyaszt: elhalt növényi részeket, tetemeket, detrituszt is, de kisebb halakat képes elejteni, aktívan vadászni (Baensch & Evers, 2004).

A faj biológiája kapcsán szaporodási stratégiája a legérdekesebb. Az édesvízben élő kifejlett példányok nyár végén a folyótorkolatokhoz, lagúnákhoz vándorolnak, s ekkor válnak ivaréretté. A párzást követően a nőstények benyomulnak a tengerekbe, mélyebb vizekben áttelelnek. Tavasszal a peték kifejlődése jellemzően a tengerben vagy brakkvízben történik, a lárvák is itt kelnek ki, s csak fejlődésük későbbi stádiumában (kb. egy évesen (Baensch & Evers, 2004)) vándorolnak vissza az édesvízbe. Egy nőstény akár egy millió petét is rakhat. Szemelpár szaporodási stratégiájúak, vagyis egyszer párosodnak, az utódok létrehozása után elpusztulnak, viszont élettartamuk akár 5 évre is elnyúlhat (http35). Első lárvaállapota (zoëa) még litorikus, második lárvaállapota (megalopa) nyílt vízi, planktonikus (Farkas et al., 2013).

Köztesgazdája egy emberre is veszélyes tüdőparazitának (*Paragonimus westermani*), de behurcolása nem fenyeget a betegség terjedésével, mivel a többi

gazdaszervezet az európai faunából hiányzik (Borza et al., 2016). Mindenesetre kerülendő a gyapjasollós rákok nem kellően hőkezelt húsának fogyasztása (http35).

Behurcolás, inváziobiológiai adatok:

Európában először Németországban bukkant fel, 1912-ben (http35). A behurcolás elsőszámú forrása a hajók ballasztvize, amellyel a pelágikus lárvákat is felveszik (Borza et al., 2016). A tengeri partvidékek mentén nagyon gyors terjedésre képes (évente akár 562 km-t is) (Borza et al., 2016), az Atlanti-óceán és a Balti-, Északi-, Fekete-, Földközi- valamint Kaszpi-tenger menti országokban, beléjük ömlő folyókban kimutatták jelenlétét (Borza et al., 2016).

Németország mellett az alábbi európai országokban észlelték már (zárójelben az első észlelés éve): Ausztria, Csehország (1926), Finnország, Írország, Olaszország, Lettország (1932), Litvánia, Moldova, Norvégia, Portugália (1988), Románia, Szerbia, Spanyolország (1997), Svédország, Svájc (1930) és Ukrajna (http35). Kifejezetten inváziós fajként tartja számon Belgium, Dánia (1930), Észtország, Franciaország (1960), Hollandia, Lengyelország, Oroszország és az Egyesült Királyság (1935) (http35). Az Amerikai Egyesült Államokba szintén betelepítették, már 1965-ből vannak erre utaló adatok, de nem sokkal később Kanadába is eljutott. Ausztráliában már 1911-ben meghonosodott.

Magyarországon első példányát a Duna budapesti szakaszán (a fővárostól valamivel délre) 2003 novemberében gyűjtötték be (bár dunai halászok már a ’90-es évektől beszámoltak tarisznyarák-szerű állatok észleléséről) (Puky et al., 2005). A későbbiek során további három példány került elő eddig Magyarországról (Borza et al., 2016). A hazai megjelenés magyarázata kettős: vagy a Dunán felvándorló példányokról van szó, vagy pedig étkezési célra importált, de szabadon eresztett egyedek formájában kerülhettek a folyó budapesti szakaszára (Borza et al., 2016). Mivel hazánk földrajzilag távol van a tengerektől, csekély a valószínűsége a tartós megtelepedésnek (Borza et al., 2016). Inváziós kockázata azonban kiemelkedő, az egyik legjobban terjedő idegenhonos rákfaj, de szerencsére a hazai piacokon ritkaságszámba megy (Weiperth et al., 2019b).

Európára nézve azonban nagy veszélyt jelent, predációs nyomása, élőhely-átalakító tevékenysége, gyors terjedése és a rákpestis (*Aphanomyces astaci*) hordozóképessége. Járatásása partszakaszok erodálódását, gátak és árvízvédelmi létesítmények károsodását okozhatja. Szerepel a világ 100 legrosszabb inváziós fajának listáján (Borza et al., 2016).

Márványrák (*Procambarus virginalis*; Lyko, 2017)

Jellemzés:

A márványrák tárgyalásakor mindenekelőtt taxonómiai besorolását kell áttekinteni. Hosszú ideig az irodalomban a *Procambarus fallax* (Hagen, 1870) egy elhatárolható formájának tartották, *Procambarus fallax f. virginalis* néven (Lukhaup & Pekny, 2014). Más irodalmi források pusztán egy leíratlan Procambarus fajnak tartották, *Procambarus sp.* névvel (Lukhaup & Pekny, 2008b, Baensch & Evers, 2004). A legfrissebb kutatási eredmények – amelyek genetikai vizsgálatokkal is alátámasztottak – bebizonyították, hogy önálló fajról van szó, amit Lyko 2017-ben írt le *Procambarus virginalis* névvel (Lyko, 2017), mely jelenleg is a faj valid neveként elfogadott (http36). A márványrák az észak-amerikai elterjedésű Cambaridae (Hobbs, 1942) család tagja (Astacoidea öregcsalád), s a Procambarus (Ortmann, 1905) nem rajta kívül még további 170 fajt számlál, amellyel egy kifejezetten fajgazdag (Pasaréti et al., 2006) csoportot alkot (http37).

Fajneve (virginalis) a különleges parthenogenetikus szaporodásmódjára utal. A név félreolvasásából / helytelen írásmódjából („virginialis”) eredeztethető egyik hibás magyar neve: virginiai márványrák (Báldi et al., 2017). Ez azért is téves, hiszen Virginia államban tudomásunk szerint a márványrák nem fordul elő.

80-120 mm-es testhosszt elérő faj, a kisebb-közepesebb termetű Decapodák közé tartozik (Lukhaup & Pekny, 2014). Páncélja főleg barnás árnyalatokat mutat, világosabb alapszínen sötétebb, márványos rajzolattal. Lúgosabb, meszesebb vízben inkább zöldes-barnás árnyalatok jelennek meg rajta, viszont ha savanyúbb kémhatású vízbe helyezzük, helyenként kék rajzolat (például az ollókon) is feltűnhet (Lukhaup & Pekny, 2008b). Színezetét tehát a vízminőség is képes befolyásolni.

A nőstény példányokon jól megfigyelhető a 4. és 5. pár járóláb között a hasi oldalon az ún. annulus ventralis, a spermiumok raktározására kialakult szerv (Baensch & Evers, 2004, http38).

Elterjedés:

A tudományos leírás nehézségét is részben az jelentette, hogy természetes lelőhelyei nem ismertek a fajnak (Lukhaup & Pekny, 2008b, Baensch & Evers, 2004, http38). Sokáig a *P. fallax* változatának tartották csak, és akváriumi állományokból

ismerték (http38). A legvalószínűbb, hogy vad populációi az USA déli részén, Floridában élnek (Lukhaup & Pekny, 2008b, Baensch & Evers, 2004).

Környezeti jellemzők, ökológia:

A faj ökológiáját, környezeti igényeit elsősorban akváriumi megfigyelésekből ismerjük.

Kifejezetten tágtűrésű, a víz kémiai értékeivel szemben kevésbé kényes fajnak bizonyult, amit a betelepítések helyén történt megfigyelések is igazoltak (Lukhaup & Pekny, 2008b, http36). A hőmérsékletigénye meglehetősen tág: 4 °C-tól akár 36 °C-ig is túlél (Lukhaup & Pekny, 2014) (optimuma 10-30 °C (Baensch & Evers, 2004)), ami azt is megmutatja, hogy az alacsonyabb oldott oxigénkoncentrációt is jól tűri. A bomló szerves anyagokra kevésbé érzékeny sok más Decapodához képest, sőt, a savasabb kémhatást is elviseli (6-8,5 pH) (Lukhaup & Pekny, 2014).

Opportunista, mindenevő faj: élő és holt növényi tápanyagforrásokat, algákat, állati tetemeket, gerincteleneket (puhatestűek, rovarlárvák, férgek) és legyengült vagy talajon alvó halakat is egyaránt zsákmányol (Lukhaup & Pekny, 2008b, Baensch & Evers, 2004). Elárasztott ültetvényeken a termés fogyasztásával is okozhat károkat, amit Madagaszkáron inváziós példányok gyomortartalom-vizsgálata igazolt (http36).

A faj szaporodásbiológiája a legszámottevőbb. 2003-ban sikerült bizonyítani, hogy szűznemzéssel (parthenogenezis) szaporodó fajról van szó, a márványrák volt az első tízlábú rák, aminél ez kiderült. Ezt követő vizsgálatok során egyetlen hím példányát sem sikerült azonosítani (akváriumokban tartott állományokról van szó), és hermafroditizmusra utaló bizonyítékot sem találtak (Lukhaup & Pekny, 2008b). Ez a szaporodásmód lehetővé teszi számára, hogy állandó környezeti feltételek mellett rendkívül gyorsan kolonizáljon élőhelyeket. Mindazonáltal nem zárható ki, hogy természetes populációiban hím példányok is előfordulnak legalább csekély egyedszámban, hogy a genetikai variabilitás fennmaradhasson.

Behurcolás, inváziósbiológiai adatok:

A márványrákot az 1990-es évek végén importálták először, Hollandiába (Baensch & Evers, 2004), mint díszállatot. Legelső európai előfordulását 2003-ban bizonyították, amikor a Karlsruhe-közeli eggenstein-leopoldshafeni bányatóból előkerült (Marten et al., 2004). További példányokra bukkantak 2008-ban (Ulm) és 2009-ben (Szászország) is,

majd az első meghonosodott populációt 2010-ben jelentették egy Halle közeli faluból. Ezt követően a Ruhr és Rajna folyókból is kerültek elő példányok (http38). 2004-ben Hollandiában is feltűnt (egy 2003-as, kb. 30 példányt számláló telepítést követően), s ugyanazon leírásban egy további, Magyarországról eddig még nem ismert Procambarus faj (*Procambarus acutus*) befogásáról is beszámolnak (Soes & Rvan, 2006). Olaszországban 2008-ban tűnt fel először, Svédországban 2012-ben (http38), míg Belgiumban 2017-ben, s ezt követően rendszeresen sikerült begyűjteni (Scheers et al., 2021). A világ több más pontján is meghonosították a fajt: Japánban Hokkaidó szigetén (2006), valamint Madagaszkáron (2003) is. Eddigi idegen előfordulási helyei közül messze Madagaszkáron a legjelentősebb az inváziója (Holdich et al., 2009, http38).

Magyarországon először 2015-ben jelezték a márványrák természetbeli előfordulását Balaton-környéki vizekből (megtalálás: 2013, 2014) (Weiperth et al., 2015, Ludányi et al., 2016), Keszthely környékén (Páhoki-övcsatorna) (Weiperth et al., 2015). Később a Hévízi-tóban és kifolyóban is megtalálták, majd pedig a budapesti termálvizű tavakból, kifolyókból és a Rákos-patakból is azonosították (Weiperth et al., 2015). 2018-ban a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer protokollja szerint végzett halfaunisztikai és marogerinctelen-vizsgálat során a Barát-patakból és Dera-patakból is kimutatták a márványrák jelenlétét. A Dera-patakban viszonylag alacsony egyedszámban volt jelen a faj, a Barát-patakban azonban 150 példányt meghaladó mennyiséget gyűjtöttek be. Fontos megemlíteni, hogy a Barát-patak termálbefolyóval rendelkezik (télen is 10 °C körüli hőmérsékletű itt), a márványrákok egyedszáma ehhez közel volt a legnagyobb, viszont a hőszennyezéssel kapcsolatban nem álló Dera-patakból is sikerült begyűjteni példányokat, 4,2 °C-os vízből is (Szendőfi et al., 2018). 2020-as felmérések igazolták jelenlétét már a Gombás-patakból (1 példány) is, a melegvíz-betáplálással rendelkező Városligeti tóból 1113 példányát gyűjtötték be (Weiperth et al., 2019a). További érdekesség, hogy a Barát-patakban egymás mellett négy idegenhonos rákfajt (*Cherax quadricarinatus, Faxonius limosus, Procambarus clarkii, Procambarus virginalis*) is észleltek egy időben, amire korábban Európában még nem volt példa (Szendőfi et al., 2018).

A márványrák tehát jó néhány lokalitáson jelen van már hazánkban. Jelenléte aggasztó, hiszen rendkívül alkalmazkodóképes, jól tolerálja a megváltozó környezeti feltételeket, és ahogy arra a Barát-patak vizsgálatakor fényderült, a különböző idegenhonos rákok a halfauna összetételét is befolyásolják (Szendőfi et al., 2018). Hordozója a

rákpestisnek, amely különösen veszélyes az őshonos Decapodákra (Scheers et al., 2021). A legnagyobb veszélyforrás azonban parthenogenetikus szaporodásmódja, hiszen elég egyetlen példányának természetes vízbe jutnia ahhoz, hogy megtelepedhessen és sokasodhasson. Az európai vizekben való szűznemző szaporodását egyébként genetikai vizsgálatok is alátámasztották, gyakorlatilag egymás klónjai a begyűjtött állatok (Scheers et al., 2021). Weiperth és kollégái által készített kockázatértékelésben valamennyi idegenhonos faj közül a márványrák kapta a legmagasabb veszélyességi értéket (30 pont) (Weiperth et al., 2019b).

A márványrák Európa-szerte akváriumokból került a természetbe, felelőtlen hobbiállat-tartók közreműködésével. Mára Európai Uniós szinten tiltott a márványrák tartása, tenyésztése és kereskedelme is (Weiperth et al., 2019b), aminek hatására jelentősen megcsappant előfordulása akváriumokban (bár helyenként még néhány példányát gondozzák).

Vörös mocsárrák (*Procambarus clarkii*; Girard, 1852)

Jellemzés:

A nagyobb termetű Procambarusok közé tartozik, kifejlett korukra akár a 15 cm-es hosszt is elérhetik, bár gyakran ennél valamivel kisebbek (Lukhaup & Pekny, 2008a). Ennek ellenére Magyarországon fogták már be 25 cm-es példányát is (Weiperth et al., 2020b). A hímek általában nagyobbra nőnek, de karcsúbb alkatúak, mint a nőstények, illetve ollóik is hosszabbak, fejlettebbek (Baensch & Evers, 2004). Az ivarok megkülönböztetése egyszerű: a nőstények a 2. lábpárt követően gonopórusokkal, a hímek viszont a belső megtermékenyítést szolgáló párzólábakkal (gonopódium) rendelkeznek (Bukovácz, 2009). A fiatal példányokra a zöldes árnyalatokkal keveredő szürkés-barnás szín jellemző, a vöröses árnyalatok később jelennek meg (Lukhaup & Pekny, 2008a). A szín erősségében, intenzitásában a vízminőség is szerepet játszik: tiszta vízben sötétebb árnyalatúak (http39). Magyar nevüket az intenzív piros színről kapták, amelyet általában kifejlett korban mutatnak, fiataloknál (illetve származási hely függvényében) gyakran még csak a testfüggelékeken jelenik meg ez a szín (Lukhaup & Pekny, 2008b, Lukhaup & Pekny, 2014, http39).

A vörös színű törzsalakot akváriumokban egyre intenzívebb színekre szelektálták, illetve számos más, ritka színvariánst stabilizáltak. Közéjük tartozik a világos („Bluepearl”) és sötétkék („Blue”) változat, az intenzív narancssárga („Orange”), a hófehér („White”) és a különböző árnyalatokban játszó rózsaszín-lila („Pink”, „Tricolor”). Mindközül talán a legizgalmasabb, a kereskedelmi nevén „szellemrák”-nak („Ghost”) nevezett variáns, amelynek potrohán a kékesfehér és piros színek dominálnak, a fejtor javarészt bíborvörös és barna, míg az ollók töve és első ízei hófehérek, az utolsó íz vége pedig piros (Lukhaup & Pekny, 2008b, Lukhaup & Pekny, 2014).

Tudományos nevét John H. Clark után kapta (Bukovácz, 2009). Egyetlen szinonim neve ismert: *Cambarus clarkii* (http40).

Az akvarista irodalomban nagyon gyakran használt magyar neve a kaliforniai vörösrák (Pasaréti et al., 2006). Ez a név azonban pontatlan, a faj az USA Kalifornia államában nem őshonos, ott inváziós fajnak számít (http39).

Elterjedés:

Észak-amerikai elterjedésű, kizárólag az Egyesült Államokban számít őshonosnak. Természetes módon előfordul Alabama, Illinois, Kentucky, Louisiana, Mississippi, Missouri, Oklahoma, Tennessee és Texas államokban (http39).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Az USA délnyugati mocsárvidékein őshonos, ahol nagyon gyakran extrém környezeti feltételeknek van kitéve. Ennélfogva egy tágtűrésű, ellenálló faj, amely a vízhőmérséklet és kémiai minőség változásait széles skálán elviseli (Lukhaup & Pekny, 2008b). Optimális hőmérsékleti tartomány számára a 10-28 °C (Baensch & Evers, 2004), de 4 és 36 °C között teljesen életképes (Lukhaup & Pekny, 2014). A kémhatást is széles tartományban (pH 6-8,5) tűri (Lukhaup & Pekny, 2014). Képes brakkvizekben megélni, gyors alkalmazkodóképesség jellemzi (Borza et al., 2016). Közepesen kemény – kemény vízben érzi jól magát (a páncélépítéshez szüksége is van a kalciumra), optimuma 10-30 nk (Pasaréti et al., 2006). Szárazságtűrő, a partfalakba vájt járatokban képes a hosszabb-rövidebb vízhiányos időszakokat átvészelni (Lukhaup & Pekny, 2008b). Szárazon is jelentős távokat – akár 3 km-t – képes megtenni, egyik víztestből a másikba átvándorolni (Pöckl, 1999, Weiperth et al., 2020b).

Mindenevő faj, opportunista, a rendelkezésére álló táplálékforrásokat kiaknázza. Étrendjének bázisát detritusz, algák, élő és holt növényi részek, valamint vízi gerinctelenek (férgek, szúnyoglárvák, csigák) képezik (Lukhaup & Pekny, 2008b). A részben vagy egészben elárasztott termőföldeken a terményeket is fogyasztja: bevált módszer rizs- vagy szójatermő vidékeken rákokat is tenyészteni (Bukovácz, 2010). Akváriumokban megfigyelték, hogy burgonyát, kukoricát, zöldborsót is elfogyaszt (Lukhaup & Pekny, 2008b, Pasaréti et al., 2006). Halakra is vadászik, és a kannibalizmus is rendszeresen megjelenik körükben: kiváltképp a fiatal állatoknál vagy zsúfoltság esetén (Baensch & Evers, 2004).

Viselkedése a hasonló fajokhoz képest kirívóan agresszívnek számít, territoriális faj (Lukhaup & Pekny, 2008b).

Belső megtermékenyítésű, a nőstény a peték lerakása után hordozza őket és friss oxigénnel látja el utódait (Baensch & Evers, 2004). 3-4 héten át hordozza rendszerint az általában 150-200 (szélsőséges esetben 50-300 (Lukhaup & Pekny, 2008b)) petét (Bukovácz, 2009). Az utódokat kikelésük után egy rövid ideig még anyjuk őrzi, segíti őket a táplálkozásban (Bukovácz, 2009). Szapora, r-stratégista faj.

A vörös mocsárrák gazdaságilag is fontos fajjá vált. Elsőként Észak-Amerikában kezdték el étkezési célra ipari méretekben szaporítani, Louisiana államban alakultak az első tenyészetek (Lukhaup & Pekny, 2008a). Itt 48.000 hektáron, évi 150 millió USD értékben nevelik őket (2010-es adatok) (Bukovácz, 2010). Akár 800-1000 kg/ha is lehet a termelés hatékonysága (Bukovácz, 2010), de ezt kontrolláló faktorok nélkül akár még a természetben is elérheti (http39). Manapság Ázsiában is farmszerűen nevelik, hiszen silány vízminőségben is élet- és szaporodóképes (Weiperth András szóbeli közlése nyomán).

<u>Behurcolás, invázióbiológiai adatok</u>:

A vörös mocsárrák a világon az egyik legszélesebb körben széthurcolt Decapoda faj. A legtöbb kontinensre eljutott és megtelepedett, így Afrikában (Egyiptom, Kenya, Szudán, Tunézia, Uganda, Zambia, Zimbabwe, Dél-Afrikai Köztársaság) és Ázsiában (Kína, Hong Kong, Tajvan, Szingapúr, Japán, Thaiföld, Fülöp-szigetek, Izrael, Grúzia) is meghonosodott. Az Amerikai Egyesült Államokban már az 1900-as évek elején széthurcolták (Lukhaup & Pekny, 2008a) számos olyan államba, ahol nem fordult elő, és Közép-Amerikát (Belize, Panama, Costa Rica, Dominika, Puerto Rico, Mexikó) is meghódította, de Brazíliában, Ecuadorban, Venezuelában is jelen van. Számos USA

államban és Mexikóban inváziósnak számít, akárcsak a legtöbb afrikai és ázsiai telepítési helyszínen (http39). Afrikába először 1966-ban (Kenya) érkezett meg, Japánba 1927-ben (Borza et al., 2016, http39).

Európába az 1950-es években került először, többször is importálták, 1985-től pedig rendszeres a faj tenyésztése Németországban (Baensch & Evers, 2004). Számottevő gazdasági célú importjai az 1970-80-as évek során történtek Dél-Európába, először itt telepedett meg a kontinensen (Borza et al., 2016). 1973-ban már kimutatták Spanyolországban jelenlétét (Borza et al., 2016, Bukovácz, 2010), 1979-ben pedig Portugáliában, 1990-ben már Olaszországban is felbukkant (Bukovácz, 2010). Cipruson 1984-ben jelent meg, Szingapúrból eredeztethető állatkereskedelmi forrásból, Ausztriában 2006-ban regisztrálták, de már a ’90-es évek végén felvetették a faj megjelenésének veszélyét (Pöckl, 1999, http39). Németországban és Svájcban már 1996 óta ismertek populációi (Pöckl, 1999). Európán belül a szabad természetben a fenti országokon kívül megtalálható még Belgiumban, Franciaországban, Hollandiában, Lengyelországban, Svédországban és az Egyesült Királyságban. A legtöbb európai országban inváziós fajnak számít (http39). Legnagyobb szabadon élő állományokkal Spanyolországban, Portugáliában, Olaszországban és Hollandiában rendelkezik (Holdich et al., 2009).

Magyarországi jelenlétét Weiperth és munkatársai igazolták, amikor 2015. január 9-én a Városligeti tóban megfogták egy adult példányát (Weiperth et al., 2015). Még ugyanebben az évben több melegvizű lelőhelyről is kimutatták és felhívták a figyelmet a faj extrém alkalmazkodóképessége miatt várható terjedésére (Weiperth et al., 2015). Egy 2020-as vizsgálat már 1020 példányát mutatta ki a Városligeti tóból (Weiperth et al., 2020a). A Barát- és Dera-patakban is jelen van a faj, az alacsonyabb hőmérsékletű szakaszokon is (Szendőfi et al., 2018). 2016-ban tömeges megjelenésről számoltak be Érdligeten (Gál et al., 2018). Az elmúlt néhány évben kimutatták a Tisza mentén két termálvizes élőhelyen és a Duna kb. 120 fkm szakaszán, ahol gyors ütemű terjedés jellemzi (Weiperth et al., 2020b, Seprős et al., 2018, Gál et al., 2018). A márványrák után a második legmagasabb pontszámot kapta az inváziobiológiai szempontból veszélyes Decapodák kockázatértékelésében (Weiperth et al., 2019b).

A faj terjedése számtalan problémát felvet. Már idejekorán látszott Spanyolországban, hogy a vörös mocsárrák terjedésével párhuzamosan az *Austropotamobius pallipes* drasztikusan visszaszorult, fennmaradása kétségessé vált

(Lukhaup & Pekny, 2008a). Terjesztője a rákpestisnek (Borza et al., 2016), és jelentősen hozzájárul a kolonizált víztestek fajösszetételi átalakulásához, kiszorítva őshonos fajokat és lehetővé téve más taxonok terjedését (például a Barát-patak felső szakaszáról eltűnt a szivárványos ökle és vágócsík, de dominánssá vált a tüskés pikó) (Szendőfi et al., 2018). Jelentős predációs nyomást gyakorolhat a gerinctelen faunára, és a makrovegetációban is kárt tehet, gyakran kivágja az el nem fogyasztott növények egy részét is (http39). Tevékenysége sokszor együtt jár a vízminőség-leromlásával, ahogy azt egy északnyugat-spanyolországi tónál tapasztalták (http39). Emellett kiterjedt járatású tevékenységével komoly problémákat okozhat vízpartok erodálódásával, árvízvédelmi létesítmények károsításával. Sok helyen átalakító fajnak, ökoszisztéma-mérnöknek tekinthető (Weiperth szóbeli közlése nyomán). Észak-Amerikán belül, ahol, mint idegenhonos – inváziós faj megjelent, több gerinces faj fennmaradását is veszélyezteti (*Gila robusta, Ambystoma californiense, Kinosternon sonoriense longifemorale, Thamnophis eques megalops*) (http39).

Európai vizekben történő megjelenése több forrásból valószínűsíthető. Az első (pl.: spanyolországi) telepítések még gazdasági – akvakultúrás célúak voltak (Lukhaup & Pekny, 2008a). Kiváló szárazföldi terjedése magyarázhatja, hogy akár kerti tavakból, zárt tartási helyekről is szökhetett (Pöckl, 1999). Az utóbbi évek legvalószínűbb terjedési és megjelenési eseményei azonban a felelőtlen állattartók telepítései által történhettek (Borza et al., 2016). Az Európai Unió 2016-ban rendeletben tiltotta meg a vörös mocsárrák (*Procambarus clarkii*) tartását, tenyésztését és forgalmazását valamennyi tagállamában (http41). Sajnos mind a mai napig előfordul börzéken, díszállat-kereskedésekben illegálisan a faj, leggyakrabban narancs, ritkábban kék színváltozata, más fajok (*Cambarellus patzcuarensis „Orange", Cherax holthuisi, Procambarus alleni*) neve alatt, betiltása nem vezetett egyelőre olyan eredményekre, mint a márványrák (*Procambarus virginalis*) esetében.

Floridai kékrák (*Procambarus alleni*; Faxon, 1884)

Jellemzés:

A faj vad alakjának teste szinte teljes mértékben barna színű, hasa felé világosodva. Hátán sötét foltokat viselhet. Ollói sárgás árnyalatot mutatnak, míg az ollók tövének első íze kékes árnyalatú (Lukhaup & Pekny, 2008a). A floridai kékrák gyakori hobbiállat,

akváriumokban azonban egy ettől teljesen eltérő színezet terjedt el. A díszállatként tartott *P. alleni*-k szinte teljes testükön kék színt mutatnak, amely árnyalataiban különbözik csupán. Ez a feltűnő kék színezet egy enzim hiányára vezethető vissza, amely recesszíven öröklődik, szelektíven tenyésztették tovább (Lukhaup & Pekny, 2008b). A floridai kékrákok 8-10 cm-es kifejlett kori testhosszt érnek el, a hímek általában hosszabbak, viszont karcsúbb alkatúak, mint a nőstények (Lukhaup & Pekny, 2014).

Szintén a Cambaridae család tagja és a Procambarusok népes táborát gazdagítja. Szinonim neve nincsen, magyar elnevezése viszont érdekes. A *Procambarus alleni* a hazai akvarisztikában és akvarista irodalomban a világító kékrák néven terjedt el (Pasaréti et al., 2006, Nagy-Stefán, 2009). A másik használatban lévő magyar neve a floridai rák vagy floridai kékrák, amely az angol nevének tükörfordítása, s a faj élőhelyére utal (http42, http43). Sokszor előfordul, hogy tévesen kubai kékráknak nevezik (http44), ami egy nála kisebb termetű (6-7 cm), önálló faj (*Procambarus cubensis*; Erichson, 1846) (http45), amely Kubában őshonos. A fajnak szintén egy mutáns, kék változata terjedt el akváriumokban, még az első Amerikából behozott fajok közé tartozik, viszont sosem lett olyan elterjedt, mint a *P. alleni*, manapság a kereskedelemben ritka (Lukhaup & Pekny, 2008b).

Szinonim neve a *Cambarellus alleni*, alfaja nincs (http46).

Elterjedés:

A floridai kékrák kizárólag az Amerikai Egyesült Államokban, a Floridai-félszigeten fordul elő, a St. Johns – folyótól keletre (Crandall, 2010).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Élőhelyén főleg állóvizek, mocsárvidékek lakója. Előszeretettel tartózkodik a vízbe hullott falevelek, növényi törmelék vagy árterületen növő vízinövények között (Lukhaup & Pekny, 2008b). Ezek táplálékforrásként is szolgálnak nekik, a legfőbb összetevői étrendjüknek a különböző elhalt növényi anyagok, levelek, algák és detritusz (Baensch & Evers, 2004). Természetesen állati eredetű tápanyagot is fogyasztanak, s bár kisebb halakat is elkapnak, a gerinctelenek (csigák, kagylók, lárvák) teszik ki ennek nagy részét. A csigák házát könnyűszerrel roppantják össze (Nagy-Stefán, 2009). Akváriumi megfigyelések azt mutatják, ha kis helyen zsúfolódnak össze, a kannibalizmus jelensége felléphet körükben (Nagy-Stefán, 2009, Lukhaup & Pekny, 2014).

Az, hogy az áradás alatt álló préterületeket is elfoglalja az Everglades – mocsárvidéken, jól illusztrálja, hogy a vízminőséggel szemben nem kényes faj (Crandall, 2010). Hőmérséklet igénye 15 -28 °C (Baensch & Evers, 2004), de alacsonyabb hőmérsékleten kevésbé aktívak. A kissé keményebb (15-25 nk), lúgos kémhatású vizeket (pH 7,5-8) kedvelik (Nagy-Stefán, 2009). A fajra jellemző, hogy a partfalba üregeket váj, amelyekben a száraz időszakot átvészeli (Weiperth et al., 2020a).

Ivarérettségüket már 6-7 cm-es méret mellett elérik, a fiatalabb nőstények jellemzően 100-150, a nagyobbak akár 350 petét is rakhatnak (Lukhaup & Pekny, 2014).

Behurcolás, inváziobiológiai adatok:

A floridai kékrákot Európába díszállatként hozták, az 1990-es években került először Németországba (Baensch & Evers, 2004). Azóta kedvelt, elterjedt akváriumi gerinctelen lett, amely számos állatkereskedésben, tenyésztőnél fellelhető, gyakorinak számít a hobbi célból tartott rákok között (Weiperth et al., 2019b).

Magyarországon Weiperth András és munkatársai írták le a fajt 2020-as tanulmányukban. A floridai kékrák első bizonyított hazai előfordulási adata a Vác közeli Gombás-patakhoz kötődik, 2018. augusztus 31-én fogták be két példányát (Weiperth et al., 2020a). Ezt követően egészen 2020 júliusáig tartó terepi mintavételezések során sikerült végig bizonyítani a floridai kékrák jelenlétét a Gombás-patakban (31 db), köztük petés nőstényeket is, ami azt mutatja, hogy a faj képes volt áttelelni a fenti élőhelyen (Weiperth et al., 2020a). Ivadékokat begyűjteni azonban nem sikerült, így még nem teljesen tisztázott, hogy a magyarországi klímán hosszútávon képes-e megtelepedni. A márványrákkal mutatott hasonló igényei miatt azonban erre jó esély mutatkozik, s mivel hordozója a rákpestisnek és jelentős átalakító a járatásással (Weiperth et al., 2020a), közepes veszélyességi osztályba sorolták inváziós szempontból (Weiperth et al., 2019b).

Két, egyéb európai előfordulási adatáról tudunk: 2006-ban egy példányát jelentették Franciaországból, 2013 márciusában pedig szintén egy egyedet Németországból, a Rajnából (Weiperth et al., 2020a).

Mexikói törperák (*Cambarellus patzcuarensis*; Villalobos, 1943)

Jellemzés:

A faj alapvetően barnás – szürkés színezetű, néhány példánya világosabb színű (Lukhaup & Pekny, 2008a). Gyakran hátukon sötétebb csíkok, foltok is megjelenhetnek (Lukhaup & Pekny, 2008b). Mint hobbiállat, elterjedt faj, akváriumokban azonban egy szinte egyöntetűen narancs színezetű változatát (világosabb narancs foltok rajtuk is előfordulhatnak) tartják. Ezt a változatot az akvarisztikában gyakran csak CPO (*Cambarellus patzcuarensis* „Orange") néven rövidítik (Lukhaup & Pekny, 2014). Kifejlett kori méretük 22-40 mm, a nőstények nagyobbak (Lukhaup & Pekny, 2008a).

Egyetlen szinonimája a *Cambarellus montezumae patzcuarensis* (http47).

Elterjedés:

Mexikó felföldjeiről származik, legnagyobb egyedszámban a Michoacan szövetségi állambeli Patzcuaro-tóban találhatóak meg (Lukhaup & Pekny, 2008b). Ezen kívül előfordulási adatai ismertek még a Chapultepec, Opopeo és Tzurumutaro patakokból is (Alvarez et al., 2010). Leginkább a parthoz közeli vizeket keresik, ahol sűrű a vízinövényzet (Lukhaup & Pekny, 2014).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Természetes élőhelyén a hőmérséklet 15 – 25 °C közötti (Lukhaup & Pekny, 2008b), a megemelkedő hőmérséletet maximum 30 °C-ig tolerálja (Lukhaup & Pekny, 2014). A Patzcuaro-tó kémhatása jellemzően pH 8 és 9 közötti (Lukhaup & Pekny, 2008b).

Nappal aktív Decapoda (Lukhaup & Pekny, 2008b), kis mérete miatt jelentős predációs nyomás nehezedik rá, ezért általában a vízinövények között rejtőzködik (Lukhaup & Pekny, 2008a). Vegyes táplálkozású, mindenevő faj, de már a kisebb termetű, aktívabb halakat sem vadássza le. Fogyaszt valamennyi detrituszt, bomló szerves anyagot, de étrendjének ez kisebb hányadát képezi (Lukhaup & Pekny, 2008b). Legfontosabb táplálékukat a vízi gerinctelenek (szúnyoglárvák, csővájó férgek, egyéb férgek és puhatestűek) jelentik (Baensch & Evers, 2004).

Belső megtermékenyítésű, petékkel szaporodó faj. Az érett peték sötétbarna színűek, a terméketlenek sárgák, utóbbiak hajlamosak gombásodásra, ami csökkenti a termékeny peték kikelési valószínűségét is (Lukhaup & Pekny, 2014). A nőstények

jellemzően négyszer szaporodnak életük során (Lukhaup & Pekny, 2008b), ami általában két évet jelent (Lukhaup & Pekny, 2014). Az egy nőstény által, egy alkalommal kihordott peték száma 25-50 közötti (Lukhaup & Pekny, 2008b).

Behurcolás, inváziobiológiai adatok:

Európába, mint díszállat, 2000-2001 magasságában érkezett először (Baensch & Evers, 2004).

Weiperth és munkatársai 2017-ben mutatták ki először Magyarországon a mexikói törperákot: 15 kifejlett és 26 fiatal példánya került elő egy budapesti melegvizű tóból, valamint annak elfolyójából és a Duna főágából. Ez a faj első észlelése élőhelyén kívül (Weiperth et al., 2017b). Ezt követően az érintett helyen többször is kimutatták jelenlétét (Weiperth et al., 2020b). 2020-ban ivarérett példányai kerültek elő a Városligeti tóból is (Weiperth szóbeli közlése nyomán).

A faj megjelenése minden bizonnyal akváriumi állományokhoz kötődik, hiszen közkedvelt hobbiállat az akvaristák körében. Hőmérséklet-igénye miatt (Lukhaup & Pekny, 2008b, Lukhaup & Pekny, 2014) megtelepedésére leginkább csak a hévforrások közelében számíthatunk, de nem zárható ki alkalmazkodása az európai klímához. Hordozója a rákpestisnek (Weiperth et al., 2017b). Meghonosodási valószínűsége közepes kockázatú (Weiperth et al., 2019b).

Érdekesség, hogy természetes élőhelyén állományainak jövője bizonytalan: a Patzcuaro-tóba rendszeresen vezetnek szennyvizet, élőhelyén a környezet átalakítása, erdőirtás, vízelvonás és legelőlétesítés is megjelenő probléma. Populációs tendenciája bár ismeretlen, az IUCN Vörös Listája veszélyeztetett státuszba helyezte (Alvarez et al., 2010).

Ausztrál vörösollósrák (*Cherax quadricarinatus*; von Martens, 1868)

Jellemzés:

Az ausztrál vörösollósrák a jelenleg 55 fajt számláló Cherax nembe tartozik (http48), melyek az Indoausztrál-régióban őshonosak, diverzitásukat Pápua Új-Guineán és Ausztráliában érik el. A Cheraxok az Astacidea alrendág, Parastacoidea öregcsaládjába tartoznak, amely döntően déli féltekén elterjedt Decapodákat foglal magába. Szinonimája az *Astacus quadricarinatus*, alfaja nincs (http49).

A *Cherax quadricarinatus* kifejletten általában 220 mm-nél nagyobbra nem nő meg (Lukahup & Pekny, 2008a, Lukhaup & Pekny, 2014), bár egyes források beszámolnak 35 cm-es egyedekről is (http50). Maximális testtömege 600 g, de általában 300 g körüli tömeget ér el (Lukahup & Pekny, 2008a, Lukahup & Pekny, 2008b).

Színezete jellemzően kékes, némi zöld árnyalattal, de a carapaxon és a potrohlemezeken gyakori, hogy sárgás foltok, esetleg néhány bíbor minta is feltűnik (Lukahup & Pekny, 2008a, Lukahup & Pekny, 2008b, Lukhaup & Pekny, 2014). Nagyon jellegzetes a névadó vörös folt, ami az ollók külső szárán található, azonban csak a hím példányokon figyelhető meg (Lukhaup & Pekny, 2008b, Lukhaup & Pekny, 2014), ivarérést követően (Weiperth szóbeli közlése nyomán). Fontos bélyege, hogy az ollókká módosult járólábak valamennyi íze narancssárga színben végződik, ugyanis a hozzá színezetében nagyon hasonló *Cherax lorentzi* esetében ez csak az első ízen figyelhető meg (Lukhaup & Pekny, 2014). Emellett a *C. lorentzi* kisebb termetű (10-12 cm-nél nem nagyobb) és elterjedési területe is eltér (Pápua Új-Guinea) (Lukhaup & Pekny, 2014).

Elterjedés:

Édesvizű folyók és patakok lakója Ausztráliában az Északi Területnek nevezett régió északi és keleti vidékein, valamint Queensland északnyugati tájain. Emellett őshonos még Pápua Új-Guinea délkeleti régiójában. Mára egész Ausztráliában széthurcolták (Austin et al., 2010, http50). Megtaláljuk például a Normanby vagy Daly-folyókban (Lukhaup & Pekny, 2008a).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Tengerparti vizekben, torkolatközelben is előfordul, a lagúnák, tavak, lassabb folyók jelentik fő élőhelyét, de számos különböző helyen képes megélni (Austin et al., 2010). Főleg a köves-sziklás szakaszokat kedveli, ahol bőségesen rendelkezésére áll búvóhely (http50). Nem ás mély járatokat, a partfalakat, gátakat nem károsítja (Lukhaup & Pekny, 2008a, Austin et al., 2010). A magas hőmérséklettel szemben extrém tolerancia jellemzi, ha az oxigénszint nem túl alacsony, akár 35 °C-os vizet is elvisel (Lukhaup & Pekny, 2008a). Optimuma 22-32 °C közötti (Lukhaup & Pekny, 2008a), 20 °C-on már szaporodnak (Lukhaup & Pekny, 2008b). Egzotikus faj lévén az alsó határt a 10-12 °C jelenti (Lukhaup & Pekny, 2008a, Pasaréti et al., 2006). Rövid ideig akár 5 °C körüli vízben is túlél, de a 10 °C alatti hőmérsékletet hosszú távon nem viseli el (http50).

Mindenevő faj, étrendjének nagyobbik részét növényi táplálékforrás teszi ki. Emellett puhatestűeket (pl.: csigákat), halakat is zsákmányol (Lukhaup & Pekny, 2008b), a tetemekből is fogyaszt. Akváriumokban megfigyelték, hogy az el nem fogyasztott gyökerező növényeket is kivágja (Lukhaup & Pekny, 2014). Legfontosabb természetes ellenségei az úszópatkányok (*Hydromys sp.*), valamint egyéb vízi- és gázlómadarak mellett a kaledón bakcsó (*Nycticorax caledonicus*) és a károkatonafélék (Phalacrocoracidae) (http50).

Szaporodásbiológiája eltér a főleg északi féltekén elterjedt fajokétól. A nőstények az aktív párkeresők, a hím szerepe inkább passzív a párzásban is (Lukhaup & Pekny, 2008a). A Cherax-fajoknál a hímek nem rendelkeznek gonopódiummal (párzóláb), a nőstények és hímek is nagyon hasonló gonopórusokat fejlesztenek, így az ivarmeghatározás gyakorta nehezebb, mint az északi fajoknál. Emellett ivarváltást és hermafroditizmust is figyeltek már meg körükben (Lukhaup & Pekny, 2008b). A párzás során a hím egy spermatofórát helyez el a nőstény ventrális régióján (http50). A peték kihordása kb. 45 napig tart, színezetük az érés függvényében folyamatosan változik. Egy nőstény akár 500-1500 petét is rakhat (Lukhaup & Pekny, 2008a). Jellemző élettartama 4-5 év (Lukhaup & Pekny, 2008a).

Az ausztrál vörösollósrák egyre kedveltebb faj a gazdasági-akvakultúrás célú ráktenyésztésben, mivel rövid idő alatt nagy méretet és tömeget tud elérni, a vízminőségre nem kényes, és termékenyebb, valamint több jó minőségű húst szolgáltat, mint a vörös mocsárrák (Lukhaup & Pekny, 2008a, http50). Ma már a meleg égövben szinte valamennyi kontinensen tenyésztik (Lukhaup & Pekny, 2008a).

Behurcolás, inváziósbiológiai adatok:

Rengeteg országba behurcolták már, s a legtöbb helyen a természetes vizekben is megtelepedett, bár inváziósnak még sehol nem tekintik (http50). Élőhelyéhez legközelebbi kolonizált helyek Szamoa és Új-Kaledónia. Ázsiában vadon élő populációi ismertek Kínából, Izraelből (2011), Japánból, Malajziából, Szingapúrból (2000), Tajvanról és Thaiföldről. Indonéziában és a Fülöp-szigeteken jelenlegi ismereteink szerint csak mesterséges körülmények között (farmokon) él, akárcsak Marokkóban. Afrikán belül megtelepedett Szváziföldön, Zambiában (1992) és a Dél-Afrikai Köztársaságban, valamint Réunion (2006) és Mauritius szigetén. Észak-Amerikából az USA-ból (Kalifornia), Mexikóból, Puerto Rico-ból (1998), Jamaicaból (1999) és Martiniqueból (2007) jelezték,

melyek közül Jamaicában és Puerto Ricoban széles körben elterjedt. Dél-Amerikán belül jelen van Ecuadorban, Peruban (1998) és Paraguayban (1991) is, Argentínából és Uruguayból akvakultúrából ismert csak (http50).

Telepítései részben akvakultúrás okokból történtek (Nyugat-Ausztrália (1980-as évek), Kína (1990), USA (1990), Izrael (1991), Ecuador (1994), Mexikó (1995), Malajzia, Thaiföld), de ismert akvarisztikai forrás is (Szingapúr, 1990-2000 között) (http50).

Európán belül Spanyolországban és Olaszországban is tenyésztik, az olaszok már 1985-ben behozták akvakultúrás célból (http50). Mára már ismerünk fogási adatokat róla az Egyesült Királyságból, Görögországból és Németországból (2006) is (http50). Szlovéniában 2009-ben találták meg, ahol meghonosodott állománnyal rendelkezik (Weiperth et al., 2020b, http50). A legtöbb európai felbukkanás valószínűleg felelőtlen állattartóknak köszönhető, mivel a faj az 1990-es évek óta kedvelt díszállat, állatkereskedésekben gyakran előfordul (Pasaréti et al., 2006, Weiperth szóbeli közlése nyomán).

Az Ibériai-félszigeten 2013-ban gyűjtötték be először, majd 2015, 2016 és 2017 során is sikeresen fogták be. A szerzők felhívják a figyelmet arra, hogy az ausztrál vörösollósrák is könnyen megtelepedhet a melegebb éghajlatú dél-európai vidékeken (Arias & Torralba-Burrial, 2021).

Magyarországon első példányát Weiperth András és kollégái gyűjtötték be 2016 szeptemberében, a Dunából, a fővárosi Kopaszi-gátnál (Weiperth et al., 2019b, Weiperth et al., 2020b). Még ugyanebben az évben, novemberben, két helyről is sikeresen mutatták ki a faj nőstény példányainak jelenlétét: a tatai Fényes-forrásnál és a Drávába ömlő harkányi Melegvíz-csatornában (Weiperth et al., 2019b). 2018-ban a Barát-patak melegvizű befolyásánál három további példánya is előkerült (Szendőfi et al., 2018). A Városligeti tóból is rendszeresen gyűjtötték 2019-2020 során, összesen 26 példányát (Weiperth et al., 2020a). Mivel rendszeresen előfordul termálvizes élőhelyeken, és a Dunából is többször előkerült, így nem zárható ki tartós megtelepedése sem melegebb vizeinkben (Weiperth et al., 2020b).

Hazai megjelenése szinte biztosan akvarisztikai forrásból történt (Weiperth et al., 2019b). A Cheraxok érzékenyek a rákpestisre, valamint magasabb hőmérséklet-igényük miatt inváziójukra csekély az esély, de állandóan meleg vizeinkben megtelepedhetnek (Weiperth et al., 2019b). Inváziós veszélyességük kockázatértékelése közepes (Weiperth et

al., 2019b). A makrovegetációra káros hatással lehetnek (Weiperth szóbeli közlése nyomán). Több virális fertőzést is hordozhatnak, amelyeket sikerült már a fajból kimutatni (fehérfolt szindróma vírusa – white spot syndrome virus (WSSV) és decapod iridescent virus 1 (DIV1)), s így megvan a kockázata, hogy ezek a vírusok az őshonos fajokra is átadódjanak (Xu et al., 2016).

Barackrák (*Cherax holthuisi*; Lukhaup & Pekny, 2006)

Jellemzés:

90-120 mm-es testhosszt ér el, a Cheraxok körében kisebb-közepesebb fajnak számít (Lukhaup & Pekny, 2008b, Lukhaup & Pekny, 2014). Magyar neve (mely megfelel a nemzetközi irodalomban használt köznapi név fordításának) a színezetére utal. Bár több variánsa is ismert – melyek között feltehetőleg még leíratlan fajok is rejtőznek (Lukhaup & Pekny, 2008a) – alapvetően világos színezetű, leginkább a világossárga és narancs árnyalataiban mozog egész testük (Lukhaup & Pekny, 2008b). Ollói fejlettek, erősek, a mozgatható ollórész viszonylag kicsi.

Dr M. Boeseman már 1952-ben begyűjtötte, de csupán 2006-ban írták le önálló fajként. Dr L.B. Holthuis után nevezték el, aki a Cherax nem ismert kutatója (Lukhaup & Pekny, 2006). Szinonim neve nincs (http51).

Elterjedés:

A faj kizárólag Pápua Új-Guinea Indonéziához tartozó, nyugati területén (Irian Jaya), az ún. Madárfej-félszigeten fordul elő (Lukhaup & Pekny, 2008b). Itt a Kais folyó vízrendszeréhez tartozó Aitinjo-tó partmenti területein található meg (Lukhaup & Pekny, 2006, Austin, 2010).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Élőhelyén a víz tiszta, kissé savanyú kémhatású (pH 6,5), az aljzat sziklák, kövek és homok keverékéből áll, a vízáramlás jellemzően erős (Lukhaup & Pekny, 2008a, Austin, 2010). A partmenti és vízi növényzet sűrű (Lukhaup & Pekny, 2008a). A barackrák érzékeny az alacsony hőmérsékletre, az optimuma 20-24 °C, nem viseli jól a tartósan 20 °C alatti hőmérsékletet (Lukhaup & Pekny, 2008b, Lukhaup & Pekny, 2014). Étrendjük javát növényi tápanyagforrás és detritusz alkotja, állati eredetű táplálékot keveset fogyaszt

(Lukhaup & Pekny, 2008b). Akváriumi megfigyelések szerint a halakat, kisebb garnélákat is csak nagyon ritkán vadássza le (Lukhaup & Pekny, 2014).

Nem túl termékeny faj, a nőstények kevés (40-80 db) petét hordanak ki, gyakorta előfordul, hogy egy részük terméketlen. A peték fejlődési ideje 24-25 °C-on 7-9 hét (Lukhaup & Pekny, 2008b). Ivadékai más rákokkal összehasonlítva kifejezetten lassan fejlődnek (Lukhaup & Pekny, 2008b, Lukhaup & Pekny, 2014).

Behurcolás, invázióbiológiai adatok:

Európából csak magyarországi előfordulási adata ismert. 2019 novemberében egy 73 mm-es nőstény példánya került elő a Városligeti tóból. Azonosítása genetikai vizsgálattal is megtámogatott (Weiperth et al., 2020a). Kockázatértékelés szempontjából alacsony pontszámot kapott a faj, s bár tetszetős küllemű és állatkereskedelmi érdeklődés mutatkozik iránta, nem számít gyakorinak a díszállatpiacon (Weiperth et al., 2019b). Meghonosodásának valószínűsége alacsony, lévén kényesebb a környezeti feltételekre, kiváltképp a hőmérsékletre, érzékeny a rákpestisre és a *C. quadricarinatus*hoz képest akváriumokban is ritkábban fordul elő.

Cherax snowden (Lukhaup, Panteleit & Schrimpf, 2015)

Jellemzés:

7-10 cm-es testhosszt elérő faj (http52), amely leggyakrabban sötétebb árnyalatú: carapaxa, ollói zöldesbarna alapszínűek, néha kékes árnyalattal. Az ollók hegye jellemzően narancssárga, és a potrohszelvények között is egy-egy sárga csík jelenik meg. Ettől függetlenül több színváltozata is van – például teljesen narancssárga is (http53) – ami miatt pontos határozásához általában genetikai elemzésre van szükség.

Korábban a *Cherax holthuisi* területi variánsának tartották (http52). A két fajt hasonló színvariánsaik miatt nehéz megkülönböztetni, leszármazásukat tekintve is egymás legközelebbi rokonai (Lukhaup et al., 2015). A *C. snowden* szeme jellemzően nagyobb, mint a *C. holthuisi*é (http53, Pöckl, 1999).

Korábban *Cherax subterigneus* (Patoka, Bláha & Kouba, 2015) néven írták le, mely ma szinonim névnek tekinthető (http54). Nevét Edward Joseph Snowden, amerikai szabadságharcos után kapta (Lukhaup et al., 2015). Leírása előtt a kereskedelemben sárga

ollóvégeire utalva Cherax “orange tip”, Cherax sp. „Orange Tip” néven ismerték (Lukhaup et al., 2015, http53).

Elterjedés:

Holotípusa Nyugat – Pápua Új-Guinea Madárfej-félszigetéről, Sawiat körzetből, az Oinsok – folyórendszerből származik (Lukhaup et al., 2015).

Környezeti jellemzők, ökológia:

A faj ökológiájáról, szaporodásáról, természetes táplálkozásáról nagyon keveset tudunk.

Az élőhelyét jelentő patakok az Oinsok mellékfolyói, jellemzően sekélyek (20-60 cm) és közepes áramlásúak. A kémhatás enyhén savas (pH 6,5), a folyómeder jellemzően inkább köves. A vízinövényzet gyér (Lukhaup et al., 2015).

Behurcolás, inváziókbiológiai adatok:

A *Cherax snowden*t Európában eddig kizárólag Magyarországon találták meg a vadonban. Weiperth és munkatársai 2020 júniusában gyűjtötték be egy példányát a Városligeti tóból, azonosításához genetikai vizsgálatot is folytattak (Weiperth et al., 2020a). Több példánya nem került elő, tartós megtelepedése valószínűtlen. Mivel élőhelye hasonló és közel található, mint a barackráknak, illetve szoros genetikai rokonságban állnak, feltehetőleg hőmérséklet- és vízminőség-igényük is nagyon hasonló. Díszállatként keresett, bár nem számít túl gyakorinak.

Lukhaup és munkatársai felhívják a figyelmet arra, hogy a felfedezését követő nagy állatkereskedelmi érdeklődés és szűk elterjedése fenyegetheti a faj fennmaradását (Lukhaup et al., 2015).

Cherax sp. (nem beazonosított, potenciálisan leíratlan Cherax faj)

Jellemzés:

Két begyűjtött példány, melyek morfológiai és genetikai vizsgálatok alapján a *Cherax pulcher* (Lukhaup, 2015) fajhoz állnak legközelebb, de vele nem megfeleltethetőek (Weiperth et al., 2020a).

Elterjedés:

Ismeretlen.

Környezeti jellemzők, ökológia:

Ismeretlen.

Behurcolás, invázióbiológiai adatok:

2019 novembere és 2020 júniusa között a Városligeti tó vizsgálata során Weiperth és munkatársai két Cherax egyedet találtak, melyek pontos faji besorolása nem volt lehetséges. Morfológiájuk és genetikai elemzésük azt mutatta, hogy a *Cherax pulcher* közeli rokonai lehetnek (Weiperth et al., 2020a).

A különböző ausztráliai és pápua új-guineai Cherax-fajok iránt fokozódó igények mutatkoznak a díszállatpiacon, egyre több vadon fogott Cherax érkezik Európába. Ezen az úton gyakran ismeretlen, leíratlan fajok is kerülnek akváriumokba, valamint nem zárható ki a hibridizáció veszélye sem. E két példány legvalószínűbben akváriumokból kihelyezett, nagy eséllyel vadon gyűjtött vagy Ázsiában szaporított egyed volt (Weiperth A. szóbeli közlése nyomán).

Cseresznyegarnéla (*Neocaridina davidi*; Bouvier, 1904)

Jellemzés:

A faj pontos taxonómiai besorolása már hosszú évek óta vitatott. A garnélák népes csoportja is a Decapoda rendbe tartozik, a cseresznyegarnéla pedig azon belül a Pleocyemata (Burkenroad, 1963) alrendbe, a Caridea (Dana, 1852) alrendágba, és az Atyoidea (de Haan, 1849) öregcsaládba. Az Atyidae (de Haan, 1849) családból számos, akvarisztikában is népszerű garnélafaj kerül ki, melyek főképp ázsiai elterjedésűek (http55).

A cseresznyegarnéla a legtöbb tudományos publikációban (amely például hazai megjelenésével, invázióbiológiájával foglalkozik) *Neocaridina denticulata*, esetleg *Neocaridina heteropoda* tudományos néven szerepel (Weiperth et al., 2019a, Weiperth et al., 2019b). A legrészletesebb leírást a taxonómiai vitáról Karge és Klotz részletezik művükben (Karge & Klotz, 2013). A sokszor említett *Neocaridina denticulata sinensis*

alfajt Kemp írta le. Később Liang két külön fajként ismerte el a *Neocaridina denticulata*-t és a *Neocaridina heteropoda*-t, mellyel Y. Cai nem értett egyet, így végül a *N. d. sinensis* név is jó ideig használatban maradt. A vizsgálatok később megállapították, hogy e név alatt fellelhető példányok nem különböznek a Bouvier által 1904-ben leírt *Neocaridina davidi* fajtól, így az elsőbbség elvén jelenleg ezt a nevet tekintik elfogadottnak (Karge & Klotz, 2013). Az akvarista irodalomban is körülbelül 2015-től kezdett elterjedni a *N. davidi* név (Szentgyörgyi, 2015).

A *Neocaridina davidi* egy rendkívül szín- és formagazdag faj, melynek számtalan színváltozatát sikerült szelektíven kitenyészteni fogságban, s mára az akváriumokban is a legelterjedtebb garnélafajjá vált. A vadonban szürkés-barnás árnyalatúak, kissé áttetsző alakjuk fordul elő (Szentgyörgyi, 2012a). Kifejlett kori mérete jellemzően 20-30 mm (Lukhaup & Pekny, 2014). A carapax 6,5 mm (Karge & Klotz, 2013).

Színvariánsai közül a Tajvanról származó piros változat volt az első (Karge & Klotz, 2013), a magyar megnevezése is innen származik, s a különböző színváltozatoknak számos fantázianeve terjedt el az akvarisztikában. Színváltozatai rendre: pirosas („Red Cherry”, „Red Fire”), egyöntetűen mélyvörös („Sakura”, „Bloody Mary") citromsárga („Yellow Fire”), narancssárga („Orange Fire”, „Orange Sakura”), fekete („Black Fire”, „Black Sakura”), barna („Schoko”), sötétkék („Blue Fire”, „Blue Sakura”). A 2010-es évekre sikerült kétféle színt mutató változatokat is kitenyészteni, melyeket „Rili” néven forgalmaznak: piros-fehér („Red Rili”), sárga-fehér („Yellow Rili”), narancs-fehér („Orange Rili”) és a kék-piros („Blue Rili”). További érdekes szín a „Blue Rili” mutánsa, mely a piros színt elvesztve másodlagosan lett egyszínű, halványkék („Blue Jelly”) (Lukhaup & Pekny, 2014, Szentgyörgyi, 2012a). A legújabb színváltozat, az ún. „Carbon Rili” pedig születésekor kékes árnyalatú, majd később fekete és átlátszó részek váltják egymást testén (Szentgyörgyi, 2013). Szintén a legújabbak közé tartozik a „Green Jade”, mely zöld színű és csak nehéz, hosszú tenyésztői munkával sikerült stabilizálni (Szentgyörgyi, 2013, Szentgyörgyi, 2015).

Elterjedés:

A törzsalak elsősorban Tajvan, Japán és Kelet-Kína édesvizeiben honos. Kisebb folyókban, patakokban és tavakban egyaránt találkozhatunk vele (De Grave, 2013).

Környezeti jellemzők, ökológia:

Rendkívül jó alkalmazkodóképességű faj, amit jól mutat, hogy kezdő akvaristáknak is előszeretettel ajánlják tartását (Szentgyörgyi, 2012b). Képes akár 4 °C-on is túlélni (Lukhaup & Pekny, 2014), de a 18-27 °C-os tartomány a legideálisabb számukra (Szentgyörgyi, 2015). Közepesen kemény (15-18 nk), és kissé lúgos kémhatású vízben érzik jól magukat. Oxigénigényük elmarad sok más Decapodáéhoz képest, de a magas nitrit és nitrátkoncentrációt nem viselik jól (Szentgyörgyi, 2012b, Szentgyörgyi, 2015).

Mindenevő faj, élőbevonatot, biofilmet, algákat, bomlásban lévő növényi anyagokat fogyaszt, élőhelyén fontos lebontó szervezet. Emellett kisebb rovarlárvákat, apró gerincteleneket is képesek megenni, halivadékokra viszont már veszélytelenek (Karge & Klotz, 2013). Fontos táplálékforrást jelentenek a halak számára.

Szapora faj. 3-4 hónapos korukra válnak ivaréretté, egy nőstény élete során 5-6 alkalommal szaporodik (Szentgyörgyi, 2015). A nőstények általában intenzívebb színűek, mint a hímek (bár az újabb színváltozatoknál, pl. a Sakura esetében ez a különbség eltűnt) (Szentgyörgyi, 2013). Egy nőstény jellemzően 30 petét rak, amelyeket 3-4 héten át hordoz potrohlábain, oxigéndús vizet legyezve rájuk. A petékből kikelő garnélák 1,5-2 mm-esek, és bár átlátszóak, szüleik kicsinyített másai (Szentgyörgyi, 2015). Pelágikus lárvaalakkal nem rendelkezik (Weiperth et al., 2019a).

Behurcolás, invázióbiológiai adatok:

Európába kerülésének – mint díszállat – időpontja ismeretlen, a garnélatartás azonban az ezredforduló után kezdett csak elterjedni, igazi virágkorát a 2000-res évek végétől – 2010-es évek elejétől éli.

A világ több pontjára is behurcolták már, mint idegenhonos fajt. Először Hawaiira került, ahol szabadon engedett garnélák tudtak önfenntartó állományt kialakítani (itt haleledelként árulták őket). Később Németországban találták meg (Karge & Klotz, 2013), a Kölnhöz közeli Gillbach folyásában, amely a Rajna Erft nevű mellékfolyójába torkollik. A Gillbach állandó hőszennyezést kap a Niederaußem szénégetőből (Klotz et al., 2013). Lengyelországból is jelentették már előfordulását. A lengyel esetben az Odera egy mesterséges csatornájában találtak garnélákat, ami a Dolna Odra Erőmű hűtővize által kap hőszennyezést (novemberi hőmérséklete 15 °C volt). Három alkalommal: 2003 júliusában, 2013 novemberében és 2017 júniusában is kimutatták jelenlétüket, összesen 15 példányt. A

tanulmány jobban valószínűsíti a faj tartós megtelepedését a több, mint tíz évet felölelő időtartam miatt, mintsem a sorozatos betelepítéseket (Jabłońska et al., 2018).

Az első hazai előfordulását Weiperth és munkatársai 2017 novemberében bizonyították Miskolctapolcán, egy termálvízben. A termálforráshoz egy patak is csatlakozik (Hejő patak). A felmérések során ősz végi – téli időben, 6 °C-os vízben a forrástól egy kilométerre, nyáron három kilométerre is kimutatható volt még a cseresznyegarnéla. A termálvízből még télvíz idején is több százas egyedszámban kerültek elő, a későbbi felmérések során is folyamatosan jelen voltak frissen kelt ivadékok, petés nőstények egyaránt (Weiperth et al., 2019a). A cseresznyegarnéla inváziós veszélye közepes (Weiperth et al., 2019b), fennáll a kockázata szélesebb elterjedésének, és nem zárható ki az idegenhonos paraziták behurcolásának veszélye sem (Weiperth et al., 2019a).