

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztályának folyóirata

Alapítva
1902



Szerkeszti
HORNUNG ERZSÉBET

109(1–2). kötet



MAGYAR BIOLÓGIAI TÁRSASÁG
Budapest

2024

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK

A Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztályának folyóirata

109(1–2). kötet

MAGYAR BIOLÓGIAI TÁRSASÁG
Budapest

2024

Szerkesztő – Editor
HORNUNG ERZSÉBET
Állatorvostudományi Egyetem, 1078 Budapest, István utca 2.
E-mail: elisabeth.hornung@gmail.com

Technikai szerkesztő – Technical Editor
TÓTH BALÁZS
Magyar Természettudományi Múzeum, Állattár, 1088 Budapest, Baross utca 13.
E-mail: balazs0toth@gmail.com

Szerkesztőbizottság – Editorial Board

Horváth Győző

Pécsi Tudományegyetem, Biológiai Intézet, Ökológiai Tanszék, 7601 Pécs, Ifjúság útja 6.

Korsós Zoltán

Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest, Baross utca 13.

Markó Bálint

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Magyar Biológiai és Ökológiai Intézet, Kolozsvár, Románia

Pap Péter László

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Magyar Biológiai és Ökológiai Intézet, Kolozsvár, Románia

Sály Péter

HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, 1113 Budapest, Karolina út 29.

Seres Anikó

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Vadgazdálkodási és Természetvédelmi Intézet, Állattani és Ökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

Szabó Krisztián

Állatorvostudományi Egyetem, Biológiai Intézet, Zoológiai Tanszék, 1077 Budapest, Rottenbiller utca 50.

Tóth Zsolt

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, Talajbiológiai Osztály, 2462 Martonvásár, Brunsvik utca 2.

A kötet kéziratait lektorálták: Bakonyi Gábor, Bányai Zsombor Márk, Boros Gergő, Estók Péter, Hornung Erzsébet, Lanszki József, Nagy Sándor Alex, Szinetár Csaba, Tóth Balázs, Weiperth András.

Az Állattani Közlemények bejegyzett a Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT),
valamint a REAL J-ben és az EBSCO-ban archivált.
Állattani Közlemények is indexed in Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT)
and archived in REAL J and EBSCO.

© Magyar Biológiai Társaság – Hungarian Biological Society, 1113 Budapest, Karolina út 29. A lph. 1/102.

A kiadásért felel a Magyar Biológiai Társaság.
Az Állattani Közlemények megrendelhető a Magyar Biológiai Társaság címén.

ISSN 0002-5658 (Nyomtatott); ISSN 2786-3565 (Online)



A kiadvány a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával készült.

A borítón: dunavirág – *Ephoron virgo* (OLIVIER, 1791) (Ephemeroptera: Polymitarcyidae). SZÓKE VIKTÓRIA grafikája.

Előzetes eredmények a kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis* L.) inváziójának biológiai talajminőségre gyakorolt hatásairól egy városi gyepen

KOMLÓSI JANKA^{1*}, HORNUNG ERZSÉBET¹ és TÓTH ZSOLT²

¹Állatorvostudományi Egyetem, Zoológiai Tanszék, 1078 Budapest, István utca 2.

²HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Talajtani Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

*E-mail: kajansikomlo@gmail.com

Kivonat. Az egészséges talaj létfontosságú minden szárazföldi ökoszisztéma szempontjából, mivel élőhelyet nyújt számos, az anyagkörforgás folytonosságát biztosító élőlénynek. Kutatásunkban a kanadai aranyvessző (*Solidago canadensis* L.) domináns jelenlétének (>90 % borítás) talajra gyakorolt hatásait vizsgáltuk izeltlábú-alapú talajminőség-mutatók segítségével. A talajizeltlábúakra épülő, a talaj minőségét jelző indikátorok a klasszikus fizikai, kémiai és mikrobiológiai paraméterek mellett egyszerű, költséghatékony alternatívái a talajállapot értékelésének. Gyűjtésükre két év tavaszi szezonjaiban vettünk mintákat a budapesti Felsőrákosi-rétek Természetvédelmi Területen kijelölt, aranyvessző által borított, illetve természetközeli vegetációjú (kontroll) parcellákból. Az izeltlábúakat, kinyerésüket követően nagyobb csoportokba soroltuk. Háttérváltozóként a fizikai és kémiai talajtani paramétereket, illetve a mintavételi területek tájszerkezetét használtuk. Az aranyvessző által előzőlt területek talajai egyik index szerint sem mutattak szignifikáns eltérést a kontrollhoz képest. Ugyanakkor a talajizeltlábú-együttesek taxonómiai összetételében jelentős különbség mutatkozott, a funkcionális közösségszerkezet pedig a két vizsgálati év alapján különült el, függetlenül a területek vegetációjától. A biológiai talajminőséget leginkább meghatározó tényezők a talajnedvesség és a fás élőhelyek aránya voltak, arra kedvező hatást gyakorolva. Az eddigi eredmények – a kétévi tavaszi adatok – alapján megállapítható, hogy az aranyvessző-invázióknak nem volt kimutatható hatása a biológiai talajminőségre, habár az a talajizeltlábú-közösségek taxonómiai összetételét szignifikánsan befolyásolta. Ugyanakkor ahhoz, hogy pontosabb képet kapjunk, az aranyvessző fenológiájához igazodó időbeli változásokat is figyelembe vevő további szezonális adatok bevonása szükséges.

Kulcsszavak: Arthropoda, degradáció, ökológiai indikátor, özönnövény, talajbiodiverzitás

Elfogadva: 2024.01.28.

Elektronikusan megjelent: 2024.02.13.

Bevezetés

Az egészséges, jó minőségű talaj szárazföldi ökoszisztémáink alapját jelenti (DE DEYN & KOOISTRA 2021). A talajfelszínen, illetve talajban felhalmozódó holt növényi és állati eredetű szerves anyagból kiinduló bonyolult átalakulási folyamatok a talajélővilág közreműködésével biztosítják a zavartalan anyagkörforgást és így a primer produkciót. A talajok állapotának leromlása hatással van mind az abban élő lebontó élőlényekre, mind a benne gyökerező növényekre, amelyek a fogyasztók számára felhasználható tápanyagokat állítják elő (DORAN & ZEISS 2000). Emberi szempontból fontos tényezők a hozzá köthető ökoszisztéma-szolgáltatások, így például az élelmiszertermelés, közvetve a textilgyártás, a klímaszabályozás, vagy a vízháztartásban való szerep (BAER & BIRGÉ 2018).

A talajélőlények diverzitása biztosítja a talaj stabilitását (WAGG *et al.* 2014), hosszú távon fenntartható működését, amit azonban számos veszélyeztető tényező fenyeget. Ezek közé tartoznak a különböző eróziós folyamatok, az intenzív mezőgazdasági termelés, az urbanizáció, de a biológiai invázió, és szűkebben véve a növényi invázió is (MONTANARELLA 2007; LITT *et al.* 2014).

Magyarországon több inváziós aranyvesszőfaj van jelen, köztük a leggyakoribbak a magas és a kanadai aranyvessző (*Solidago gigantea* AITON és *Solidago canadensis* L.). Eredetileg mindkét fajt dísnövényként telepítették be Észak-Amerikából, majd a kivadult példányok sikeresen terjedni kezdtek (CSISZÁR 2012).

A kanadai aranyvessző egy klonális, rizómákat fejlesztő, magas termetű, élő, lágyszárú növény. Enyhén mészkerülő, nedvességkedvelő, de rossz árnyéktűrő, így főleg a nyíltabb társulásokban, magaskórósokban, ligeterdőkben, árterekben fordul elő. Jellemző, hogy gyökérzete a talaj felső rétegét teljesen behálózza, megváltoztatva ezzel a talajkörnyezetet, ami az őshonos növényfajok kiszorításával zárt állományokat eredményez (BOTTA-DUKÁT & DANCZA 2008). Gyors növekedésű, illetve a növény minden része tartalmaz olyan allelopatikus hatású anyagokat (terpenoidok, fenolok és flavonoidok), melyeket kibocsátva a környező növények növekedését gátolni tudja (ZHU *et al.* 2022). Ugyanakkor jó minőségű (magas N-, P- és K-koncentrációjú), gyorsan lebomló avar termel, dekompozíciós rátája 95% körüli a kezdeti és lebomlott avar tömegarányának százalékában kifejezve, 6 hónap alatt (YE *et al.* 2019). Ezenkívül a gyökérváladékon keresztül másodlagos anyagcsere-termékeket, flavonokat, fenolokat és szaponinokat bocsát ki, amelyek felhalmozódhatnak a talajban (ZHANG *et al.* 2011). Mindezek kaszkádjelleggel nagy hatást gyakorolnak a talaj táplálékhálójára is, mezőgazdasági monokultúrához hasonló körülményeket hozva létre (ZHANG *et al.* 2009). A helyi ökoszisztémákra gyakorolt hatásuk miatt fontos lehet ezeket az özönnövényeket közelebről kutatni, hogy megfelelő módszereket alkalmazhassunk kezelésükre a természetes közösségek védelme érdekében (WEIDENHAMER & CALLAWAY 2010).

A talajállapot, illetve talajegészség változásainak leírására számos mutató áll rendelkezésünkre. Ezek első, és egyben leggyakrabban alkalmazott csoportját alkotják a fizikai vagy kémiai paraméterek, úgymint a térfogattömeg, talaj pH, humusztartalom, elektromos vezetőképesség stb. A második nagy csoportot a biológiai jellemzők és az azokra épülő indexek alkotják, amelyek alapulhatnak például különböző zuzmófajok, vagy a talaj mikrobiális és ízeltlábú-közösségeinek vizsgálatain is (BÜNEMANN *et al.* 2018; MARTINEZ *et al.* 2010). Ez utóbbiak több szempontból is jó indikátorok. Egy kifejezetten abundáns, minden talajtípusban előforduló, diverz és változásokra érzékeny csoportról beszélhetünk. Mivel testmé-

retükből fakadóan mozgásterük általában kicsi, ezért a lokális körülményekről szolgálhatnak információval. Ezzel együtt azonban kellően nagyok ahhoz, hogy kisebb teljesítményű mikroszkóppal is vizsgálhatók legyenek, gyűjtésükhöz pedig nem szükségesek bonyolult eszközök, így a velük való munka viszonylag költséghatékony (MENTA & REMELLI 2020).

Jelen dolgozatban négy, talajizeltlábúakra épülő integrált mutatót használtunk a biológiai talajminőség jellemzésére. Ezek közül az első három úgynevezett ökomorfológiai indexeket (Ecomorphological Index, EMI) alkalmaz, amelynek lényege, hogy a talajban található nagyobb ízeltlábú-csoportokhoz – a talajhoz való alkalmazkodás mértéke szerint – pontszámokat rendelnek, figyelembe véve ezáltal nemcsak a talajlakó közösségek taxonómiai diverzitását, hanem funkcionális változatosságát is. Eszerint a talajfelszíni léthez adaptálódott állatok (epiedafikus), melyek erősen pigmentáltak, nagyobb testméretűek és fejlett függelékekkel, hosszú végtagokkal, jól fejlett látószervvel, vastag kültakaróval rendelkeznek, kis pontszámot (EMI = 1) kapnak. Ezzel szemben az igazi talajlakó (euedafikus) ízeltlábúakhoz, melyek erősen redukált vagy hiányzó függelékekkel, látószervekkel, kis testmérettel, vékony kültakaróval, gyenge vagy hiányzó pigmentáltsággal jellemezhetők, magas pontszám (EMI = 20) társul. Az átmeneti (hemiedafikus) életformák ökomorfológiai értékei pedig EMI = 1 és 20 között variálnak (PARISI *et al.* 2005).

Az első ilyen integrált mutató, a PARISI *et al.* (2005) által bevezetett QBS-ar (*Soil Biological Quality-arthropod*) index, jelenlét-hiány adatokon alapul, ami egy egyszerű, gyors és költséghatékony módja a biológiai talajminősítésnek. Ennek megfelelően egyre nagyobb népszerűségnek örvend, megjelenése óta számos kutatócsoport használta sikeresen legfőképpen Európa, de részben Ázsia területén is, különböző élőhelytípusok összehasonlítására és emberi tevékenységek hatásvizsgálatára (MENTA *et al.* 2018).

A QBS-ar alapján MANTONI *et al.* (2021) bevezették a QBS-ab (*Soil Biological Quality-abundance*) indexet, mely az eredetitől kissé eltérően, abundancia-értékeket is figyelembe vesz. MANTONIÉK azt találták, hogy a két módszer lényegében nem hozott eltérő eredményeket, így javasolják az eredeti, egyszerűbb talajminőség mutató használatát.

Az eredeti QBS-ar index egy finomhangolt változatát alkották meg 2012-ben YAN *et al.*, amely az általuk javasolt FAI (Abundance-based Fauna Index) egy ízeltlábúak EMI- és abundancia-adatain alapuló, standardizált formája, az úgynevezett F_{EMI} . Szerintük ez az index a QBS-ar-tól szélesebb körben használható, és a talajminőségre pontosabb közelítést adó mutató.

A negyedik index a korábbiaknál egyszerűbb, a talajökológusok régóta a talajdegradáció egyik mérőfokaként használják. Ez a talajban előforduló két legabundánsabb ízeltlábú-csoport, az ugróvillások (*Collembola*) és atkák (*Acari*) egyedszámának aránya (*Collembola/Acari*, C/A), amelyet először BACHELIER írt le 1963-as monográfiájában. Az index azon a megfigyelésen alapul, hogy a stabil, egyensúlyban lévő biotópokban, ahol nagy a fajok közötti kompetíció, az ugróvillások száma alacsonyabb, mint az atkáké. A talaj minőségének romlásával ez az arány megfordulhat.

Kutatásunk fő célja volt, hogy feltárjuk a kanadai aranyvessző-invázió biológiai talajminőségre gyakorolt potenciális hatásait a talajizeltlábú-együttesek közösségi vizsgálatával, valamint az arra épülő integrált mutatók segítségével. Jelen esetben a kanadai aranyvesszőnek az előzőlött parcellákban való tömeges (>90 % borítás) jelenlétét értettük invázió alatt.

Hipotézisünk szerint a kanadai aranyvessző jelentős mértékben átalakítja a talajkörnyezetet, és többek között a fizikai és kémiai talajtulajdonságok változásain keresztül negatív

hatást gyakorol a biológiai talajminőségre, ami a talajzeltlábú-együttesek funkcionális és taxonómiai összetételében is megnyilvánul.

Legjobb tudomásunk szerint a fent említett indexeket eddig nem használták inváziós növényfajok talajra gyakorolt hatásainak kimutatására. Vizsgálatunk eredményei hasznos információkat nyújthatnak a kanadai aranyvessző inváziójának kevésbé ismert mechanizmusairól, ami akár hozzájárulhat hatékonyabb kezelési tervek kidolgozásához is.

Anyag és módszer

Mintavételi terület és kísérleti elrendezés

A kutatás a budapesti Felsőrákosi-rétek Természetvédelmi Területen zajlott (É47,4920°, K19,1946°; kutatási engedély száma: FPH059/647-3/2021). A terület szabadon látogatható, részben helyi védelemmel rendelkezik (területe: 162 ha, FÖKERT 2024), ezen kívül több *ex lege* országos jelentőségű láp is található itt, melyekkel együtt a védett terület közel 200 hektárt tesz ki. A növénytakaró mozaikos, előfordulnak nádasok, kaszálórétek és ligeterdők (természetes és telepített) is, néhány helyen időszakos vízborítás jellemző (VÉGH 2012).

A mintavételi területek nyílt, jellegtelen üde gyepeken kerültek kijelölésre, melyek jellemző fajai voltak többek között a csomós ebír (*Dactylis glomerata*), a közönséges kakaslábű (*Echinochloa crus-galli*), a tarackbúza (*Elymus repens*) vagy a franciaperje (*Arrhenatherum elatius*). A területek közelében erős volt az emberi jelenlét, több lakóépület, lovarda és hobbitelkek övezte a vizsgálatok helyszíneit. A területeket a vizsgált időszakban évente egyszer kaszálták, nyár végén. A mintavételek öt pár természetközeli és előzőnlött vegetációjú gyeppen zajlottak. Természetközelinek a *Solidago canadensis* nélküli, előzőnlöttnek pedig az aranyvessző által dominált (>90%-os borítottságú) növényzetet tekintettük. Az egymáshoz tartozó párok közötti távolság átlagosan 52,86 m ($\pm 20,09$), míg a blokkok között legalább 150 m volt (1. ábra).

Talajmintavétel

Minden parcellából három 400 cm³ térfogatú, bolygatatlan talajminta került felvételre a talaj 0–8 cm-es rétegéből 2021–2022. tavaszi (május) időszakában. A mintavételek néhány napos csapadékos periódust követtek, kihasználva a talajállatok ezt követően jellemző nagyobb aktivitását. A mintavételi pontok véletlenszerűen kerültek kiválasztásra az 5×5 m-es parcellából, egymástól legalább 1 m-es távolsággal.



1. ábra. A mintavételi terület (Budapest, Felsőrákosi-rétek Természetvédelmi Terület), és a mintavételi pontok. C: kontroll mintavételi pont, I: előzönlött mintavételi pont.

Figure 1. Study area (Budapest, Felsőrákos Meadows Nature Reserve), and the sampling points. C: control sampling point, I: invaded sampling point.

Talajézellábúak gyűjtése és határozása

Az ízeltlábúak talajmintákból való kinyerése közvetlen megvilágítás nélküli Berlese-Tullgren típusú futtatókon történt, 7 nap alatt. A minták tartósítására 70%-os etanol oldat szolgált. A határozás nagyobb taxonómiai csoportok (osztály: Myriapoda, alosztály/rend: Chelicerata, Crustacea és Hexapoda) szerint, sztereomikroszkóp (Leica S4 E) segítségével történt, 30× nagyításon. Ahol szükséges volt, ott ökomorfológiai alapon további elkülönítést tettünk (PARISI *et al.* 2005 alapján, lásd később). A diverzitást az egy mintában talált taxonok számával (taxon-gazdagság), az abundanciát pedig az össz-denzitással (egyedszám/m²) fejeztük ki. Külön taxonként vettük figyelembe az azonos rendszertani kategóriákon belüli különböző ökomorfológiai típusokat.

Háttérváltozók mérése

A mintavétellel párhuzamosan mértük az aktuális talajnedvességet is. Ez a két évben eltérő módon történt, így az évenkénti adatok nem hasonlíthatók össze egymással. Az első évben parcellánként további két 400 cm³ térfogatú bolygatatlan talajminta került felvételre, melyeket szobahőmérsékleten tömegállandóságig szárítottunk, a talajnedvességet pedig a nedves és a száraz tömeg százalékos arányából tömegszázalékban adtuk meg. A második évben a mérés terepi talajnedvesség-mérővel (*HydroSense II, Campbell Scientific*) történt a talaj felső tíz centiméterében, parcellánként öt ismétlésben.

Az ízeltlábúak gyűjtésére szolgáló talajmintákból végeztük a fizikai és kémiai talajparaméterek laboratóriumi mérését, így a $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$, CaCO_3 (m/m%), Arany-féle kötöttség (K_A), humuszmenyiség (m/m%), az össz-N (m/m%), $\text{NH}_4\text{-N}$ (mg/kg), $\text{NO}_3\text{-N}$ (mg/kg), AL (ammónium-laktát)- K_2O (mg/kg) és AL- P_2O_5 (mg/kg) -koncentráció. A vizsgálatok a hatályos magyar szabványok (MSZ-08-0210:1977, MSZ-08-0205:1978, MSZ-08-0206-2:1978, MSZ 20135:1999) szerint a HUN-REN ATK Talajtani Intézet laboratóriumában zajlottak.

A táji kontextus figyelembevételére a mintavételi pontok 50 m sugarú környezetében lévő fás vagy bokros, valamint füves élőhelyek aránya szolgált, amelyeket műholdas fotók alapján pixelszámolásos módszerrel, a QGIS 3.28.8 és Adobe Photoshop CC 2019 szoftverek segítségével állapítottunk meg.

A talajminőség-mutatók meghatározása

Kutatásunkban a kanadai aranyvessző inváziójának talajra gyakorolt hatásait a fentebb említett négy ízeltlábú-alapú talajminőség-mutató (QBS-ar, QBS-ab, F_{EMI} és a C/A arány) segítségével jellemeztük. Az első három index a talajhoz való adaptálódás mértéke szerint rangsorolja az ízeltlábú csoportokat, úgynevezett ökomorfológiai pontszámokat ('EMI: ecomorphological index') rendelve azokhoz.

(1) A 'Soil Biological Quality-arthropod' (QBS-ar, PARISI *et al.* 2005) index csupán jelenlét/hiány-adatokat vesz figyelembe, és az adott mintában előforduló állatcsoportokhoz rendelt EMI-értékek összegéből áll elő. Egyes csoportok (Araneae, Chilopoda, Coleoptera, Collembola, Diplopoda, Hemiptera, Hymenoptera és Orthoptera) nem jellemezhetőek egyetlen EMI-értékkel, ez esetben a mintában előforduló magasabb érték az irányadó.

$$\text{QBS-ar} = \sum_{i=1}^{S_0} (\text{EMI}_i),$$

ahol S_0 az adott minta taxongazdagságát, az EMI_i pedig a vizsgált csoporthoz tartozó ökomorfológiai értéket jelenti.

(2) A 'Soil Biological Quality-abundance' index (QBS-ab, MANTONI *et al.* 2021) az előzővel ellentétben abundancia-értékeken alapul. A mintában található taxonok egyedszámait \log_{10} -transzformáltuk, hogy az általában nagy számban előforduló csoportok (főként Acari és Collembola) dominanciáját ellensúlyozzuk. Azon csoportok esetében, melyek nem jellemezhetőek egyetlen EMI-pontszámmal, külön-külön végeztük el a számolást. Az így kapott értékeket az EMI-értékekkel szorozva, majd ezeket összesítve kaptuk meg a QBS-ab indexet:

$$\text{QBS-ab} = \sum_{i=1}^{S_0} (\log_{10}(d_{i0} + 1) * \text{EMI}_i),$$

ahol S_0 az adott mintában előforduló taxonok számát, d_{i0} i taxon egyedszámát az adott mintában, míg az EMI_i a taxonhoz rendelt ökomorfológiai pontszámot jelenti.

(3) Az 'Abundance-based Fauna Index' (F_{EMI} , YAN *et al.* 2012) egy abundancia-adatokra és EMI-értékekre épülő standardizált mutató, amely figyelembe veszi a taxononkénti maximális abundancia-értékeket, az együttes taxongazdagságot és az összesített EMI-számot is:

$$F_{EMI} = \frac{S_0}{S} * \frac{\sum_{i=1}^{S_0} \left(\frac{d_{i0}}{d_{imax}} * EMI_i \right)}{\sum_{i=1}^S (EMI_i)},$$

ahol S_0 az adott minta taxongazdagsága, S az összes minta együttes taxongazdagsága, d_{i0} i taxon egyedszáma az adott mintában, d_{imax} i taxon maximális egyedszáma az összes vizsgált mintát tekintve, míg EMI_i a taxonokhoz tartozó ökomorfológiai értéket jelöli.

(4) Végül a Collembola/Acari abundancia-arányt (C/A , BACHELIER 1963) alkalmaztuk a talajminőség értékelésére, ami a talajok általában legabundánsabb ízeltlábú-csoportjainak, az ugróvillások és atkák egyedszámainak egymáshoz viszonyított arányát jelenti.

Adatelemzés

Az elemzésekhez a parcellánkénti ismétlések átlagait használtuk. A kiugró értékek eltávolítása után az adatokra általános lineáris kevert modelleket illesztettünk REML (*Restricted Maximum Likelihood*)-becsléssel. A függő változók az egyes indexek (QBS-ar, QBS-ab, F_{EMI} és C/A), a taxongazdagság és össz-denzitás voltak, a magyarázó változók pedig a különböző háttérváltozók, az év (2021 vs. 2022), az élőhelytípus (kontroll vs. előzőnlött) és utóbbiak interakciói. Az év és pár változók random változókként kerültek a modellekbe, hogy figyelembe vegyünk az adatok térbeli és időbeli függetlenségének hiányát. A kezdeti modellekbe az összes változó bekerült, majd a nem szignifikánsakat lépésenként kivettük, végül a legegyszerűbb, csak szignifikáns változókat tartalmazó modelleket tekintettük végelegesnek. A végső modellek illeszkedését, reziduális eloszlását, a szórás homogenitását modelldiagnosztikai ábrák segítségével ellenőriztük.

A közösségszerkezetet távolság alapú redundancia elemzéssel vizsgáltuk, melyhez Bray-Curtis távolságfüggvényt használtunk. Ennek a távolságfüggvénynek nagy előnye, hogy a kis abundanciával rendelkező, ritka taxonok kevésbé befolyásolják az eredményeket (RICOTTA & PODANI 2017). Az elemzést egyrészt elvégeztük az abundancia-adatokkal, vizsgálva a taxonómiai összetételt, másrészt az EMI-adatokkal, ami a funkcionális összetétel változásairól adott információt.

Az abiotikus talajkörnyezet természetközeli és inváziós foltok közötti esetleges különbözőségét – a felvett fizikai és kémiai talajtulajdonságok alapján – főkomponens-analízis (PCA) segítségével vizualizáltuk. A talajváltozók összehasonlítását ugyancsak lineáris kevert modellekkel végeztük a korábbiakban leírtak szerint. Az alacsony mintaszám miatt ($n = 5 + 5$) a fás élőhelyek százalékos arányának élőhelytípusonkénti összevetésére csak leíró statisztikákat (átlag, szórás) alkalmaztunk.

A statisztikai elemzéseket az R v4.1.2 statisztikai programmal (R CORE TEAM 2021), 'nlme' (PINHEIRO *et al.* 2023), 'vegan' (OKSANEN *et al.* 2022) és 'ggplot2' (WICKHAM 2016) szoftvercsomagok segítségével végeztük.

Eredmények

Talajélőhelyek jellemzése

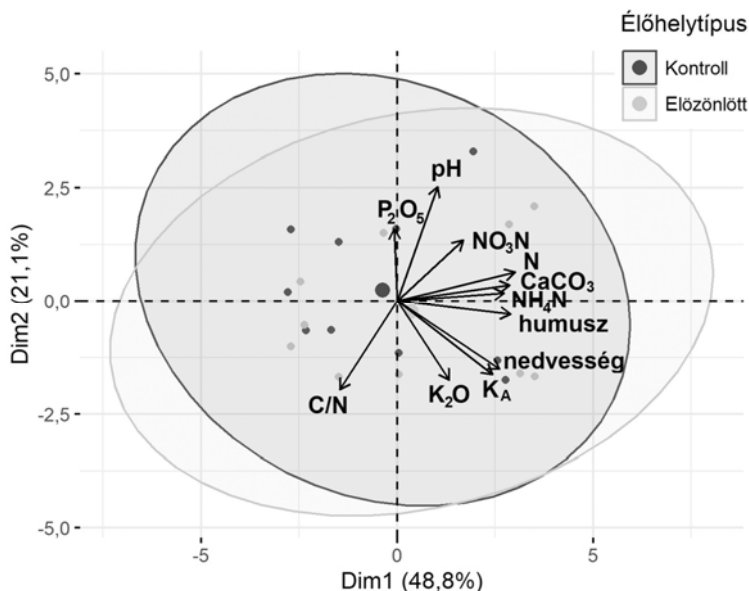
Az aranyvessző domináns jelenléte nem okozott drasztikus változást a vizsgált fizikai és kémiai talajtulajdonságokban. A kontroll és előzőnlött gyepek talajai ennek megfelelően nem mutattak jelentős különbségeket (2. ábra, 1. táblázat). Ugyanakkor a humusztartalomban, az össz-N és a K₂O koncentrációiban szignifikáns eltéréseket találtunk, magasabb értékeket tapasztalva az inváziós parcellák talajaiban mindhárom paraméter esetében (1. táblázat).

A fás élőhelyek aránya a mintavételi pontok 50 m-es körzetében átlagosan 19,7% (\pm 9,30) volt a kontroll és 25,82% (\pm 13,96) az aranyvesszős területeken.

1. táblázat. A természetközeli (kontroll) és előzőnlött vegetációjú területek összehasonlítása a vizsgált fizikai és kémiai talajtulajdonságok (átlag \pm szórás) alapján. A szignifikáns különbségeket a félkövérrel szedett p-értékek jelzik. CaCO₃: szénsavas mésztartalom, C/N: szén-nitrogén arány, K₂O: kálium-oxid, N: összes nitrogén, NH₄-N: ammónium nitrogén, NO₃-N: nitrát nitrogén, P₂O₅: foszfor-pentoxid.

Table 1. Comparison of non-invaded and invaded sampling plots based on the measured physical and chemical soil properties (mean \pm standard deviation), in the two sampling years. Significant differences are shown in bold. CaCO₃: calcium carbonate, C/N: carbon-nitrogen ratio, K₂O: potassium oxide, N: total nitrogen, NH₄-N: ammonium nitrogen, NO₃-N: nitrate nitrogen, P₂O₅: phosphorus pentoxide.

Talajtulajdonságok	Kontroll (n=10)	Előzőnlött (n=10)	p-érték
pH	7,29 \pm 0,18	7,29 \pm 0,16	0,958
humusz (%)	4,52 \pm 1,07	5,01 \pm 1,36	0,014
Arany-féle kötöttség	48,64 \pm 10,99	50,38 \pm 8,28	0,276
CaCO ₃ (%)	8,84 \pm 9,04	11,86 \pm 12,85	0,671
K ₂ O (mg/kg)	396,80 \pm 118,32	556,38 \pm 283,76	0,041
P ₂ O ₅ (mg/kg)	713,94 \pm 360,42	530,07 \pm 153,12	0,209
össz-N (%)	0,31 \pm 0,09	0,34 \pm 0,11	0,039
NH ₄ -N (mg/kg)	11,20 \pm 2,98	11,71 \pm 3,55	0,583
NO ₃ -N (mg/kg)	5,96 \pm 4,01	7,10 \pm 4,98	0,515
C/N	8,76 \pm 1,06	8,83 \pm 1,12	0,725
nedvesség (m/m és v/v%)	9,59 \pm 5,17	10,57 \pm 8,92	0,359
	19,7 \pm 5,37	19,78 \pm 7,91	



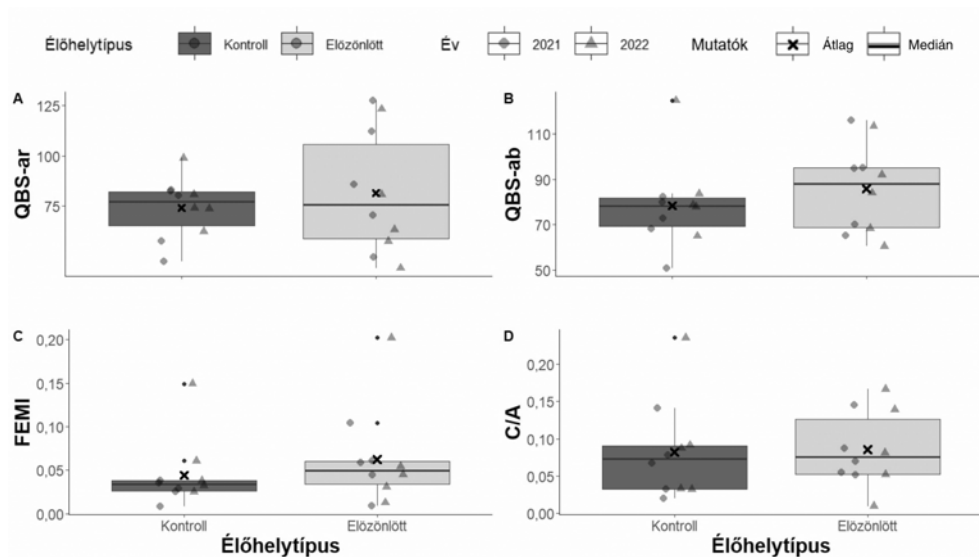
2. ábra. A természetközeli és előzönlött gyepek talajait fizikai és kémiai tulajdonságok alapján összehasonlító főkomponens-analízis. A két főkomponens (Dim1 és Dim2) melletti százalékos értékek azt mutatják, hogy az össz-variancia hány százalékát magyarázza az adott tengely. CaCO₃: szén-savas mésztartalom, C/N: szén-nitrogén arány, K_A: Arany-féle kötöttség, K₂O: kálium-oxid, N: összes nitrogén, NH₄N: ammónium nitrogén, NO₃N: nitrát nitrogén, P₂O₅: foszfor-pentoxid.

Figure 2. Principal component analysis (PCA) comparing semi-natural and invaded plots based on their physical and chemical soil properties. The percentages shown next to the two principal components (Dim1 and Dim2) indicate the proportion of the total variance explained by the given axis. CaCO₃: calcium carbonate, C/N: carbon-nitrogen ratio, K_A: Arany plasticity index, K₂O: potassium oxide, N: total nitrogen, NH₄N: ammonium nitrogen, NO₃N: nitrate nitrogen, P₂O₅: phosphorus pentoxide.

Talajminőség-mutatók

A statisztikai elemzések alapján a különböző talajminőség-mutatók hasonló eredményeket mutattak. Ezek alapján sem az év, sem pedig az invázió nem volt szignifikáns hatással a talajminőségre (3. ábra).

Ugyanakkor a talajnedvesség, a QBS-ab, F_{EMI} és a C/A indexek értékét növelte. A F_{EMI} értékét ezenkívül a fás vagy bokros és füves élőhelyek aránya is növelte (2. táblázat).



3. ábra. A talajminőség-indexek értékeit összehasonlító dobozdiagramok. QBS-ar: Soil Biological Quality-arthropod, QBS-ab: Soil Biological Quality-abundance, FEMI: EMI (Ecomorphological index)-based Fauna Index, C/A: Collembola/Acari arány.

Figure 3. Boxplots comparing the values of the different soil quality indices. QBS-ar: Soil Biological Quality-arthropod, QBS-ab: Soil Biological Quality-abundance, FEMI: EMI (Ecomorphological index)-based Fauna Index, C/A: Collembola/Acari ratio.

2. táblázat. A végleges lineáris kevert modellek eredményei. A szignifikáns hatásokat a félkövérrel szedett p-értékek jelzik. QBS-ar: Soil Biological Quality-arthropod, QBS-ab: Soil Biological Quality-abundance, F_{EMI} : EMI (Ecomorphological index)-based Fauna Index, C/A: Collembola/Acari arány.

Table 2. Results of the final linear mixed models. Significant effects are shown in bold. QBS-ar: Soil Biological Quality-arthropod, QBS-ab: Soil Biological Quality-abundance, F_{EMI} : EMI (Ecomorphological index)-based Fauna Index, C/A: Collembola/Acari ratio.

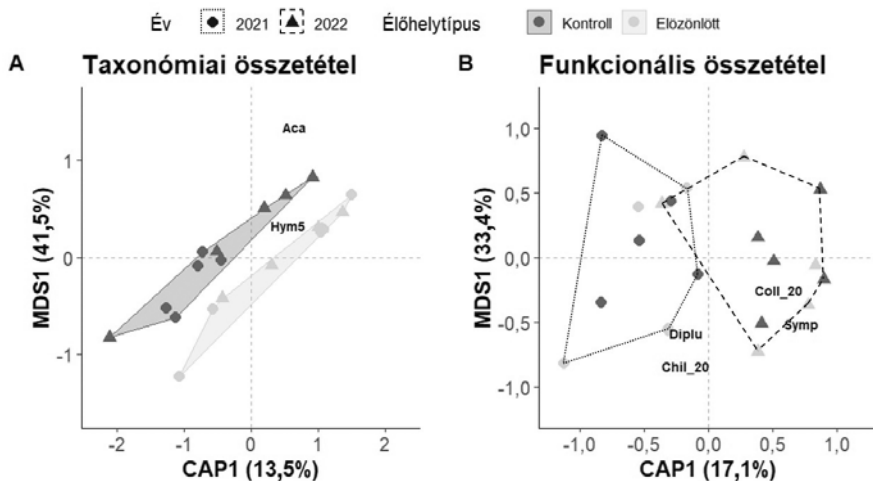
Index	Talajnedvesség (%)			Fás/bokros élőhelyek aránya (%)		
	Beclés	SE	p-érték	Beclés	SE	p-érték
QBS-ar	-	-	-	-	-	-
QBS-ab	1,214	0,416	0,019	0,734	0,299	0,040
F_{EMI}	0,003	0,001	0,032	0,002	0,001	0,012
C/A	0,004	0,001	0,006	-	-	-
Taxongazdagság	-	-	-	-	-	-
Össz-denzitás	-	-	-	-	-	-

Talajjéltéltábuak közösség szerkezete

A 2021–2022. évi talajmintákból 35 Arthropoda-taxon (morfológiatípus) összesen 14794 egyedét sikerült kimutatni. A legabundánsabb csoportok az atkák (Acari: 72,17%), hangyák (Formicidae: 13,69%) és ugróvillások (Collembola: 6,46%) voltak, az össz-egyedszám több mint 92%-át kitevő. A tömegesen jelenlévő csoportok mellett, még ha alacsony denzitásban is, gyakoriak (a minták $\geq 70\%$ -a) voltak a félfedelesszárnyúak (Hemiptera), bogarak (Coleoptera), kétszárnyúak (Diptera), szövőcsévések (Symphylla), tripszek (Thysanoptera) és egyéb holometaból rovarlárvaik is (3. táblázat). Sem taxongazdagságban ($9,55 \pm 1,56$ és $10,67 \pm 3,16$ taxon), sem denzitásban ($38\ 137 \pm 15\ 150$ és $48\ 537 \pm 15\ 438$ egyed/m²) nem volt különbség a természetközeli vegetációjú és aranyvesszős foltok között.

A taxonómiai összetétel alapján az előzönlött és kontrollterületek mintái egyértelműen elkülönültek (p -érték = 0,038; 4A. ábra). A különbséget elsősorban az okozta, hogy az atkák és a hangyák nagyobb számban fordultak elő a természetközeli gyepek talajaiban.

A funkcionális összetételt meghatározó EMI-értékeket alapul véve nem az élőhely-típusok, hanem az évek között tapasztaltunk statisztikailag kimutatható eltérést (p -érték = 0,015; 4B. ábra). Az euedafikus ugróvillások (20-as EMI-értékű Collembola-k) és szövőcsévések (Symphylla) a 2022. évi, míg a lábaspotrohúak (Diplura) és rinyák (20-as EMI-értékű Chilopoda-k) a 2021. évi mintákban voltak jelen nagyobb arányban. Tovább erősíti ezt az elkülönülést, hogy a pókok (Araneae) képviselőinek egyetlen példánya sem került elő a vizsgálat második évében gyűjtött mintákból.



4. ábra. Távolságalapú redundancia-elemzés az abundancia-adatok alapján (A), illetve az EMI (ecomorphological index) -adatok alapján (B). A jobb áttekinthetőség érdekében a nulla körüli, egymást átfedő taxonokat nem jelenítettük meg az ábrán. Aca: Acari, Diplu: Diplura, Chil_20: Chilopoda (EMI = 20), Coll_20: Collembola (EMI = 20), Hym_5: Hymenoptera: Formicidae (EMI = 5), Symp: Symphylla.

Figure 4. Distance-based Redundancy Analysis based on abundance data (A), and EMI (ecomorphological index) values (B). The highly overlapped taxa around zero are not shown for better clarity. Aca: Acari, Diplu: Diplura, Chil_20: Chilopoda (EMI = 20), Coll_20: Collembola (EMI = 20), Hym_5: Hymenoptera: Formicidae (EMI = 5), Symp: Symphylla.

3. táblázat. A mintákban előforduló talajízeltlábú-csoportok denzitása (egyed/m²), valamint az azokhoz rendelt ökomorfológiai indexek (EMI) PARISI *et al.* (2005) alapján.

Table 3. Density (individual/m²; mean \pm SD) of soil arthropod taxa found in the samples and their Ecomorphological Index (EMI) values, based on PARISI *et al.* (2005). Kontroll = control, előzőnlött = invaded.

Állatscsoport	EMI-érték	Denzitás (átlag \pm szórás)			
		Kontroll (2021)	Előzőnlött (2021)	Kontroll (2022)	Előzőnlött (2022)
Acari	20	22587 \pm 4777	40853 \pm 18752	33840 \pm 17198	46133 \pm 13366
Hymenoptera (Formicidae)	5	6027 \pm 6891	15600 \pm 31404	3840 \pm 2554	1453 \pm 1965
Collembola	1–20	2200 \pm 1845	3720 \pm 3921	3280 \pm 3704	3587 \pm 2594
Hemiptera (nem Cicadoidea-lárva)	1	480 \pm 247	4373 \pm 7685	253 \pm 185	440 \pm 599
Symphyla	20	147 \pm 213	347 \pm 420	2107 \pm 2481	773 \pm 969
Egyéb holometabol rovarok (lárva)	10	640 \pm 647	307 \pm 325	467 \pm 785	253 \pm 110
Diptera (lárva)	10	173 \pm 101	680 \pm 695	107 \pm 138	200 \pm 221
Diplura	20	147 \pm 197	240 \pm 300	213 \pm 441	53 \pm 56
Coleoptera	1–20	227 \pm 76	320 \pm 213	147 \pm 197	40 \pm 37
Thysanoptera	1	227 \pm 76	120 \pm 56	27 \pm 37	27 \pm 37
Chilopoda (<5 mm)	20	133 \pm 141	147 \pm 166	67 \pm 67	40 \pm 60
Isopoda	10	27 \pm 37	227 \pm 339	13 \pm 30	27 \pm 60
Psocoptera	1	40 \pm 60	160 \pm 138	27 \pm 37	13 \pm 30
Hemiptera (Cicadoidea-lárva)	10	80 \pm 110	67 \pm 82	40 \pm 60	13 \pm 30
Araneae (<5 mm)	5	27 \pm 37	120 \pm 87	0 \pm 0	0 \pm 0
Egyéb holometabol rovarok (adult)	1	13 \pm 30	13 \pm 30	40 \pm 60	27 \pm 37
Hymenoptera (nem Formicidae)	1	27 \pm 37	53 \pm 56	13 \pm 30	0 \pm 0
Protura	20	0 \pm 0	13 \pm 30	13 \pm 30	40 \pm 89
Diplopoda (<5 mm)	20	0 \pm 0	40 \pm 37	0 \pm 0	27 \pm 60
Araneae (>5 mm)	1	13 \pm 30	40 \pm 37	0 \pm 0	0 \pm 0
Diplopoda (>5 mm)	10	0 \pm 0	40 \pm 60	0 \pm 0	0 \pm 0
Orthoptera (nem Gryllidae)	1	13 \pm 30	13 \pm 30	0 \pm 0	0 \pm 0
Chilopoda (>5 mm)	10	13 \pm 30	13 \pm 30	0 \pm 0	0 \pm 0
Opiliones	10	0 \pm 0	13 \pm 30	0 \pm 0	0 \pm 0

Értékelés

Az előzetes eredmények azt mutatják, hogy a kanadai aranyvessző inváziója nem volt szignifikáns hatással a talajminőség-mutatókra, azonban a talajjéltábu-közösségek taxonómiai összetételére igen. Párhuzamként felhozható egy 2021-ben megjelent, a magas aranyvessző (*Solidago gigantea*) inváziójának talajjéltábuakra gyakorolt hatását vizsgáló kutatás (USTINOVA *et al.* 2021). Itt a fajokat tradicionális megfigyeléses, illetve molekuláris (*metabarcoding*) módszerekkel azonosították. A kísérleti időszak alatt a kontroll és előzőnlt területek ízeltábu-faunájának abundanciája és diverzitása nem változott szignifikánsan, azonban a közösségi szerkezet kismértékben eltért. Hasonló eredményeket mutatott egy másik, szintén magas aranyvessző hatásait vizsgáló kutatás (STERZYŃSKA *et al.* 2017), ahol az össz-abundancia adatok változatlanok voltak, azonban az ugróvillások (*Collembola*) közösségszerkezete jelentősen megváltozott.

Egy friss amerikai kutatás az eredeti élőhelyén vizsgálta a *Solidago canadensis* terjedésének környező vegetációra, illetve talajjéltábuakra gyakorolt hatását (ECKBERG *et al.* 2023). Habár ez esetben nem beszélhetünk idegenhonosságról, a kanadai aranyvessző negatív hatással volt a környező egyéb növények növekedésére, illetve a detritívör és predátor talajjéltábu-fajok abundanciájára is, ami jelentős közösségi összetételbeli különbségeket eredményezett. Ezt az aranyvessző élőhelyalakító tevékenysége válthatta ki, megváltoztatva a tápanyag-összetételt és talajszerkezetet is, az eredetitől eltérő fajok szaporodásához nyújtva kedvezőbb feltételeket (HU *et al.* 2021; XU *et al.* 2022). Erre engednek következtetni az inváziós foltokban általunk is tapasztalt magasabb össz-N és felvehető kálium-koncentrációk, valamint nagyobb humuszmenyiség is, ami az aranyvesszővel borított talajok jobb táp- és szervesanyag-ellátottságára utalnak.

Vizsgálatunkban az Acari- és a Formicidae- (Hymenoptera, EMI = 5) taxonok voltak a legabundánsabbak, és ennek köszönhetően elsősorban ezek határozták meg a talajjéltábu-együttesek taxonómiai összetételében tapasztalt különbségeket a kontroll és előzőnlt területek között. A talajtakák általában nagyobb számban fordulnak elő a stabilabb és diverzebb növényközösséggel bíró élőhelyeken, és nem tolerálják jól a különböző zavarásokat (GULVIK 2007). Ez egyértelműen kirajzolódott a mi eredményeinkből is, ugyanis a kontroll (természetközeli) gyepeket részesítették előnyben az aranyvessző-monokultúrákkal szemben. Ami a hangyákat illeti, hasonló trendekről számolt be egy másik kutatás is, mely szerint a *Solidago canadensis* inváziója a vizsgált füves területek hangyaközösségeinek abundanciájára és diverzítására jelentős negatív hatással volt (KAJZER-BONK *et al.* 2016).

Jelen vizsgálatban az ízeltábuakra épülő talajindikátorokat az invázió közvetlenül nem befolyásolta, ellentétben a talajnedvességgel és a fás élőhelyek arányával, amelyek kedvező hatást gyakoroltak a biológiai talajminőségre. Köztudott, hogy a talajjéltábuak többsége elsősorban vízáteresztő kültakarójuknak köszönhetően nagymértékben függ a nedvességtől (RUPPERT *et al.* 2004). Hogy elkerüljék vagy minimalizálják a kiszáradás kockázatát, a nedves talajokat részesítik előnyben, amelyek megfelelő mikroélelőhelyeket és kedvező feltételeket biztosítanak például a táplálékszerzéshez, a páráshoz, a fejlődéshez és a mozgáshoz. Ezt támasztják alá PRATHER *et al.* (2020) eredményei is, miszerint a talajnedvesség és talajjéltábu-diverzitás/abundancia között pozitív kapcsolat van. Ugyanakkor egy másik kutatásban taxononként eltérő trendeket találtak, ami alapján elmondható, hogy az egyes ízeltábu-csoportok nedvességigénye/toleranciája különbözik (CHIKOSKI *et al.* 2006).

A legtöbb talajlakó szervezet korlátozott terjedési képessége miatt különösen érzékeny a tájszerkezetre (BARDGETT *et al.* 2005). Ez összhangban van eredményeinkkel, ugyanis a talajnedvesség mellett a fás élőhelyek is jelentős hatást gyakoroltak a talajízeltlábú-együttesekre, valamint az azokra épülő talajminőség-mutatókra. A táji változatosság, mozaikosság az élőhelyi heterogenitás növelésével nagyobb diverzitást eredményez. A gyepekbe ékelődő facsoportok, -sorok révén a nyílt élőhelyek fajai mellett számos erdőlakó is képes megtelepedni és túlélni, ami vélhetően növelte a talajízeltlábú-közösségek sokszínűségét. A táji kompozíció és konfiguráció alapvetően meghatározza a talajízeltlábúak terjedési lehetőségeit is, amit MELONI *et al.* (2020) eredményei is megerősítenek. Vizsgálatukban ugyanis azt találták, hogy a talajízeltlábúak fajgazdagsága és abundanciája exponenciálisan nőtt a növényborítással, a foltok méretével és egymáshoz való közelségével.

Kutatásunkban a talajízeltlábúak funkcionális összetétele szignifikánsan különbözött a vizsgált két év esetében, mely valószínűleg a két időszakban megfigyelt, jelentősen eltérő időjárási körülményeknek volt köszönhető. A 2021. májusi középhőmérséklet 13,8 °C, míg a 2022. évi 18,2 °C volt. A havi csapadékmennyiségben is drasztikus volt a különbség: 2021-ben 89,26 mm, míg 2022-ben 27,04 mm eső hullott a májusi hónapokban (NASA 2023). A meleg száraz időszakok köztudottan nem kedveznek a talajízeltlábúaknak, ugyanis többségük csak a nedves, párás környezetben képes túlélni (MENTA & REMELLI 2020). Szembetűnő volt egyes csoportok (pókok, rinyák) hiánya vagy alulreprezentáltsága a 2022. évi mintákban, aminek háttérében vélhetően ezek a kedvezőtlen klimatikus viszonyok állnak (KARDOL *et al.* 2011; FISCHER *et al.* 2022). Mindezeket figyelembe véve, a további kutatás szempontjából fontos kérdés lehet, hogy a más évszakokban vett minták eredményei mennyire térnek el a tavasziakétól, mennyire befolyásolja az inváziós növények hatását azok fenológiája, és ennek eltérései a természetes növénytakaróval szemben. Ezenkívül a két év közti jelentős különbségek rávilágítottak arra, hogy a megbízható eredmények érdekében érdemes volna további szezonok/évek adatait is az értékelésbe vonni.

Köszönetnyilvánítás. A szerzők köszönetüket fejezik ki a HUN-REN ATK Talajtani Intézet Talajkémiai és Anyagforgalmi Osztály laboránsainak a fizikai és kémiai talajvizsgálatokért, valamint a Talajzoológiai Kutatócsoport tagjainak, Sipőcz Lászlónak és Kovács Katalinnak a terepi mintavételezésben és mikroszkópos válogatásban való aktív részvételükért. A tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-22-1-I kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült (KJ). Köszönet a kézirat bírálóinak (Dr. BAKONYI GÁBOR és dr. BOROS GERGŐ) a korábbi változathoz fűzött kritikai észrevételeikért és jobbító tanácsaikért.

Irodalomjegyzék

- BACHELIER G. 1963. *La vie animale dans les sols*. O.R.S.T.O.M., Paris. 280 pp.
- BAER S. & BIRGÉ H. 2018. Soil ecosystem services: an overview. In: REICOSKY D. (ed.): *Managing soil health for sustainable agriculture. Volume 1: Fundamentals*. USDA-ARS and University of Minnesota, USA, pp. 17–38.
- BARDGETT R., YEATES G. & ANDERSON J. 2005. Patterns and determinants of soil biological diversity. In: BARDGETT R., USHER M. & HOPKINS D. (eds.): *Biological Diversity and Function in Soils*. Cambridge University Press, pp. 100–118.
- BOTTA-DUKAT Z. & DANCZA I. 2008. Giant and Canadian goldenrod (*Solidago gigantea* Ait., *S. canadensis* L.). In: BOTTA-DUKAT L. & BALOGH L. (eds.): *The most important invasive plants in Hungary*. Institute of Ecology and Botany, Hungarian Academy of Sciences, pp. 167–177.
- BÜNEMANN E.K., BONGIORNO G., BAI Z., CREAMER R.E., DE DEYN G., DE GOEDE R., FLESKENS L., GEISSEN V., KUYPER T.W., MÄDER P., PULLEMAN M., SUKKEK W., VAN GROENIGEN J.W. & BRUSSAARD L. 2018. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120: 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- CHIKOSKI J. M., FERGUSON S. H. & MEYER L. 2006. Effects of water addition on soil arthropods and soil characteristics in a precipitation-limited environment. *Acta Oecologica*, 30(2): 203–211. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2006.04.005>
- CSISZÁR Á. (szerk.) 2012. *Inváziós növényfajok Magyarországon*. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron, 364 pp.
- DE DEYN G.B. & KOOISTRA L. 2021. The role of soils in habitat creation, maintenance and restoration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 376(1834): 20200170. <https://doi.org/10.1098/rstb.2020.0170>
- DORAN J.W. & ZEISS M.R. 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15(1): 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- ECKBERG J.N., HUBBARD A., SCHWARZ E.T., SMITH E.T. & SANDERS N.J. 2023. The dominant plant species *Solidago canadensis* structures multiple trophic levels in an old-field ecosystem. *Ecosphere*, 14(1): 4393. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4393>
- FISCHER C., GERSTMEIER R. & WAGNER T.C. 2022. Seasonal and temporal patterns of rainfall shape arthropod community composition and multi-trophic interactions in an arid environment. *Scientific Reports*, 12(1): 3742. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-07716-0>
- FÖKERT 2024. Felsőrakosi-rétek Természetvédelmi Terület. http://www.fokert.hu/termeszetvedelmiterulet/_110/ (utolsó megtekintés: 2024. jan. 24.)
- GULVIK M. 2007. Mites (Acari) as indicators of soil biodiversity and land use monitoring: a review. *Polish Journal of Ecology*, 55(3): 415–440.
- HU Z., LI J., SHI K., REN G., DAI Z., SUN J., ZHENG X., ZHOU Y., ZHANG J., LI G. & DU D. 2021. Effects of Canada goldenrod invasion on soil extracellular enzyme activities and coenzymatic stoichiometry. *Sustainability*, 13(7): 3768. <https://doi.org/10.3390/su13073768>
- KAJZER-BONK J., SZPIŁYK D. & WOYCIECHOWSKI M. 2016. Invasive goldenrods affect abundance and diversity of grassland ant communities (Hymenoptera: Formicidae). *Journal of Insect Conservation*, 20(1): 99–105. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9843-4>
- KARDOL P., REYNOLDS W., NORBY R. & CLASSEN A. 2011. Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure. *Applied Soil Ecology*, 47: 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.11.001>
- LITT A.R., CORD E.E., FULBRIGHT T.E. & SCHUSTER G.L. 2014. Effects of invasive plants on arthropods. *Conservation Biology*, 28(6): 1532–1549. <https://doi.org/10.1111/cobi.12350>

- MANTONI C., PELLEGRINI M., DAPPORTO L., DEL GALLO M., PACE L., SILVERI D. & FATTORINI S. 2021. Comparison of soil biology quality in organically and conventionally managed agroecosystems using microarthropods. *Agriculture*, 11(10): 1022. <https://doi.org/10.3390/agriculture11101022>
- MARTINEZ M., GUTIÉRREZ-ROMERO V., JANNSENS M. & ORTEGA-BLU R. 2010. Biological soil quality indicators: a review. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology*, 319–328.
- MELONI F., F. CIVIETA B., A. ZARAGOZA J., LOURDES MORAZA M. & BAUTISTA S. 2020. Vegetation pattern modulates ground arthropod diversity in semi-arid Mediterranean steppes. *Insects*, 11(1): 59. <https://doi.org/10.3390/insects11010059>
- MENTA C., CONTI F. D., PINTO S. & BODINI A. 2018. Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale. *Ecological Indicators*, 85: 773–780. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.030>
- MENTA C. & REMELLI S. 2020. Soil health and arthropods: from complex system to worthwhile investigation. *Insects*, 11(1): 54. <https://doi.org/10.3390/insects11010054>
- MONTANARELLA L. 2007. Trends in land degradation in Europe. In: SIVAKUMAR M.V.K. & NDIANG'UI N. (eds): *Climate and land degradation. Environmental science and engineering*. Springer, Berlin, Heidelberg, pp. 83–104.
- MSZ-08-0210:1977. A talaj szerves széntartalmának meghatározása, Magyar Szabvány.
- MSZ-08-0205:1978. A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Általános előírások. A talajminta előkészítése. Magyar Szabvány.
- MSZ-08-0206-2:1978. A talaj egyes kémiai tulajdonságainak vizsgálata. Laboratóriumi vizsgálatok.
- MSZ 20135:1999. A talaj oldható tápelemtartalmának meghatározása. Magyar Szabványügyi Testület, Budapest.
- NASA, NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION 2023. Prediction of Worldwide Energy Resource (POWER) Project. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer> (utolsó megtekintés: 2023. nov. 14.)
- PARISI V., MENTA C., GARDI C., JACOMINI C. & MOZZANICA E. 2005. Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 105(1–2): 323–333. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.02.002>
- PRATHER R.M., CASTILLIONI K., WELTI E.A.R., KASPARI M. & SOUZA L. 2020. Abiotic factors and plant biomass, not plant diversity, strongly shape grassland arthropods under drought conditions. *Ecology*, 101(6): e03033. <https://doi.org/10.1002/ecy.3033>
- RICOTTA C. & PODANI J. 2017. On some properties of the Bray-Curtis dissimilarity and their ecological meaning. *Ecological Complexity* 31: 201–205. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2017.07.003>
- RUPPERT E.E., FOX R.S. & BARNES R.D. 2004. *Invertebrate zoology: a functional evolutionary approach*. Belmont, CA: Thomson-Brooks/Cole, 1018 pp.
- STERZYŃSKA M., SHRUBOVYCH J. & NICIA P. 2017. Impact of plant invasion (*Solidago gigantea* L. [sic]) on soil mesofauna in a riparian wet meadows. *Pedobiologia*, 64: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.07.004>
- USTINOVA E.N., SCHEPETOV D.M., LYSENKOV S.N. & TIUNOV A.V. 2021. Soil arthropod communities are not affected by invasive *Solidago gigantea* Aiton (Asteraceae), based on morphology and metabarcoding analyses. *Soil Biology and Biochemistry*, 159: 108288. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108288>
- VÉGH L. 2012. Protecting green spaces: *Identifying areas for protection in Felsőrákos meadows (Budapest, Hungary) through habitat mapping*. 87 pp.

- WAGG C., BENDER S.F., WIDMER F. & VAN DER HEIJDEN M.G.A. 2014. Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(14): 5266–5270. <https://doi.org/10.1073/pnas.1320054111>
- WEIDENHAMER J.D. & CALLAWAY R.M. 2010. Direct and indirect effects of invasive plants on soil chemistry and ecosystem function. *Journal of Chemical Ecology*, 36(1): 59–69. <https://doi.org/10.1007/s10886-009-9735-0>
- XU S., LI K., LI G., HU Z., ZHANG J., IQBAL B. & DU D. 2022. Canada Goldenrod Invasion Regulates the Effects of Soil Moisture on Soil Respiration. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(23): 15446. <https://doi.org/10.3390/ijerph192315446>
- YAN S., SINGH A. N., FU S., LIAO C., WANG S., LI Y., CUI Y. & HU L. 2012. A soil fauna index for assessing soil quality. *Soil Biology and Biochemistry*, 47: 158–165. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.11.014>
- YE X.Q., YAN Y.N., WU M. & YU F. 2019. High capacity of nutrient accumulation by invasive *Solidago canadensis* in a coastal grassland. *Frontiers in Plant Science*, 10: 575. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00575>
- ZHANG C.B., WANG J., QIAN B.Y. & LI W.H. 2009. Effects of the invader *Solidago canadensis* on soil properties. *Applied Soil Ecology*, 43(2): 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.07.001>
- ZHANG S., ZHU W., WANG B., TANG J. & CHEN X. 2011. Secondary metabolites from the invasive *Solidago canadensis* L. accumulation in soil and contribution to inhibition of soil pathogen *Pythium ultimum*. *Applied Soil Ecology*, 48(3): 280–286. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.04.011>
- ZHU X., LI W., SHAO H. & TANG S. 2022. Selected aspects of invasive *Solidago canadensis* with an emphasis on its allelopathic abilities: A review. *Chemistry & Biodiversity*, 19(10): e202200728. <https://doi.org/10.1002/cbdv.202200728>

Preliminary results on the effects of Canadian goldenrod (*Solidago canadensis* L.) invasion on biological soil quality in an urban meadow

JANKA KOMLÓSI^{1*}, ELISABETH HORNUNG¹ & ZSOLT TÓTH²

¹ University of Veterinary Medicine, Department of Zoology, István utca 2, 1078 Budapest, Hungary

² Institute for Soil Sciences, Centre for Agricultural Research, HUN-REN, Herman Ottó út 15, 1022 Budapest, Hungary

* E-mail: kajansikomlo@gmail.com

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 3–20.

Abstract. Healthy soil is vital to all terrestrial ecosystems, providing a habitat for a wide range of organisms whose activities ensure the continuity of the nutrient cycle. In addition to classical physical, chemical, and microbiological parameters, indicators based on soil arthropods are simple and cost-effective alternatives for assessing soil condition. In our study, we investigated the effects of Canadian goldenrod invasion on soils using arthropod-based soil quality indices. To collect soil arthropods, soil samples were taken in springs (May) over two years from invaded and non-invaded plots in the Felsőrákos Meadows Nature Reserve (Budapest, Hungary). After extraction, the arthropods were sorted into larger groups. As background variables, local (basic soil physical and chemical parameters) and landscape properties were also measured. None of the quality indices showed significant differences between the soils of the invaded and control plots. However, there were significant differences in the taxonomic composition of soil arthropod assemblages, while the functional community structure was separated by the two study years, regardless of habitat vegetation. The main drivers of biological soil quality were soil moisture and the proportion of woody habitats, both had positive effects. In conclusion, based on the spring data, the goldenrod invasion had no detectable effect on biological soil quality, although it significantly affected the taxonomic composition of soil arthropod communities. However, to get a more accurate picture, additional seasonal data are needed, taking into account the temporal variation in goldenrod phenology.

Keywords: Arthropoda, degradation, ecological indicator, invasive plant, soil biodiversity

Accepted: 28.01.2024

Published online: 13.02.2024

A hasadékpókok második előfordulása Magyarországon (Araneae: Haplogynae, Filistatidae)

SZÜTS TAMÁS

Állatorvostudományi Egyetem, Biológiai Intézet, Zoológiai Tanszék, 1077 Budapest, Rottenbiller u. 50.
E-mail: szuts.tamas@univet.hu

Kivonat. A hasadékpókok (Filistatidae család) a Mediterráneum jellegzetes és elterjedt képviselői. Eleddig egyetlen magyar előfordulásukról volt tudomásunk, 1985-ben PEKKA LEHTINEN három példányt gyűjtött (az adatok közlésére 2019-ben került sor), melyek a Turku Egyetem gyűjteményében találhatóak. A családnak további magyarországi észlelései a várakozások ellenére nem voltak, és majdnem négy évtized után került újra elő: 2024. április 20-án egy hím példányt sikerült fogni Budapesten, ami a Magyar Természettudományi Múzeumban került elhelyezésre. A majdnem negyvenévnnyi észlelési hiátus a csoport kevésbé ismert jellegéből adódhat. A jelen közlemény számos habitus- és párzószervi fotót közöl, a jövőbeli azonosítás elősegítésére.

Kulcsszavak: behurcolás, megtelepedés

Elfogadva: 2024.06.27.

Elektronikusan megjelent: 2024.07.01.

Bevezetés

Magyarország faunájának egyik intenzíven vizsgált csoportját alkotják a pókok (Araneae). Tucatnyi szakember, számos hallgató és diák mellett számtalan érdeklődő amatőr pókszakértő aktív érdeklődése bizonyítja Herman Ottó híres sorait: „*az araneologia mivelése kiegészítő részét képezi a culturnépek tudományos szellemének*” (HERMAN 1876).

A közelmúlt kutatásainak eredményeképpen folyamatosan bővül a magyar fauna feltárt-sága. A negyed-évszázada megjelent – a modern pókfauna-kutatás kezdő mérföldkővét jelentő – fajlista közlése óta (SAMU & SZINETÁR 1999) számos (egészen pontosan 87) új fajjal gyarapodott a faunalistánk. Ezek között vannak Magyarországról leírt fajok is, mint pl. a *Pelecopsis loksai* SZINETÁR & SAMU, 2003 (SZINETÁR & SAMU 2003), az európai állalópók (*Trebacosa europaea* SZINETÁR & KANCSAL, 2007; SZÜTS *et al.* 2017), a kisal-földi szirtipók (*Parasyrisca arrabonica* SZINETÁR & EICHARDT, 2009; SZINETÁR *et al.* 2009), a deres bikapók (*Eresus hermani* KOVÁCS, PRAZSÁK, EICHARDT, VÁRI & GYURKO-VICS, 2015; KOVÁCS *et al.* 2015) és a *Sernokorba betyar* (GALLÉ-SZPISJAK, GALLÉ & SZÜTS, 2023; GALLÉ-SZPISJAK *et al.* 2023), illetve új jövevényfajok, pl. *Icius subinermis* (KORÁNYI *et al.* 2017), *Zodarion zorba* (SZINETÁR *et al.* 2015), *Pandava laminata*, *Oecobius maculatus* (PFLIEGLER *et al.* 2012), *Triaeris stenaspis* és *Coleosoma floridanum* (PFLIEGLER 2014) is.



1. ábra. A *Filistata insidiatrix* élő példányai. a): adult hím (Szlovénia 2015); b): adult nőstény (Szlovénia 2015); c): a 2024-es észlelés példánya (Budapest 2024); d): a gyűjtőüvegben látható példány, oldalnézetből (Budapest 2024). A nyilak a hosszú tapogatólábát mutatják. (fotók: SZÜTS T.)

Figure 1. *Filistata insidiatrix*, alive specimens. a): adult male, Slovenia; b): adult female, Slovenia; c): the 2024 record's specimen; d): specimen in a collecting tube, lateral view. Arrows point at the elongated palps. (photos by T. SZÜTS)

A faunára új fajok esetében az azonosítás általában nehézkes, hiszen jellemzően nem „megszokott” genuszokhoz, hanem néhány esetben Magyarországról akár addig ismeretlen pókcsaládokhoz tartozó fajokról van szó. Ez nyilvánvalóan megnehezíti a közép-európai fajokban/családokban jártas pókászok dolgát. Szerencsére az arachnológusokat számos online adatbázis és rendszeresen frissített határozókulcs segíti: a friss faunisztikai adatokat is tartalmazó *Spinnen Mitteleuropas* online kiterjesztett verziója (NENTWIG *et al.* 2024), PIERRE OGER fényképes adatbázisa (OGER 2024) vagy a teljes póktaxonómiai irodalmat tartalmazó világcatalógus, a WSC (WSC 2024). Így olyan esetekben, mint az Oecobiidae (PFLIEGLER *et al.* 2012), a Zoropsidae (SZINETÁR *et al.* 2014), vagy az idén kimutatott

Ochyroceratidae család (SZINETÁR *et al.* 2024) esetében, melyek ritkán vagy egyáltalán nem szerepelnek a közép-európai határozókban, van hova fordulni.

A hasadékpókok családja (1. ábra) is egy olyan pókcsalád, amely a magyar faunával foglalkozó munkákból általában hiányzik (kivéve CHYZER & KULCZYŃSKI 1897, valamint SZINETÁR & KOVÁCS 2024), ugyanakkor magyarországi előfordulásai valószínűek. A jelen közlemény célja, hogy könnyítse a habitat-, habitus- és párzószervi képek segítségével a jövőbeni határozásokat, továbbá felhívja a figyelmet a hasadékpókok fajainak várható előkerülésére.

Anyag és módszer

A *Filistata insidiatrix* hím példányát 2024.04.20-án, egy XIV. kerületi, újjépítésű, budapesti ingatlan harmadik emeleti lakásában gyűjtöttem. A példány a Magyar Természettudományi Múzeumban (gyűjteményvezető: DEÁKNÉ LAZÁNYI-BACSÓ ESZTER) „HNHM Araneae 11410” leltári számon került elhelyezésre.

A habitusképek egy NIKON D300-s digitális tükörreflexes géppel Szlovéniában és Portugáliában készültek. A Budapesten frissen gyűjtött példány habitusképei egy Huawei Mate20 Pro mobiltelefon kamerájával készültek. A multifokális palpuszképeket Nikon Eclipse E200-ra helyezett Tucsen Michrome 20 kamerával készült rétegeképekből generáltam Helicon Focus 8.0 program segítségével.

Eredmények

A *Filistata insidiatrix* (FORSSKÁL 1775) egy hím példányát figyeltem meg és gyűjtöttem be. A család azonosítása relative egyszerű. Az egy csoportban álló szemek és az egyszerű hím párzószerv tipikus Haplogynae csoportbélyegek, ugyanakkor ez az egyetlen olyan család a taxonban, amelyiknek nyolc szeme van (nem pedig hat), szövőlappal is (ZONSTEIN & MARUSIK 2019) és nyüsttel is rendelkezik, amely azonban proximális helyzetű (a többi szövőlapos családdal ellentétben). A *Filistata* genusz a nagyobb termete és a hímek hosszú tapogatólábai miatt, amelyek az első comb körülbelül kétharmadáig érnek (1. ábra, c–d), egyszerűen felismerhető. A mediterrán hasadékpók (*Filistata insidiatrix*) határozása, a közeli fajoktól való elkülönítése, az alábbi jelek segítségével történhet: a hosszú és egyenes hímtag vége megtörik és egy lemezszerű képlet található a végén (2. ábra, a–b). (A *F. gomerensis* és *F. canariensis* esetében a hímtag rövid, a *F. wunderlichi* faj hímjeinél nem törik meg és hajlott, a *F. lehtineni* esetében csavart.) A nemzetség többi fájától a hímtag megtörése mellett a végizen található felmeredő sertecsomó is segít az elkülönítésben (2. ábra, c és d).



2. ábra. A *Filistata insidiatrix* tapogatólába. a): ivarhólyag közelkép, prolaterális nézet; b): ivarhólyag közelkép, retrolaterális nézet; c): tapogatóláb, prolaterális nézet; d): tapogatóláb, retrolaterális nézet. (fotók: SZÜTS T.)

Figure 2. Male palp of *Filistata insidiatrix*. a): bulb closeup, prolateral view; b): bulb closeup, retrolateral view; c): male palp, prolateral view; d): male palp, retrolateral view. (photos by T. SZÜTS)

Értékelés

A mediterrán hasadékpók öt éve publikált majdnem negyvenéves magyarországi adata több kérdést is felvet. Egyrésztől egy helyről hímek és nőstények befogása egy megtelepedett faj látszatát kelti (ZONSTEIN & MARUSIK 2019), ugyanakkor ez a relatíve nagytermetű faj az épületlakó pókfauna kutatásai (lásd SZINETÁR & KOVÁCS 2024) során nem került elő. Jelen adata nagy valószínűséggel friss behurcolás, figyelembe véve a Mediterráneumból származó intenzív kereskedelmi áruforgalmat és a kevésbé tipikus lelőhelyet. Hasonló helyzetben van az olasz darócpók, a *Segestria florentina* (ROSSI, 1790) is (SZINETÁR CSABA szóbeli közlése). A nagytermetű, szintén lakóépületekben is előforduló fajt először Szegeden jelezték (KOVÁCS & SZINETÁR 2004), de újabb előfordulása lassan két évtizede várat magára.

Egy új faunatag esetében az egyik sorsdöntő lépés, amikor az adott faj valóban megtelepszik, és utánpótlás nélküli önfenntartó populáció alakul ki. LEHTINEN 1985-ös gyűjtése valószínűleg egy málló vakolatú belvárosi épületből származhat, ahol elképzelhető egy ilyen populáció megtelepedése és fennmaradása. A jelenlegi nyaralási trendeket figyelembe véve, amikor sokan utaznak az Adriai-tenger környékére, illetve Görög- vagy Törökországba, ahol ez a faj közönséges, szinte bizonyos, hogy a faj behurcolása időről időre megtörténhet. Felmerül persze a kérdés, hogy egészen pontosan hol kellene keresni a hasadékpókok esetlegesen megtelepedő példányait? A sziklás élőhelyeken túl, jellemzően emberközeli, számos repedést kínáló régi, romos épületek, téglafalak, téglarakások azok a mikroélethelyek, ahol jellegzetes, szövölapos, száraz hálóját ez a pók elkészítheti (3. ábra). A hálóból különösebb nehézség nélkül kicsalogatható vagy kipszikkálható.

Bízom abban, hogy ez a közlemény a pókok iránt érdeklődők kíváncsiságát felkeltve segíti a faj célirányos keresését, így követhessük a faj északi irányú terjedését, igazolhassuk feltételezett aktuális jelenlétét.



3. ábra. A mediterrán hasadékpók élőhelye Portugáliában (2007). a): téglafal hasadékában található nyílás mellett őrködő hím; b): szövölapos selymet nyüstölő nőtény egy lakóhasadékban. (fotók: SZÜTS T.)

Figure 3. Habitat of the Mediterranean Crevice weavers in Portugal (2007). a): cribellate web around a brick wall's crevice with a guarding male; b): cribellate silk production by the female. (photos by T. SZÜTS)

Köszönetnyilvánítás. Köszönettel tartozom a kézirat bírálóinak, SZINETÁR CSABÁNAK (Szombathelyi Arachnológiai Műhely) és HORNUNG ERZSÉBETNEK a kézirat átnézéséért. TÓTH BALÁZSNAK a kézirat szerkesztéséért. ALIREZA ZAMANI a Turkui Egyetem gyűjteményét nézte át a példányokért, amit ezúton is köszönök.

Irodalomjegyzék

- CHYZER C. & KULCZYŃSKI W. 1897. *Araneae Hungariae. Tomus II.* Academia Scientiarum Hungaricae, Budapest, pp. 147–366.
- GALLÉ-SZPISJAK N., GALLÉ R. & SZÜTS T. 2023. A review of the genus *Sernokorba* Kamura, 1992 (Araneae, Gnaphosidae). *Zoosystematics and Evolution*, 99(2): 325–335. <https://doi.org/10.3897/zse.99.103061>
- HERMAN O. 1876. *Magyarország pók-faunája I.* Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest, 119 pp. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.9704>
- KORÁNYI D., MEZŐFI L. & MARKÓ V. 2017. First record of the jumping spider *Icius subinermis* (Araneae, Salticidae) in Hungary. *Arachnologische Mitteilungen*, 54: 38–40. <https://doi.org/10.5431/aramit5408>
- KOVÁCS G., PRAZSÁK I., EICHARDT J., VÁRI G. & GYURKOVICS H. 2015. A new ladybird spider from Hungary (Araneae, Eresidae). *ZooKeys*, 494: 13–30. <https://doi.org/10.3897/zookeys.494.8676>
- MEZŐFI L. & MARKÓ V. 2018. Some rare and remarkable spider species from Hungary (Arachnida: Araneae). *Arachnologische Mitteilungen*, 55: 1–9. <https://doi.org/10.30963/aramit5501>
- NENTWIG W., BLICK T., BOSMANS R., GLOOR D., HÄNGGI A. & KROPF C. 2024. *Spiders of Europe. Version 6.2024.* <https://www.araneae.nmbe.ch> (utolsó megtekintés: 2024. jún. 24.) <https://doi.org/10.24436/1>
- OGER P. 2024. *Les araignées de Belgique et de France.* <https://arachno.piwigo.com/> (utolsó megtekintés: 2024. jún. 24.)
- PFLIEGLER W.P. 2014. Records of some rare and interesting spider (Araneae) species from anthropogenic habitats in Debrecen, Hungary. *e-Acta Naturalia Pannonica*, 7: 143–156.
- PFLIEGLER W.P., PFEIFFER K.M. & GRABOLLE A. 2012. Some spiders (Araneae) new to the Hungarian fauna, including three genera and one family. *Opuscula Zoologica*, 43: 179–186.
- SAMU F. & SZINETÁR CS. 1999. Bibliographic check list of the Hungarian spider fauna. – *Bulletin of the British Arachnological Society*, 11: 161–184.
- SZINETÁR CS. & KANCSAL B. 2007. *Trebacosa europaea*, a new wolf spider from Hungary (Araneae, Lycosidae). *Journal of Arachnology*, 35: 153–158. <https://doi.org/10.1636/H06-23.1>
- SZINETÁR CS. & KOVÁCS G. 2024. *Magyarország épületlakó pókjai. Expedíció a lakásunkban.* Savaria University Press Kiadó, Szombathely, 184 pp.
- SZINETÁR CS., KOVÁCS P. & EICHARDT J. 2015. A kisalföldi meszes homokpuszta katonai használatú gyepterületeinek pókfaunája (Araneae). [Spiders (Araneae) of the Győr-Gönyű military shooting range]. *RENCE*, 1: 237–260.
- SZINETÁR CS. & SAMU F. 2003. *Pelecopsis loksai* sp. n., a new erigonine spider from Hungary (Araneae: Linyphiidae). *Bulletin of the British Arachnological Society*, 12: 412–414.
- SZINETÁR CS., EICHARDT J. & SZÜTS T. 2009. The first lowland species of the Holarctic alpine ground spider genus *Parasyrisca* (Araneae, Gnaphosidae) from Hungary. *ZooKeys*, 16: 197–208. <https://doi.org/10.3897/zookeys.16.234>
- SZINETÁR CS., TÖRÖK T. & SZÜTS T. 2014. *Zoropsis spinimana*, mint új épületlakó pókfaj Magyarországon. *A NyME Savaria Egyetemi Központ Tudományos Közleményei XX. Természettudományok*, 15: 105–113.
- SZINETÁR CS., TAKÁCS-VÁGÓ H. & EICHARDT J. 2024. A *Theotima minutissima* (Petrunkevitch, 1929) előfordulása Magyarországon (Araneae: Ochyroceratidae). A délkelet-ázsiai jövevényfaj megtelepedése Európában. *Biológia Savaria Természettudományi és Sporttudományi Közlemények*, 21: 105–112.

- SZÜTS T., ZALAI B., VILLEPOUX O., BUCHHOLZ S., EICHARDT J., ZHUKOVETS E.M., OGER P. & SZINETÁR CS. 2017. On the identity of the Palearctic species of the wolf spider genus *Trebacosa* (Araneae: Lycosidae). *Zootaxa*, 4216(4): 384–394. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4216.4.6>
- WORLD SPIDER CATALOG 2024. *World Spider Catalog. Version 25.0. Natural History Museum Bern*, <http://wsc.nmbe.ch> (utolsó megtekintés: 2024. jún. 24.) <https://doi.org/10.24436/2>
- ZONSTEIN S. & MARUSIK Y.M. 2019. A revision of the spider genus *Filistata* (Araneae: Filistatidae). *Arachnology*, 18(2): 53–93. <https://doi.org/10.13156/ arac.2018.18.2.53>

The second occurrence of the crevice weaver spiders in Hungary (Araneae: Haplogynae, Filistatidae)

TAMÁS SZÜTS

University of Veterinary Medicine Budapest, Institute of Biology, Department of Zoology
Rottenbiller u. 50, H-1077 Budapest, Hungary
E-mail: szuts.tamas@univet.hu

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 21–28.

Abstract. Crevice weaver spiders (Filistatidae) are characteristic and widespread members of the Mediterranean. So far only one occurrence has been known, in 1985 PEKKA LEHTINEN collected three specimens (data have been published in 2019), which are in the collection of the University of Turku. There were no further Hungarian records of the family despite expectations, but almost four decades later in 2024, on the 20th of April a male specimen has been captured in Budapest, which is deposited in the collection of the Hungarian Natural History Museum. The almost forty years hiatus may have caused by the relatively poorly known status of the family in Hungary. This publication provides therefore numerous habitus, habitat and copulatory organ photos to aid future identification.

Keywords: establishment, introduction.

Accepted: 27.06.2024

Published online: 01.07.2024

A Torna-patak Ajka városán át futó szakaszának halfaunisztikai és élőhelyi vizsgálata

SÁLY PÉTER^{1,2*} és DULEBA MÓNICA³

¹ HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, 1113 Budapest, Karolina út 29.

² HUN-REN Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, 1113 Budapest, Karolina út 29.

³ NÉBIH ÉLI Mikrobiológiai Nemzeti Referencia Laboratórium, 1095 Budapest, Mester utca 81.

*E-mail: saly.peter@ecolres.hu

Kivonat. A dolgozat adatokat közöl a Torna-patak Ajka városán keresztül futó szakaszának halfaunájáról és dokumentálja a pataki élőhely állapotát. A terepi adatgyűjtés egyszeri alkalommal, 2023 májusában történt, Ajkán belül öt, egyenként 150 m hosszú mintavételi szakaszon. A halállomány mintázását követően öt olyan élőhelyi változóról rögzítettünk adatokat, melyek befolyásolhatják a halak patakon belüli eloszlását, előfordulását. Eredményül összesen négy halfaj (*Barbatula barbatula*, *Gobio gobio* complex, *Rutilus rutilus*, *Squalius cephalus*) 13 egyede került elő. A mintavételi helyenként fogott fajsza egy és kettő között, az összegyedszám pedig egy és öt között változott. A kimutatott halfajok mind természetesen honosak voltak, köztük kettő védett faj volt, és nem találtunk fokozottan védett, közösségi jelentőségű (Natura 2000), valamint idegenhonos halfajt. Járulékos fogásként a folyami rák (*Astacus astacus*) és fiatal zöld békák (*Pelophylax* spp.) példányaival találkoztunk. A területen a Torna-patak hidrogeológiai szempontból módosított, illetve erősen módosított. A dolgozat az élőhely ökológiai, illetve halfauna szempontjából várhatóan kedvező hatású kezelésére vonatkozó javaslatokat is tárgyalja.

Kulcsszavak: halegyüttes-szerkezet, folyami rák *Astacus astacus*, ökológiai állapot, városökológia, villámárvíz

Elfogadva: 2024.06.25.

Elektronikusan megjelent: 2024.06.27.

Bevezetés

A Torna-patak Csehbánya közelében ered és Karakó közelében torkollik a Marcal folyóba. A patak felső szakasza a Tornába torkolló Csinger-patakkal együtt a 2015. évi Vízyűjtő Gazdálkodási Terv vízfolyás-típológiai besorolása szerint a 3-as hidromorfológiai típusba tartozik: közepes nagyságú vízyűjtővel rendelkező, nagy esésű (> 5‰), meszes, durva szemcsés aljzatú dombvidéki-középhegységi megjelenésű vízfolyás. A patak völgy városon belüli kiszélesedése alapvetően dombvidéki jellegű táj.

A Torna Ajka városán átfolyó része végig módosított, azonban a módosítottság jellege és megjelenése szerint az ajkai szakasz nem egységes. A patak döntően az árterétől elválasztva, szabályozott mederben fut. A meder a belvárosban jellemzően mesterségesen burkolt,

és csupán a város felső végén, a lakott terület határán, illetve afelett burkolatlan. A burkolt medrű szakaszokon a rohanó víz nem képes mélységi erózióra, viszont a burkolatlan szakaszokon a patak erodálja a medrét, ami a patak talajfelszínhez képesti fokozatos süllyedéséhez (mederbevágódáshoz) vezetett. A mederbevágódás a kanyarulatoktól megfosztott szabályozott patakot még inkább elszigeteli az oldalirányú természetes ártértől. A lerövidült futáshossz és az ártérrel való kapcsolat megszűnése miatt a módosított meder nem tudja a hirtelen esőzésekkel járó vízmennyiséget levezetni. Ezzel együtt a szabályozott meder a természetes medrű középhegységi-dombvidéki patakokhoz képest kevésbé változatos vízi élőhelyet kínál a pataklakó élőlényeknek.

A Torna-patak Devecser feletti és Ajka feletti szakaszán HARKA & SZEPESI (2011) 2008-ban végzett felmérésekor nem fogott halakat. Később SALLAI (2013) Ajka belvárosában 2012-ben végzett felmérése eredményeként a védett kövicsík (*Barbatula barbatula*) észlelését közölte, és közvetetten utalt az idegenhonos tarkagéb (*Proterorhinus semilunaris*) előfordulására is (azokat a helyeket írta le, ahol nem fogták meg a fajt). Ezek a kutatások arra utalnak, hogy a Torna-patak halfaunája az idézett vizsgálatok idején Ajka térségében igen szegényes volt, a természetközeli középhegységi-dombvidéki patakok halfaunájától távol állt.

Jelen vizsgálat célja, hogy rápillantást adjon a Torna-patak Ajka városán keresztül futó szakaszán aktuálisan előforduló halfajokra és azok mennyiségi viszonyaira, valamint dokumentálja a vizsgált patakszakasz halak szempontjából releváns, aktuális élőhelyi tulajdonságait.

Anyag és módszer

Előzetes terepbejárás során azt tapasztaltuk, hogy a vizsgálati területen a patak több, egymástól eltérő, önmagukra vonatkozóan azonban többé-kevésbé egyöntetű megjelenést mutató szakaszra tagolódott. Ezért a mintavételi szakaszok kijelölése azt a szempontot követte, hogy ezek a homogénebb megjelenésű patakszakaszok reprezentálva legyenek a mintavételben. Összesen öt mintavételi szakaszt jelöltünk ki felmérésre (1. ábra, 1. táblázat). Az egyes mintavételi szakaszok hossza 150 m volt.

1. táblázat. A mintavételi szakaszok azonosítója (ID), valamint a mintavételi szakaszok alsó helyzetű (start) és felső helyzetű (end) végpontjainak geokoordinátái EOVS koordináta rendszerben.

Table 1. Identification codes of the sampling reaches (ID), and the geocoordinates (National Unified Projection of Hungary, EOVS) of the downstream (start) and upstream (end) endpoints of the sampling reaches.

ID	EOV_Y_start	EOV_X_start	EOV_Y_end	EOV_X_end	Megjegyzés
01	536832	196594	536967	196659	Pénzes-híd felett
02	537221	196704	537373	196705	betonárok
03	537696	196840	537834	196904	autóbusz-állomás felett
04	538386	197491	538497	197626	lakott terület határa
05	539032	198061	539082	198199	vasúti híd felett



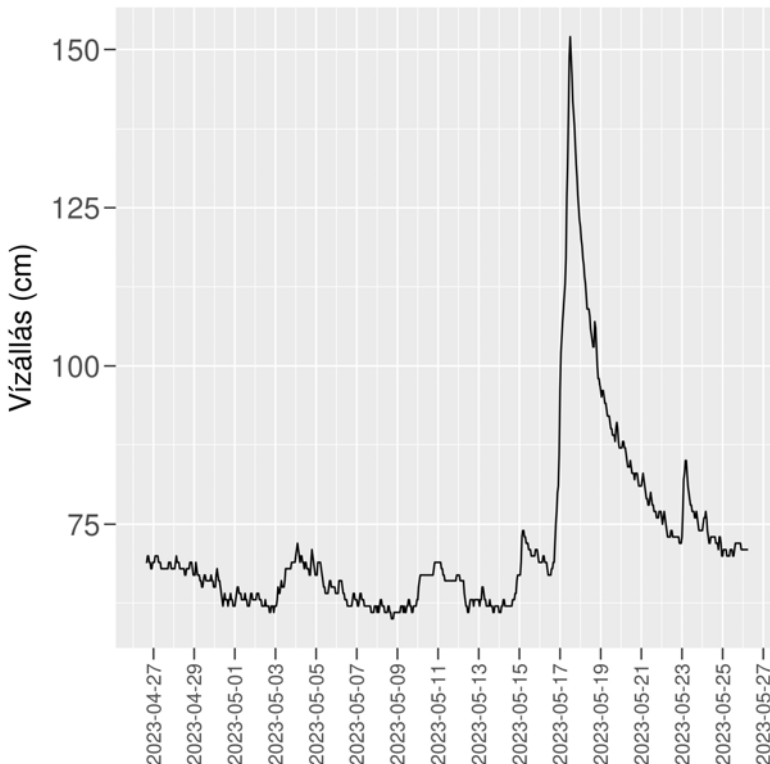
1. ábra. A mintavételi szakaszok elhelyezkedése az ajkai vizsgálati területen (OpenStreetMap contributors 2015)

Figure 1. Location of the sampling reaches in the Torna Creek in the town of Ajka, Hungary (OpenStreetMap contributors 2015)

Az első, folyásirány szerint a legalsó helyzetű mintavételi szakasz (azonosító: 01) mesterségesen burkolt, egyenes futású, homogén mederrel rendelkezett. Fák a medertől távol voltak, így nem volt lombborítás a patak felett. A második mintavételi szakasz (azonosító: 02) volt a felmért szakaszok közül a legmódosítottabb, gyakorlatilag egy betonárok. A harmadik mintavételi szakasz (azonosító: 03) egy keskeny, igen gyors futású szakasz volt, füves rézsűvel. A negyedik szakasz (azonosító: 04) egy, a mederben levő betonlépcső felett, a város szélén lévő lakótelkeknek újonnan kiarcellázásra szánt terület mellett futott. Az erősen bevágódott meder enyhe kanyarulatokat is tartalmazott, és a bal parton a szomszédos ingatlanok kertjei a meder széléig értek le. Az ötödik, folyásirány szerint a legfelső helyzetű mintavételi szakasz (azonosító: 05) a városon kívül volt, ahol a patak völgye a határoló dombok miatt a többi szakaszhoz képest lényegesen beszűkült. A felmért szakaszok közül ez volt a legkevésbé módosított, ugyanakkor a meder itt is bevágódott, és a meder melletti fák kivágása korábbi vízrendezési beavatkozásra utalt. Ezen a szakaszon hódok (*Castor fiber*) életnyomaival (kotorékok, gátak, rágott fák, mederben kijárt árkok) is találkoztunk.

A terepi adatgyűjtés 2023. május 22–23-án történt. A halállomány mintavétele a VKI szerinti ökológiai állapotminősítéshez javasolt mintavételi módszertant követte (ERŐS *et al.* 2020). A halászat a mintavételi szakasz két végpontja között, az alsó helyzetű felől a felső helyzetű felé a vízben gázolva, háton hordozható, akkumulátorról üzemelő halászgéppel történt (Hans-Grassl IG200/2B, PDC, *c.* 70 Hz, 400 V, max. 20 A, max. 10 kW). Az elkábított és megfogott halakat faji azonosításuk után sértetlenül visszaengedtük élőhelyükre.

A halászat után a mintavételi szakaszon belül hat keresztmetszetre kihelyezett transzektek mentén öt élőhelyi változóra vonatkozóan rögzítettünk adatokat. A szakaszon belül a szomszédos transzektek közötti távolság hasonló volt, így a hat transzekt térben közelítőleg egyenletesen fedte le a mintavételi szakaszt. A meder két oldalán a patak melletti növényzet jellegét vizuálisan becsültük: a víz szegélyétől 5 m távolságon belül lévő domináns növényzet típusát lágyszárú vagy fásszárú kategóriába soroltuk (parti vegetáció). A víztükör szélességét mérőszalaggal mértük (víztükörszélesség). A vízmélységet a transzekt mentén egyenletesen elosztott transzektpontokon méterrúddal mértük (vízmélység). A mederaljzat típusát a transzektpontokban vizuális és tapintásos vizsgálat alapján becsülve soroltuk kategóriákba (aljzatösszetétel). A vízsebességet úsztatásos módszerrel becsültük: egy vízzel töltött műanyag golyó ismert úthosszon való úszási idejét mérve, a vízáramlási sebességet az út és az idő alapján három ismételt mérés átlagaként számítottuk (vízsebesség). Kivételt képezett a 02. azonosítójú mintavételi hely, ahol a keskeny meder miatt csak két ismételt mérést végeztünk. Az alkalmazott terepi adatgyűjtés módszertana részletesen MARODA & SÁLY (2023) munkájában olvasható.



2. ábra. Vízállásgörbe az Ajka alatt található apácatornai vízmércén 2023-04-26, 15:00 és 2023-05-26, 06:00 között. LKV: 17 cm, LNV: 310 cm (adatok forrása: www.vizugy.hu).

Figure 2. Water level time series of the Torna Creek between 2023-04-26 15:00 and 2023-05-26 06:00 that was recorded at the gauge of Apácatorna, a small village downstream the study area (data source: www.vizugy.hu).

A terepi adatgyűjtést megelőző napokban a vízgyűjtőn csapadékos időjárás volt (2. ábra). Ezért a mintavételkor a mederben levő vízállás még enyhén apadt, a víz átlátszósága pedig közepesen zavaros volt. Ugyanakkor, a mintavétel első napján a 02. és 03. mintavételi helyek felmérése között egy felhőszakadás történt. Ennek következtében a 03. mintavételi szakaszon a mintavételkor a víz erősen zavaros volt. Ezen esőzés okozta árhullám a mintavétel másnapjára levonult, így a mintavétel második napján a mintavétel vízállási és időjárási körülményei megegyeztek az első mintavételi nap kezdetén levő, meleg, kora nyári, napsütéses időjárás, és enyhén apadó közepesen zavaros vízállási körülményekkel.

Adatfeldolgozás

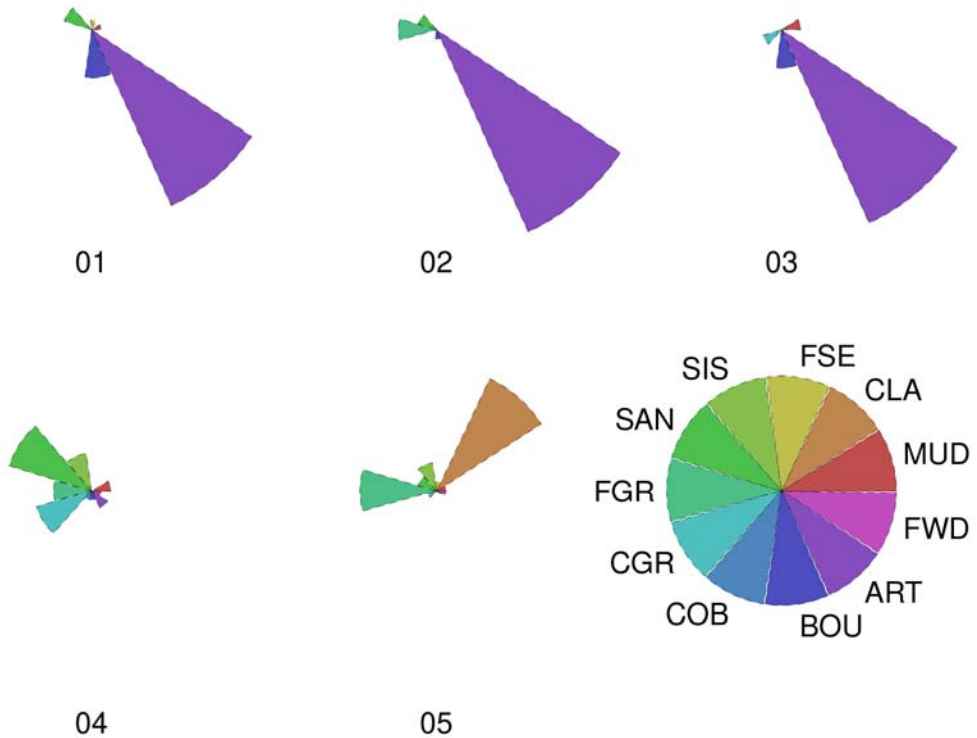
A mintavételi szakaszok élőhelyi jellegét a terepen gyűjtött élőhelyi változók adatainak statisztikai eloszlásával jellemeztük. A halállomány összetételét az összes fogott halpéldány számával (összegyedszám), a fogott fajok számával (fajszám), a fogott fajok halmazával (fajkészlet), és a fajonként fogott egyedszámmal (fajkompozíció), jellemeztük. A fajkészletben megadtuk a halfajok biogeográfiai besorolását (természetesen honos vs. idegenhonos), valamint a természetvédelmi védetség helyzetét (nem védett, védett, fokozottan védett, EU-s közösségi jelentőségű védetség). A halállomány diverzitásának jellemzéséhez kiszámítottuk a Simpson-féle kvadratikust, a Shannon–Wiener-féle, és a Pielou-féle mutatókat. A halfauna természetvédelmi értékességét a Guti-féle abszolút (Ta) és relatív (Tr) természeti érték mutatókkal jellemeztük (GUTI 1993, GUTI *et al.* 2014). A halfauna abszolút értéke az azonos veszélyeztetettségi kategóriába tartozó halfajok számának a veszélyeztetettségi kategóriákkal súlyozott összege; míg a halfauna relatív értéke az abszolút érték fajszámmal normalizált formája, így lehetővé teszi a különböző fajgazdagságú faunák összehasonlítását. Mindezen mutatókat az öt mintavételi szakaszra külön számítottuk. Végül, a vizsgálati terület halfaunájának természeti értékét az öt mintavételi szakasz összevont adatai alapján is megbecsültük.

Eredmények

Mintavételi szakaszok élőhelyi tulajdonságai

A 01–03. azonosítójú mintavételi szakaszok a város lakóövezetében találhatóak, mesterségesen burkolt medrűek voltak, a 02. teljes mértékben egy betonárokban futott. Ezen szakaszoknál a part mellett levő fák jellemzően a medertől távolabb (5 m távolságban) voltak, így nem volt lombborítás a meder felett. A 04. és 05. szakaszok a lakóövezet felett, jellemzően mesterséges mederburkolás nélküliek voltak. A partot itt többnyire közvetlenül szegélyezték a fák, árnyékolást vetve a mederre, vagy annak egy részére. Ugyanakkor helyenként a természetesen honos fák mellett idegenhonos akác (*Robinia pseudoacacia*) volt. A 04. szakaszon egy-egy helyen idegenhonos japánkeserűfű (*Fallopia* spp.) és bambusz (véltetően *Faregisa* spp.) is előfordult. A 01–03. szakaszokon a patak egyöntetűen keskeny volt, átlagos szélessége nem haladta meg a 2 m-t. Az átlagos vízáramlási sebesség 46–99 cm s⁻¹ között változott. Ehhez képest a 04. és 05. szakaszok szélesebbek (átlag: 2,6 m, illetve 3,1 m) és valamivel lassabban áramlóak voltak (átlag: 38,2 cm s⁻¹, illetve 38,0 cm s⁻¹). A széles-

séggel és a vízáramlási sebességgel ellentétben, az öt mintavételi szakasz átlagos vízmélysége hasonló volt (terjedelem: 21,6–28,5 cm), habár a 05. szakaszon a hódok élettevékenysége nyomán kialakult medermélyületek miatt a mélység változatosabb volt, mint a másik négy szakasz esetén (2–4. táblázatok, 3. ábra).



3. ábra. Az öt mintavételi szakasz aljzatprofilja. A szegmensek az adott aljzatkomponens mederfelszínborítási arányának becslését (%) szemléltetik. A 01–05 jelölések a mintavételi szakaszok azonosítói. Az aljzat kategóriák jelölésének jelentése a 4. táblázat feliratában olvashatók.

Figure 3. Texture of the bottom surface substratum in the five sampling reaches. Segments of the pie charts represents the estimated percentage of each substratum component. See Table 4 for the key of the substratum components.

2. táblázat. A parton a vízszegélytől a mederre merőlegesen öt méteres távolságon belüli növényzet fás szárú, illetve lágyszárú jellegének százalékos eloszlása. ID – a mintavételi szakasz azonosítója; n – mintanagyság. A 02. azonosítójú szakasz teljességében egy betonárokban futott, így nem volt parti növényzet.

Table 2. Percentage of the herbaceous and ligneous vegetation on the stream bank within a 5-metre-wide band next to the water. ID – identification codes of the sampling reaches; n – sample size. Sampling reach 02 was entirely in a concrete channel within an urban area, and it was not surrounded by vegetation. Lágyszárú – herbaceous vegetation; Fásszárú – ligneous vegetation.

ID	n	Fásszárú	Lágyszárú
01	12	25.0	75.0
02	–	–	–
03	12	50.0	50.0
04	12	75.0	25.0
05	12	58.3	41.7

3. táblázat. A mintavételi szakaszok víztükörszélességének, vízmélységének, valamint vízáramlási sebességének leíró statisztikái. ID – a mintavételi szakasz azonosítója; n – mintanagyság; SD – szórás; q25 – alsó kvartilis, q75 – felső kvartilis.

Table 3. Descriptive statistics of the wetted width, depth, and water velocity for each sampling reaches. ID – identification codes of the sampling reaches; n – sample size; Átlag – mean; SD – standard deviation; q25 – lower quartile; Medián – median; q75 – upper quartile.

ID	n	Átlag	SD	Min	q25	Medián	q75	Max
<i>Víztükörszélesség (m)</i>								
01	6	1.87	0.31	1.3	1.77	2.00	2.08	2.1
02	6	1.43	0.33	1.3	1.30	1.30	1.30	2.1
03	6	1.82	0.45	1.4	1.56	1.65	2.00	2.6
04	6	3.07	0.36	2.5	2.87	3.15	3.35	3.4
05	6	2.57	0.56	1.9	2.12	2.58	2.95	3.3
<i>Vízmélység (cm)</i>								
01	30	21.60	8.26	8	16.25	20.5	26.75	39
02	30	24.37	10.07	10	17.25	21.5	33.00	44
03	30	25.50	9.94	13	18.25	24.5	33.00	54
04	30	22.37	10.98	5	14.00	22.0	29.00	49
05	30	28.53	14.53	7	18.25	27.5	36.25	79
<i>Áramlási sebesség (cm s⁻¹)</i>								
01	6	45.60	19.40	24.58	28.82	44.21	62.83	67.88
02	6	64.24	32.12	27.76	39.07	63.98	81.51	111.61
03	6	98.77	28.07	61.14	81.53	97.90	114.86	139.12
04	6	38.16	17.62	18.53	27.75	33.13	46.80	66.90
05	6	37.96	13.96	24.76	30.47	33.29	40.75	63.64

4. táblázat. A mintavételi szakaszok mederfelszint borító aljzatkomponenseinek százalékos eloszlása. ID – mintavételi szakasz azonosítója; n – mintanagyság; MUD – felszínről bemosódott talaj, sár; CLA – agyag (< 0,02 mm); FSE – finomszemcsés üledék szerves törmelékkal; SIS – iszap és homok különböző arányú keveréke (0,02–2,36 mm); SAN – homok (0,25–2,36 mm); FGR – finomszemcsés kavics (2,36–32 mm); CGR – durvaszemcsés kavics (32–64 mm); COB – kő (64–256 mm); BOU – szikla, terméskő (> 256 mm); ART – mesterséges burkolat (cementlap, beton); FWD – finom fás törmelék (gallyak, levelek).

Table 4. Percentage of the substratum categories covering the surface of the channel bottom. ID – identification codes of the sampling reaches; n – sample size; MUD – mud washed into channel from the stream bank; CLA – clay; FSE – fine sediment with organic debris; SIS – mixture of silt and sand in varying proportion (0.02–2.36 mm); SAN – sand (0.25–2.36 mm); FGR – fine gravel (2.36–32 mm); CGR – coarse gravel (32–64 mm); COB – stone, cobble (64–256 mm); BOU – boulder (> 256 mm); ART – artificial cover (e.g., concrete); FWD – fine woody debris (wigs and leaves).

ID	n	MUD	CLA	FSE	SIS	SAN	FGR	CGR	COB	BOU	ART	FWD
01	30	3.3	0.0	3.3	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	16.7	66.7	0.0
02	30	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	13.3	0.0	0.0	3.3	76.7	0.0
03	30	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	13.3	73.3	0.0
04	30	6.7	0.0	0.0	13.3	30.0	13.3	20.0	3.3	3.3	6.7	3.3
05	30	3.3	43.3	3.3	10.0	6.7	26.7	3.3	0.0	0.0	0.0	3.3

Halegyüttes-szerkezet, diverzitás, valamint a halfauna természetvédelmi értéke

Az öt mintavételi szakasz együtteséről összesen 4 halfaj 13 egyede került elő. A mintavételi helyenként fogott fajszám egy és kettő között, az összegyedszám pedig egy és öt között változott. Az előkerült fajok mind természetesen honosak voltak, köztük kettő védett fajjal, azonban nem találtunk fokozottan védett, közösségi jelentőségű, valamint idegenhonos halfajt (5. táblázat).

A Simpson-féle diverzitás értéke 0 és 0,50 között (átlag és szórás: $0,27 \pm 0,23$), a Shannon–Wiener-féle diverzitás 0 és 0,69 között ($0,35 \pm 0,32$), a Pielou-féle egyenletesség 0,72 és 1 között ($0,84 \pm 0,14$) változott a mintavételi helyek között. Mivel a 01. és 03. azonosítójú helyekről egyaránt mindössze egyetlen halpéldány került elő, a Simpson- és a Shannon–Wiener-mutatók 0 diverzitás értéket adtak, és a Pielou-féle egyenletesség nem volt értelmezhető (6. táblázat).

A halfauna abszolút természetvédelmi értéke a mintavételi szakaszokra vonatkozóan 1 és 3 között ($2,4 \pm 0,9$), relatív értéke pedig 1 és 2 között ($1,5 \pm 0,4$) változott. Ugyanakkor az öt mintavételi hely együttes figyelembevételével a halfauna abszolút értéke 6-nak, míg relatív értéke 1,5-nek adódott (6. táblázat).

Járulékos biotikus adatok

A halállomány mintavételezése során a 02. és 05. szakaszról előkerült egy-egy folyami rák (*Astacus astacus*) példány is. A 03. szakaszon két, a 05. szakaszon négy juvenilis zöld béka (*Pelophylax* spp.) egyeddal találtkotunk.

5. táblázat. Mintavételi szakaszonkénti bontásban a fogott halfajok védeltségi és biogeográfiai besorolása, valamint a fogott egyedszámok és azok szakaszon belül fogott összegyedszámhoz viszonyított relatív értéke. A mintavételi szakasz azonosítója (ID) után az adott helyen fogott össz fajszám és összegyedszám olvasható. Fv – fokozottan védett; V – védett; Annex II–V: szerepel-e a faj az EU élőhelyvédelmi irányelvének valamely függelékében (közösségi jelentőségű, ún. Natura 2000 besorolás); th – természetesen honos faj.

Table 5. Species captured, their conservation and Hungarian biogeographic status, number of individuals caught, and the relative number of individuals. ID is the identification code for the sampling reaches, after that the number of the species and the total number of individuals captured are presented. Fv – strictly protected by Hungarian legislation; V – protected by Hungarian legislation; Annex II–V – species listed in one of the annexes of EU Habitat Directive; th – native species in Hungary; nem – no; igen – yes.

Faj	Tudományos név	Fv	V	Annex II	Annex IV	Annex V	Biogeográfiai státusz	Egyed-szám	Relatív egyedszám
<i>ID 01: 1 faj, 1 egyed</i>									
Fenekjárom küllő	<i>Gobio gobio</i> complex	nem	igen	nem	nem	nem	th	1	1
<i>ID 02: 2 faj, 4 egyed</i>									
Kövecsik	<i>Barbatula barbatula</i>	nem	igen	nem	nem	nem	th	1	0.25
Fejes domolykó	<i>Squalius cephalus</i>	nem	nem	nem	nem	nem	th	3	0.75
<i>ID 03: 1 faj, 1 egyed</i>									
Fejes domolykó	<i>Squalius cephalus</i>	nem	nem	nem	nem	nem	th	1	1
<i>ID 04: 2 faj, 5 egyed</i>									
Fenekjárom küllő	<i>Gobio gobio</i> complex	nem	igen	nem	nem	nem	th	1	0.2
Fejes domolykó	<i>Squalius cephalus</i>	nem	nem	nem	nem	nem	th	4	0.8
<i>ID 05: 2 faj, 2 egyed</i>									
Fenekjárom küllő	<i>Gobio gobio</i> complex	nem	igen	nem	nem	nem	th	1	0.5
Bodorka	<i>Rutilus rutilus</i>	nem	nem	nem	nem	nem	th	1	0.5

6. táblázat. Diverzitási mutatók mintavételi szakaszonként. ID – mintavételi szakasz azonosítója; S – fajszám; D – Simpson-féle kvadratikusan diverzitás; H – Shannon–Wiener-féle diverzitás; J – Pielou-féle egyenletesség; Ta és Tr – a halfauna abszolút és relatív természeti értéke. Mivel a 01. és 03. azonosítójú szakaszokon csak egyetlen halfaj került elő, a Pielou-féle egyenletesség az adatokon nem értelmezhető.

Table 6. Diversity metrics for each sampling reach. ID – identification codes of the sampling reaches; S – species number; D – Simpson diversity; H – Shannon–Wiener diversity; J – Pielou evenness; Ta and Tr – the absolute and relative measure of its natural value the fish fauna. Only a single species was detected in the sampling reaches 01 and 03, so the evenness can not be interpreted.

ID	S	D	H	J	Ta	Tr
01	1	0	0	–	2	2.0
02	2	0.38	0.562	0.811	3	1.5
03	1	0	0	–	1	1.0
04	2	0.32	0.500	0.722	3	1.5
05	2	0.50	0.693	1.000	3	1.5

Értékelés

Élőhelyi állapot

A vizsgált ajkai patak szakaszáról a következő általános benyomás alakult ki. A patak módosított, illetve erősen módosított. A városon belül a patakmeder kiegyenesített, illetve irányított futású és mesterségesen burkolt, árterétől elválasztva, oldalirányba beszorított. A természetes, illetve természetközeli állapotú középhegységi és dombvidéki kis patakokra jellemző sekélyebb gázlók és mélyebb medencék között váltakozó irányban enyhe kanyarulatokkal futó medermorfológia, valamint a partot szegélyező természetes fajok alkotta üde fás társulás és így a meder feletti lombborítás, a városon belüli szakaszokon (01–03) teljesen hiányzik. Ugyanez a város feletti szakaszokon (04, 05) degradált formában lelhető fel. A mesterséges mederburkolattal nem rendelkező részekben a víz erodálja a medret, ezért a patak megsüllyedt, bevágódott. Ökológiai szempontból a legkedvezőtlenebb állapot, hogy a patak hidromeomorfológiai megjelenése eltér a természetes középhegységi-dombvidéki patakok hidromeomorfológiai megjelenésétől. Ugyanakkor, a halak elterjedése és élőhelyhasználatára szempontjából jelentős alapvető élőhelyi tulajdonságok, a víztükörszélesség, a vízmélység, a vízáramlás önmagukban megfelelőek a pataklakó halak számára. Ez arra utal, hogy a terület élőhely-rehabilitációjával a patak a benne előforduló halfajok állományainak megőrzésére alapvetően alkalmas lehet.

Halállomány

Korábbi kutatásokban (HARKA & SZEPESI 2011, SALLAI 2013) a térségből kimutatott kövicsíkhöz és tarkagébhez képest a jelen vizsgálat négy halfaj jelenlétét igazolta a Torna-patak ajkai szakaszáról. A kimutatott halfajok közül három faj: a kövicsík, a fejes domolykó (*Squalius cephalus*) és a fenékjáró küllő (*Gobio gobio* complex) a középhegységi patakjaink és dombvidéki kisvízfolyásaink jellegzetes állományalkotó, igen gyakran együtt előforduló, az adott vízfolyástípust jelenlétükkel indikáló, ún. karakterfajok (SÁLY & ERŐS 2016). A bodorka (*Rutilus rutilus*) kisebb és nagyobb álló- és áramlóvizeinkben egyaránt előforduló természetesen honos, gyakori elterjedésű halfaj. Ezeknek a halfajoknak a vizsgált területen való előfordulása ökológiailag kedvező.

Ugyanakkor, a jelenlegi felmérés szerint a kimutatott halfajok állomány nagysága (1–5 halegyed mintavételi szakaszonként) rendkívül kicsinek mutatkozott. Összehasonlításként, a Torna-patak ajkai szakaszához hasonló méretű, középhegységi típusú Ilona-patak parád-fürdői szakaszáról két felmérés átlagaként SÁLY & HÓDI (2011) 132 halegyedet (54 és 210 összegyűjtéséből), a Parádi-Tarna Recsk feletti szakaszáról 135,5 egyedet (123 és 148 összegyűjtéséből) közölt. A tapasztalt alacsony állománysűrűség részben összefüggésben állhat azzal, hogy a mintavétel idején a víz zavarossága valamelyest csökkentette a halak foghatóságát (SÁLY *et al.* 2021). Másfelől lehetséges, hogy az árterétől megfosztott és oldalról beszorított mederben a nagy esőzések után kialakuló villámáradások (pl. 2023-05-17 és 2023-05-19 között, 2. ábra) az alulról kolonizáló halak egy részét lesodorják az ajkai szakaszról, mert a halak a medren belül nem találnak megfelelő búvóhelyet, ahol ezt elkerülhetnék.

A domolykó és a fenékjáró küllő minden bizonnyal eredetileg is jelen volt a Torna-patakban Ajka térségében. Azonban az a tény, hogy a 2008-ban és 2012-ben végzett vizsgálatok (HARKA & SZEPESI 2011, SALLAI 2013) során ezeket a fajokat nem találták meg, arra enged következtetni, hogy valamilyen emberi hatás eredményeként tűntek el a területről. A jelen kutatásban való előkerülésük így azt jelzi, hogy ezek a fajok az utóbbi években újra megjelentek a területen, vélhetően a számukra kedvezőtlen emberi hatások időközben történt mérséklődése, avagy megszűnése miatt. A domolykó a 2022. évben sikeresen szaporodott a térségben, mivel a 04. szakaszon fogott példányok mind fiatal (1+ korú) egyedek voltak. Az sem zárható ki, hogy a domolykók a Torna-patak jelen kutatás vizsgálati területe feletti részéről sodródtak le.

A 05. mintavételi helyen fogott fenékjáró küllő és bodorka példány pikkelyzete sérült volt, a pikkelyek a testen elszórva több helyről is hiányoztak. Lehetséges, hogy a pikkelyhiány oka az, hogy a hidrogeomorfológiailag egyöntetű és árterétől elzárt patakmederben az esőzéseket követően lezúduló víz elől a halak nem találnak megfelelő menedékhelyet, és a sodrásban fizikailag károsodhatnak, ahogyan azt már fentebb említettük. A homogén mederben lezúduló víz kedvezőtlen lehet abból a szempontból is, hogy nehezíti az Ajka térségébe visszatelepülő halfajok és a folyami rák megtelepedését, állományaik megerősödését. E feltételezés helytállóságának igazolása a kutatásunk keretein túlmutat, célzott vizsgálatot igényelne. Ugyanakkor, a 03. és 04. mintavételi szakaszok között (EOV koordináták: 538141, 197242) található betonlépcső minden bizonnyal nehezíti nemcsak a halak, de a folyami ráknak a patak hossz-szelvénye mentén történő longitudinális mozgását is (hossz-

irányú ökológiai átjárhatóság), így jelenléte különösen a fenéklakó (bentikus) fajok, például a fenékjáró küllő és a kövicsík visszatepedését hátráltatja.

A halállomány megbízhatóbb jellemzéséhez a kijelölt mintavételi szakaszok időben ismételt felmérése lenne szükséges. Egy területen kis állománysűrűséggel jelenlévő halfajok detektálási esélyét az időben ismételt felmérések (pl. tavasszal és ősszel) számottevően növelhetik (SALLAI 2013). Ezzel együtt, az időben ismételt felméréssel méréselhető a mintavétel eredményességét, pontosságát kedvezőtlenül befolyásoló körülmények egyedi felméréskor jelen levő hatása, mint amilyen a jelen vizsgálatban előfordult felhőszakadás is volt.

Javaslatok

A hosszirányú átjárhatóság javulna, illetve biztosítva lenne, ha a 03. és 04. mintavételi helyek között levő betonlépcsőt elbontanák. A halak mellett más vízi élőlények, például a makrogerinctelenek biodiverzitásának is kedvez a patakmeder hidrogeomorfológiai változatossága. Általánosságban, a sekély gázlók és mélyebb medencék között kanyargó víz, a partot kísérő természetes fákkal kölcsönhatásban, többféle jellegű, kis kiterjedésű (néhány dm²) élőhelyfoltot (mikroélőhelyek) alakít ki. A fák gyökerei növelik a part erózióval szembeni stabilitását, a behulló lomb és ágak révén táplálékot nyújtanak számos vízi gerinctelennek, melyeket a patakklakó halak fogyaszthatnak. A fák lombzatának árnyékoló hatása nehezíti, illetve akadályozza a középhegységi-dombvidéki kis patakokra nem jellemző vízínövényzet (pl. nádas, gyékényes) meglepedését és a parton levő inváziós lágyszárúak (pl. japánkeserűfű, aranyvessző) elburjánzását. Ezért a Torna-patakot szegélyező növényzet rendezésétől kedvező ökológiai hatás lenne várható, például, ha az idegenhonos inváziós akácokat és zöld juharokat (*Acer negundo*) lecserélnék vízkedvelő őshonos puhafafajokra, fűzekre, nyarakra. A telepített őshonos fák közötti területet a fák lombkoronájának kellő megerősödéséig célszerű rendszeresen tisztítani a gyom- és inváziós növényektől. A fák megerősödése után a vízbe hulló holtfa a víz terelésével medermorfológiát formál, a halaknak búvóhelyet nyújt, a vízbe hulló levelek és vékony ágak pedig a mikroorganikus lebontóknak és a halak számára táplálékot jelentő lebontó gerincteleneknek jelentenek hasznosítható szerves anyagot.

Köszönetnyilvánítás. A kutatás megvalósításához nyújtott logisztikai feltételek biztosításáért SZEKERES JÓZSEFnek, a kézirat javítására tett javaslataiért pedig WEIPERTH ANDRÁSNAK, NAGY SÁNDOR ALEXNEK, valamint HORNUNG ERZSÉBETNEK mondunk köszönetet. A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- ERŐS T., SPECZIÁR A., SZALÓKY Z. & SÁLY P. 2020. *Módszertani útmutató a halak élőlénycsoport VKI szerinti gyűjtéséhez és a vízfolyások halak alapján történő ökológiai állapotminősítéséhez*. Ökológiai Kutatóközpont, Tihany, 51 pp.
- GUTI G. 1993. A magyar halfauna természetvédelmi minősítésére javasolt értékrendszer. *Halászat*, 86: 141–144.
- GUTI G., SALLAI Z. & HARKA Á. 2014. A magyarországi halfajok természetvédelmi státusza és a halfauna természetvédelmi értékelése. *Pisces Hungarici*, 8: 19–28.
- HARKA Á. & SZEPESI ZS. 2011. A Marcal mellékpatatakjainak halfaunisztikai vizsgálata. *Pisces Hungarici*, 5: 99–110.
- MARODA Á. & SÁLY P. 2023. Relative importance of meso- and microhabitat features in the within-reach spatial distribution of size-structured fish assemblages in small streams. *Ecology of Freshwater Fish*, 32: 656–672. <https://doi.org/10.1111/eff.12723>
- OpenStreetMap contributors, 2015. Planet dump retrieved from <https://planet.osm.org>.
- SALLAI Z. 2013. A Marcal és a Torna halfaunájának regenerációja a 2010. évi vörösiszap-szennyeződést követően. *Pisces Hungarici*, 7: 13–25.
- SÁLY P. & ERŐS T. 2016. Vízfolyások ökológiai állapotminősítése halakkal: minősítési-indexek kidolgozása. *Pisces Hungarici*, 10: 15–45.
- SÁLY P. & HÓDI B.K. 2011. A Tarna felső és középső vízgyűjtőjének pataki halegyüttese. *Pisces Hungarici*, 5: 83–94.
- SÁLY P., TAKÁCS P., SPECZIÁR A. & ERŐS T. 2021. Capture probability of fishes in Central European (Hungary) wadeable lowland streams. *Population Ecology*, 63: 313–323. <https://doi.org/10.1002/1438-390X.12095>

Fish faunistical and stream habitat survey of the Torna Creek in the town of Ajka, Hungary

PÉTER SÁLY^{1,2*} & MÓNICA DULEBA³

¹HUN-REN Centre for Ecological Research, Institute of Aquatic Ecology, Karolina út 29, 1113 Budapest, Hungary.

²HUN-REN National Laboratory for Water Science and Water Security, Institute of Aquatic Ecology, Centre for Ecological Research, Karolina út 29, 1113 Budapest, Hungary.

³NÉBIH ÉLI Microbiological National Reference Laboratory, Mester utca 81, 1095 Budapest, Hungary.

*E-mail: saly.peter@ecolres.hu

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 29–42.

Abstract. The study reports data about the fish fauna in the section of the Torna Creek that flows through the town of Ajka, Hungary, and the basic habitat features that can influence the distribution of the fish within small streams. A single occasion of field survey was conducted in May 2023. There were five sampling reaches, each was 150 m long, within Ajka. As results, 13 individuals of 4 fish species (stone loach *Barbatula barbatula*, gudgeon *Gobio gobio* species complex, roach *Rutilus rutilus*, and chub *Squalius cephalus*) were captured. The number of the species caught per sampling reach varied between one and two, and the total number of individuals caught ranged from one to five. All species were native in Hungary; two of them were protected by the Hungarian legislation. None of the species is listed by any of the annexes the European Union's Habitat Directive. Some individuals of the native noble crayfish *Astacus astacus* and some juveniles of the native green frogs *Pelophylax* spp. were also encountered as by-catching. The hydrogeological status of the studied section of the Torna Creek is moderately or highly modified. Suggestions for interventions to improve the ecological integrity of the habitat are also discussed.

Keywords: fish assemblage structure, noble crayfish *Astacus astacus*, ecological status, urban ecology, flash flood

Accepted: 25.06.2024

Published online: 27.06.2024

Halfaunisztikai adatok az Ipoly ipolytölgyesi duzzasztómú alatti szakaszáról

SÁLY PÉTER^{1,2*}, SZALÓKY ZOLTÁN^{1,2} és MARODA ÁGNES^{1,2,3}

¹HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, 1113 Budapest, Karolina út 29.

²HUN-REN Víz tudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium, Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, 1113 Budapest, Karolina út 29.

³Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Biológiai Tudományi Doktori Iskola, Állattani és Ökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

*E-mail: saly.peter@ecolres.hu

Kivonat. Az ipolytölgyesi duzzasztó a Duna felől az első műtárgy, amely nehezíti a halak hosszirányú átjárhatóságát. Kutatásunkban a duzzasztómú alatti folyószakasz halfaunáját vizsgáltuk egyetlen alkalommal, 2023. szeptember 11-én, a kora ősze jellemző alacsony vízállásnál. Összesen 25 hal- és egy tizlábú rákfajt (cifrarák, *Faxonius limosus*) mutattunk ki. Az Ipoly alsó szakaszán Ipolytölgyesről korábban szakcikkekben közölt adatokhoz képest újszerű észlelésnek számít a védett széles durbincs, és megerősítő észlelésnek a fokozottan védett német bucó és magyar bucó előkerülése. A fogott halak nagy része a 0+ és juvenilis korosztályhoz tartozott, különösen a márna ivadéka volt jelen nagy számban. Ez azt jelzi, hogy az ipolytölgyesi folyószakasz értékes szaporodóhely és ivadékbölcső is egyben nem csak az Ipolyban élő, hanem a dunai halpopulációk számára is.

Kulcsszavak: Decapoda, fokozottan védett halfajok, Gobiidae, inváziós fajok, ivadéknevelő, Natura 2000-es fajok, ökológiai konnektivitás

Elfogadva: 2024.09.06.

Elektronikusan megjelent: 2024.09.30.

Bevezetés

Az Ipoly a Duna bal oldali mellékfolyója. Szlovákiában ered, Magyarországot Ipolytarnóc felett éri el és Szobnál torkollik a Dunába. A hazai szakasza Szlovákiával határos folyó. A halak hosszirányú mozgását a folyón több keresztműtárgy is befolyásolja. A dunai torkolat felől felfelé haladva az első duzzasztómú Ipolytölgyesnél található, ahol a barrierhatás mérséklését egy halátjáró biztosítja (habár személyes megfigyelések szerint a halátjáró üzemeltetése nem tűnik megfelelőnek). Az Ipoly halfaunájáról elsődleges adatokat közlő szakcikkek (CSIPKÉS & SZATMÁRI 2011, GUTI & POTYÓ 2010; POTYÓ *et al.* 2013, SALLAI & GYÖRE 1997) faunisztikai vizsgálatai döntően a folyó hazai szakaszának középső és felső részén történtek. Az alsó szakaszról kevesebb adat ismert. WEIPERTH (2014) két éven át végzett szezonális felméréseket Ipolytölgyes és Szob között. Az Ipoly alsó szakaszán lévő halállomány összetétele, a Dunától Ipolytölgyesig húzódó szakasz zavartalan átjárhatósága és a Duna mint forrásterület térbeli közelsége miatt, nagyobb fokú időbeli dinamizmust

mutathat, mint a duzzasztók feletti folyószakaszokon. Ezért a gyakoribb vizsgálatok jobb rálátást nyújthatnak arra, hogy milyen halak és hogyan használják ezt az élőhelyet. Vizsgálatunk az ipolytölgyesi duzzasztó alatti közvetlen folyószakasz halfaunájába és annak természeti értékességébe való betekintést célozta.

Anyag és módszer

A halászat alacsony vízállásnál (Ipolytölgyes, 86 cm) hátán hordozott elektromos halászgéppel (Hans-Grassl IG2002B) gázolva történt, egy 762 m hosszú folyószakaszon (végpontkoordináták [EOV]: 629030, 287012; 629359, 287674), 2023. szeptember 11-én. Csak az azonosított fajokat rögzítettük, a fogott egyedszámokat nem. A halfauna természeti értékességét a TAR módszerrel számszerűsítettük (GUTI *et al.* 2014). A halfajok taxonómiai besorolásánál a FishBase adatbázist (FROESE & PAULY 2023) követtük.

Eredmények

Összesen 25 fajt azonosítottunk. Az aktuális fajkészlet alapján a halfauna abszolút természeti értéke 36, relatív természeti érte pedig 1,44 volt. A fajkészletben hat védett, két fokozottan védett, és nyolc közösségi jelentőségű (Natura 2000 függelékes) faj volt (1. táblázat). Az előkerült halak többsége 0+, illetve juvenilis korcsoporthoz tartozott. Ugyanakkor a magyar bucó (*Zingel zingel*), német bucó (*Zingel streber*), csuka (*Esox lucius*), fejes domolykó (*Squalius cephalus*), szélhajtó kűsz (*Alburnus alburnus*), sujtásos kűsz (*Alburnoides bipunctatus*) és bodorka (*Rutilus rutilus*) fajokból nagy méretű (azaz minden bizonnyal már ivarérett) egyedek is kézre kerültek. Nagy mennyiségben fordult elő a rózsás márna (*Barbus barbuis*) 0+ korú, kb. 4–6 cm testhosszúságú ivadéka, amely a hasonló méretű domolykókkal alkotott kevert csoportokat. Számos cifrarák (*Faxonius limosus*) példánnyal is találkoztunk, mely tízlábú rákfaj idegenhonos hazánkban (WEIPERTH *et al.* 2020).

Értékelés

Az Ipolytölgyes felett történt faunisztikai felmérések (CSIPKÉS & SZATMÁRI 2011, GUTI & POTYÓ 2010, POTYÓ *et al.* 2013, SALLAI & GYÖRE 1997) egy mintavételre 5–22 közötti fajszámokról számoltak be, a mintavételek medián fajszáma 17, a felső kvartilise pedig 18 faj volt. Ehhez képest a jelen vizsgálatban kimutatott 25 faj az ipolytölgyesi szakasz felsőbb szakaszokhoz képesti fajgazdagságát hangsúlyozza. Ez megerősíti az ipolytölgyesi duzzasztó alatti folyószakasz korábbi elsődleges kutatásokból ismert fajgazdagságát, miszerint Ipolytölgyesről GUTI & POTYÓ (2010) 20 fajt, az Ipoly torkolatánál levő Szobról POTYÓ *et al.* (2013) pedig 29 fajt közöltek.

GUTI & POTYÓ (2010) ipolytölgyesi adataihoz képest a jelen vizsgálatban kimutatásra került a csupasztorkú géb (*Babka gymnotrachelus*), a vágócsík (*Cobitis elongatoides*), a fekete-szájú géb (*Neogobius melanostomus*), a Kessler-géb (*Ponticola kessleri*), a tarkagéb

(*Proterorhinus semilunaris*), a kínai razbóra (*Pseudorasbora parva*), a széles durbincs (*Gymnocephalus baloni*), valamint a magyar és a német bucó. Viszont a jelenlegi felmérés-kor nem került elő a GUTI & POTYÓ (2010) által közölt ponty (*Cyprinus carpio*), garda (*Pelecus cultratus*), sügér (*Perca fluviatilis*) és süllő (*Sander lucioperca*). Kibővítve a fajkészletbeli összehasonlítást a szobi szakaszon végzett vizsgálatokkal (GUTI & POTYÓ 2010, POTYÓ *et al.* 2013), valamint WEIPERTH (2014) Ipolytölgyes és Szob között végzett vizsgálatával, a kutatásunkban kimutatott halfajok közül a széles durbincs észlelése tűnik Ipolytölgyesre vonatkozóan újnak. Ezzel együtt, a német bucó és a magyar bucó észlelései megerősítik az Ipoly alsó szakaszára (azaz Szob és Ipolytölgyes térségére) vonatkozó korábbi észleléseket és azt, hogy a vizsgált élőhely számos védett halfaj számára biztosít megfelelő élőhelyet. Mindemellett megjegyezzük, hogy az Ipoly alsó szakaszával foglalkozó és hozzáférhető szakirodalom mellett létezhetnek olyan forrásmunkák, melyek nehezen felkutathatók (pl. BOTTA 1993). Így elképzelhető, hogy az általunk feldolgozott szakirodalom alapján újnak értékelt széles durbincs észlelése is csupán korábbi, azonban nem hozzáférhető formában, vagy egyáltalán nem közölt megfigyelés megerősítése. A régi faunisztikai munkák hozzáférhetőségének nehézségéről és jelentőségéről részletesen ír MARODA & SÁLY (2022).

Az eseti faunisztikai felmérések során észlelt halfajok nem tükrözik a vizsgált folyószakasz teljes faunáját. Például, Szobról POTYÓ *et al.* (2013) 29, míg korábban GUTI & POTYÓ (2010) ugyanonnan csupán 9 halfajt közölt. Ugyanakkor irodalmi és saját adatok alapján az Ipoly hazai szakaszának halfaunájáról készült összefoglaló munkájukban WEIPERTH *et al.* (2020) összesen 58 halfaj és egy hibrid taxon ismert előfordulásáról számolnak be. A halállomány népségi összetételét, és így az egyes fajok észlelhetőségét is befolyásolják a természetes évszakos változások, a mintavétel aktuális körülményei (pl. vízállás, vízátlátszóság). Mindez indokolja az egyes vízterek időben rendszeres vizsgálatát, annak érdekében, hogy megbízhatóbb képet kapjunk a víztér ökológiai értékességéről (SÁLY 2023).

Az ipolytölgyesi folyószakaszon levő nagy mennyiségű évi szaporulat (0+) és fiatal hal, valamint korábbi személyes megfigyelések (ívás, lerakott ikrák) is arra utalnak, hogy a Dunából több halfaj (pl. márna, balin [*Aspius aspius*], paduc [*Chondrostoma nasus*], szilvaorrú keszeg [*Vimba vimba*]) is felkeresi az ipolytölgyesi szakaszt, és eredményesen szaporodik ott. Kedvezőnek tűnik, hogy a jelenleg kimutatott 25 faj között tíz olyan faj volt, melyek hazai és/vagy nemzetközi szintű természetvédelmi jelentőséggel bírnak, és csupán hat idegenhonos faj volt. Az idegenhonos fajok közül a négy gébféle a dunai élőhelyekhez hasonlóan viszonylag magas állománysűrűséggel van jelen a víztérben, azonban az ezüstkárászról (*Carassius gibelio*) és a kínai razbórából előkerült néhány példány arra enged következtetni, hogy ezen fajok csak alkalmi színező faunakomponensek (SÁLY 2005, 2007), melyek származhatnak a folyó felső vízgyűjtőjén levő horgászati kezelésű tavakból, avagy közvetlenül az Ipolyba történt haltelepítésekből. Természetvédelmi szempontból további kedvezőtlen tapasztalat, hogy nagyon magas a cifrarák állománysűrűsége. Az ezüstkárásztól és a razbórától eltérően a gébek és a cifrarák tömegessége úgy tűnik időben állandó jellemzője lehet az élőhelynek, mert ezekről korábban már BANYAI & WEIPERTH (2018), NÉMETH *et al.* (2021) és WEIPERTH *et al.* (2020) is beszámoltak.

Összességében, az ipolytölgyesi Ipolyszakasz a halállomány fennmaradása szempontjából jelentős élőhelyet biztosíthat nemcsak az Ipolyban élő, hanem bizonyos (potamodrom) dunai halfajok populációi számára is, melyek szaporodáskor keresik fel a folyószá-

kaszt. Ezért a torkolat és az Ipolytölgyes közötti folyószakasz jó ökológiai állapotban való megtartása, különösen a hosszirányú átjárhatóság megőrzése a vízi élővilág természetvédelme szempontjából kiemelt figyelmet érdemel.

1. táblázat. A kimutatott halfajok listája, a fajok védettségére és hazai biogeográfiai helyzetére vonatkozó információkkal. v: védett, fv: fokozottan védett, Annex II, IV, V: élőhelyvédelmi irányelv függelékében szerepel, n: természetesen honos, nn: idegenhonos.

Table 1. Detected fish species with information about their protection and biogeographical status. v: protected in Hungary, fv: strictly protected in Hungary, Annex II, IV, V: the species is listed in any of the Annexes of the Habitat Directive of the European Union, n: native in Hungary, nn: non-native in Hungary.

Familia	Tudományos név (Scientific name)	Magyar név (Hungarian common name)	Védettség (Conservation interest)	Biogeográfiai státusz (Biogeographic status)
Acheilognathidae	<i>Rhodeus amarus</i>	Szivarványos ökle	v, Annex II	n
Cobitidae	<i>Cobitis elongatoides</i>	Vágócsík	v, Annex II	n
Cyprinidae	<i>Barbus barbus</i>	Rózsás márna	Annex V	
	<i>Carassius gibelio</i>	Ezüstkárász		nn
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	Csuka		n
Gobiidae	<i>Babka gymnotrachelus</i>	Csupasztorkú géb		nn
	<i>Neogobius melanostomus</i>	Feketeszájú géb		nn
	<i>Ponticola kessleri</i>	Kessler-géb		nn
	<i>Proterorhinus semilunaris</i>	Tarkagéb		nn
Gobionidae	<i>Pseudorasbora parva</i>	Kínai razbóra		nn
	<i>Romanogobio vladykovi</i>	Halványfoltú küllő	v, Annex II	n
Leuciscidae	<i>Abramis brama</i>	Dévérkeszeg		n
	<i>Alburnus alburnus</i>	Szélhajtó kűsz		
	<i>Alburnodes bipunctatus</i>	Sujtásos kűsz	v	n
	<i>Blicca bjoerkna</i>	Karikakeszeg		n
	<i>Chondrostoma nasus</i>	Vésettajkú paduc		n
	<i>Leuciscus aspius</i>	Balin	Annex II, V	n
	<i>Leuciscus idus</i>	Jászkeszeg		n
	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Nyúldomolykó	v	n
	<i>Rutilus rutilus</i>	Bodorka		n
	<i>Squalius cephalus</i>	Fejes domolykó		n
	<i>Vimba vimba</i>	Szilvaorrú keszeg		n
Percidae	<i>Gymnocephalus baloni</i>	Széles durbinsc	v, Annex II, IV	n
	<i>Zingel streber</i>	Német bucó	fv, Annex II	n
	<i>Zingel zingel</i>	Magyar bucó	fv, Annex II, V	n

Köszönetnyilvánítás. A cikkben bemutatott kutatás a Széchenyi Terv Plusz program keretében az RRF-2.3.1-21-2022-00008 számú projekt támogatásával valósult meg. További támogatást biztosított a HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont Közcélú Monitorozás nevű programja. A dolgozat javítására vonatkozó bírálati javaslatokért WEIPERTH ANDRÁSNAK és BÁNYAI ZSOMBORNAK mondunk köszönetet.

Irodalomjegyzék

- BÁNYAI ZS. & WEIPERTH A. 2018. A folyami géb (*Neogobius fuviatilis*), a feketeszájú géb (*Neogobius melanostomus*) és a cifrarák (*Faxonius limosus*) terjedése az Ipolyban. *Halászat*, 111(3): 90–91.
- BOTTA I. 1993. *A tervezett Duna-Ipoly Nemzeti Park fontosabb vizeinek ichthyológiai állapotfelmérése*. MMTE, Budapest, 56 pp.
- CSIPKÉS R. & SZATMÁRI L. 2011. Adatok az Ipoly magyarországi felső szakaszának és mellékpatakjainak halfaunájáról. *Pisces Hungarici*, 5: 73–82.
- FROESE R. & PAULY D. (eds) 2023. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org (utolsó megtekintés: 2023. jún.)
- GUTI G. & POTYÓ I. 2010. Az emberi tevékenység hatása a halfauna alakulására az Ipoly alsó (magyarországi) szakaszán. *Tájökológiai Lapok*, 8(3): 591–599. <https://doi.org/10.56617/tl.4003>
- GUTI G., SALLAI Z. & HARKA Á. 2014. A magyarországi halfajok természetvédelmi státusza és a halfauna természetvédelmi értékelése. *Pisces Hungarici*, 8: 19–28.
- MARODA Á. & SÁLY P. 2022. Jelenkori és jövőbeni kutatások kapcsolata: halfaunisztikai szakirodalmi áttekintések módszertani nehézségei és az egységes faunisztikai közlés jelentősége. *Pisces Hungarici*, 16: 33–44.
- NÉMETH T., BALOGH R.E., BERÉNYI D., FRANYÓ SZ., FERINCZ Á., LENTE V., STASZNY Á., WEIPERTH A. (2022): A cifrarák (*Faxonius limosus*) téli aktivitásának igazolása hazánk természetes vizeiben. *Halászat*, 115(3): 18.
- POTYÓ I., WEIPERTH A. & GUTI G. 2013. Elektromos halászattal gyűjtött minták napszakos változásai a Duna Budapest feletti szakaszán és egyes mellékvízfolyásaiban. *Pisces Hungarici*, 7: 57–64.
- SALLAI Z. & GYÖRE K. 1997. A Nimfea Természetvédelmi Egyesület halfaunisztikai adatai. *Halászat*, 90(1): 9–12.
- SÁLY P. 2005: A faunakomponens fogalomrendszer. *Hidrológiai Közöny*, 85(6): 116–118.
- SÁLY P. 2007: A faunakomponens-fogalomrendszer és alkalmazása a halfajgyűttesek természetességének minősítésére. *Agrártudományi Közlemények*, 25. *Pisces Hungarici*, 1: 93–101.
- SÁLY P. 2023. Alapszemlélet halak biodiverzitásának monitorozásához. *Állattani Közlemények*, 108(1–2): 57–84. <https://doi.org/10.20331/AIKoz.2023.108.1-2.4>
- WEIPERTH A., BLÁHA M., SZAJBERT B., SEPRŐS R., BÁNYAI Z., PATOKA J. & KOUBA A. 2020. Hungary: a European hotspot of non-native crayfish biodiversity. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 421(43). <https://doi.org/10.1051/kmae/2020035>
- WEIPERTH A. 2014. Analysis of structure, composition, spatial and temporal changes of juvenile fish community in a Danube-tributary system in the Middle Danube River Basin. *Acta Zoologica Bulgarica Supplement*, 7: 45–50.
- WEIPERTH A., BÁNYAI ZS., FERINCZ Á., JUHÁSZ V., SEVCSIK A., STASZNY Á., SZALÓKY Z. & TÓTH B. 2020. Az Ipoly magyarországi szakaszán élő tizlábú rákokra és a halakra vonatkozó faunisztikai kutatások áttekintése. *Pisces Hungarici*, 14: 33–44.

Data on fish fauna of the river Ipoly from a reach downstream the Ipolytölgyes dam

PÉTER SÁLY^{1,2*}, ZOLTÁN SZALÓKY^{1,2} & ÁGNES MARODA^{1,2,3}

¹ HUN-REN Institute of Aquatic Ecology, Centre for Ecological Research, 29 Karolina Road, Budapest, H-1113, Hungary

² HUN-REN National Laboratory for Water Science and Water Security, Institute of Aquatic Ecology, Centre for Ecological Research, 29, Karolina Road, Budapest, H-1113, Hungary

³ Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Doctoral School of Biological Sciences, Department of Zoology and Ecology, Péter Károly utca 1, H-2100 Gödöllő, Hungary

*E-mail: saly.peter@ecolres.hu

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 43–48.

Abstract. The dam at Ipolytölgyes is the first water management object on the river which functions as a barrier to the longitudinal moving of fishes swimming upstream from the Danube. The fish fauna was sampled in a 762-metre-long reach next to the dam in mid-September 2023 at baseflow conditions. A total of 25 fish species and an invasive decapod (*Faxonius limosus*) were detected. Compared to previous original researches, the presence of the Danube ruffe (*Gymnocephalus baloni*) seems to be a new detection of the species in Ipolytölgyes, and the presences of the Danube streber (*Zingel streber*) and the zingel (*Zingel zingel*) support former findings arguing that the lower reach of the Ipoly (in the region of the town of Szob and the village of Ipolytölgyes) is an important habitat of many fish species of conservation interest. Although only presence data and not number of the caught specimens were recorded, high proportion of the caught fishes belonged to the YOY or juvenile age groups. Particularly, YOY of the barbel (*Barbus barbus*) were found in remarkable abundance. Results indicate that the gravel-bottomed, rich in gravel pads river reach downstream of the dam provides valuable spawning and nursery habitat not only for populations of fishes living in the Ipoly but also for populations living in the Danube.

Keywords: Decapoda, strictly protected fish species, Gobiidae, invasive species, nursery habitat, Natura2000 species, ecological connectivity

Accepted: 06.09.2024

Published online: 30.09.2024

Magyarország vadon élő emlőseinek aktualizált listája

CSORBA GÁBOR^{1*}, CSERKÉSZ TAMÁS¹, GÖRFÖL TAMÁS^{1,2}, NÉMETH ATTILA^{3,4}
és ZÖLEI ANIKÓ^{4,5}

¹ Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest, Baross utca 13.

² Virologiai Nemzeti Laboratórium, Szentágotthai János Kutatóközpont, Pécsi Tudományegyetem, 7624 Pécs, Ifjúság útja 20.

³ Debreceni Egyetem, Természetvédelmi Állattani és Vadgazdálkodási Tanszék, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

⁴ Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület, Emlősvédelmi Szakosztály, 1121 Budapest, Költő u. 21.

⁵ Ökológiai Mezőgazdasági Kutatóintézet, 1038 Budapest, Ráby Mátvás u. 26.

*E-mail: csorba.gabor@nhmus.hu

Kivonat. A vadon élő fajok naprakész listái nem egyszerűen csak arról az igényünkről szólnak, hogy tudjuk, mi is él körülöttünk – ez az alapja a nemzeti és nemzetközi törvényi szabályozásoknak, a védett és fokozottan védett fajok köre meghatározásának, a CITES mellékleteinek, vagy éppen az IUCN Vörös Listájának. A hazai védett és fokozottan védett fajokról szóló jogi szabályozás felülvizsgálata, valamint az európai emlőstérképezési program (EMMA2) kapcsán aktuálissá vált a hazai vadon élő emlősök névjegyzékének megújítása is. Új fajok rendszeres megjelenése, korábban csak alkalmilag megfigyelt fajok állandó jelenléte, újonnan felismert kriptikus fajok elkülönítése és taxonómiai revíziók következtében hét, az eddigi listákon nem szereplő faj került a névjegyzékbe, itt bemutatott elterjedési térképeik az EMMA2 program magyarországi adatbázisának adatai alapján készültek. Ismereink szerint a hazánkban vadon előforduló emlősfajok száma kilencvenre emelkedett.

Kulcsszavak: elterjedés, fajlista, Magyarország, Mammalia

Elfogadva: 2024.10.21.

Elektronikusan megjelent: 2024.11.08.

Bevezetés

Egy terület élővilágának fajösszetétele nem állandó, hiszen a változó klimatikus, élőhelyi adottságok vagy közvetlen emberi tevékenység nyomán, a lokális kipusztulások, természetes betelepülések, vagy éppen a megjelenő idegenhonos fajok mind-mind befolyásolják, milyen állatok, növények, gombák élnek körülöttünk. De van egy másik fontos tényező is, ami meghatározza a helyi, országos, vagy éppen világléptékben készülő fajlistákat: hogy mi magunk mennyire ismerjük, illetve ismerjük fel az egyes fajokat. Az úgynevezett kriptikus („rejtett”) fajok fogalma általánosságban annak a leírása, amikor egy fajról új vizsgálatok alapján bizonyosodik, hogy valójában régóta külön evolúciós utakon jár, egymástól legalább genetikai állományukban, esetleg életmódjukban, elterjedésükben is jelentősen különböző, de anatómiailag hasonló, közeli rokon fajok együtteséből áll. Az egyre szélesebb körben használt molekuláris biológiai vizsgálatoknak köszönhetően, mind több csoport vizsgálata során válik

bizonyossá, hogy ilyen, eddig fel nem ismert kriptikus fajokból áll. Mindez folyamatosan alakítja nem csak a trópusok, hanem Európa és benne hazánk élővilágának változatosságáról eddig kialakult képünket, rávilágít ismereteink hiányosságaira, és új kutatási ötleteket is ad. A vadon élő fajok naprakész listái nem egyszerűen csak arról az igényünkről szólnak, hogy tudjuk, mi is él körülöttünk – ez az alapja a nemzeti és nemzetközi törvényi szabályozásoknak, a védett és fokozottan védett fajok köre meghatározásának, a CITES (Egyezmény a veszélyeztetett vadon élő állat- és növényfajok nemzetközi kereskedelméről) mellékleteinek, vagy éppen a Természetvédelmi Világszövetség (IUCN) Vörös Listájának. Az Agrárminisztérium Természetmegőrzési Főosztálya 2024-ben indította el a hazai védett és fokozottan védett fajok körének felülvizsgálatát, ami pont egybeesik az új európai emlőstérképezési program (EMMA2 – Atlas of European Mammals 2nd Edition) alapjául szolgáló európai emlősnévjegyzék megújításával. Mivel az emlősök kapcsán mindkét feladat koordinálásában részt vesz a Magyar Természettudományi Múzeum együttműködésben a Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület Emlősvédelmi Szakosztályával, az EMMA2 térképezés kapcsán szerzett információinkat felhasználhattuk a hazai lista naprakésszé tételében is. A hazai emlősökkel (köztük a tudományos és köznapi nevekkal is) foglalkozó eddigi utolsó, átfogó munka a Magyarország emlőseinek atlasza (BIHARI *et al.* 2007); a jelen munka nevezéktani tekintetben ennek átdolgozása, frissítése. A tudományos nevek használatakor a folyamatosan frissülő Mammal Diversity Database-t (2024a) követtük.

Anyag és módszer

A magyarországi vadon élő emlősök revideált listájának összeállításakor számos szempontot kellett mérlegelni. Így nem szerepelnek rajta:

- háziállatok (az elvadult házi macska és házi kutya sem)
- azok a fajok, melyeknek 2000 óta nincs adata (zerge, kanadai hód)
- olyan fajok, melyek kóborló példányai a jellemző elterjedési területtől távol, nem megjósolható módon és rendkívül ritkán bukkannak fel (jávorszarvas)
- olyan fajok, melyeknek szabadon nincsenek önfenntartó populációik, csak vadászati körülmények között fordulnak elő (szikaszarvas, európai bölény, Przevalszkij-ló)
- olyan fajok, melyeknek az elmúlt 50 évből nincs adata, így feltehetően kipusztultak hazánkból (szerémségi földikutya).

Felkerültek viszont újabbak, melyek

- rendszeresen megjelennek, még ha országhatáron belüli szaporodásuk eddig nem is bizonyított (barna medve)
- korábban csak alkalmilag megfigyelt fajok, amelyek jelenléte immáron állandó (amerikai nyérc, nutria)
- újonnan felismert kriptikus fajok, melyek egy korábban jól ismert fajból lettek önálló fajként leválasztva (mediterrán denevér a horgasszűrű denevérből, Laverned-pocok a csaltjáró pocokból)
- már régebben önálló fajnak gondolt taxonok, amelyek csak nemrég nyertek egyértelmű bizonyítást, és lettek immáron hivatalosan is elfogadottak (magyar földikutya és délvidéki földikutya a „nyugati földikutya-fajcsoport” helyett).

Névváltozások is történtek,

- eddig csak alfajként számontartott, de most már önálló fajok, így ezen a néven szerepelnek (*Neomys milleri* a *N. anomalus milleri* helyett, *Sicista trizona* a *S. subtilis trizona* helyett)
- megváltozott a nemzetség tudományos neve (*Cnephaeus* az *Eptesicus* helyett, *Alexandromys oeconomus* a *Microtus oeconomus* helyett)
- ugyanazon nemzetségen belül, más fajhoz sorolják be a taxont (a muflon jelenleg elfogadott tudományos neve *Ovis gmelini* az *O. aries/O. orientalis/O. musimon* helyett).

Az újonnan listára került fajok elterjedési térképei az EMMA2 program magyarországi adatbázisának adatai alapján készültek (ZÖLEI & CSORBA 2024).

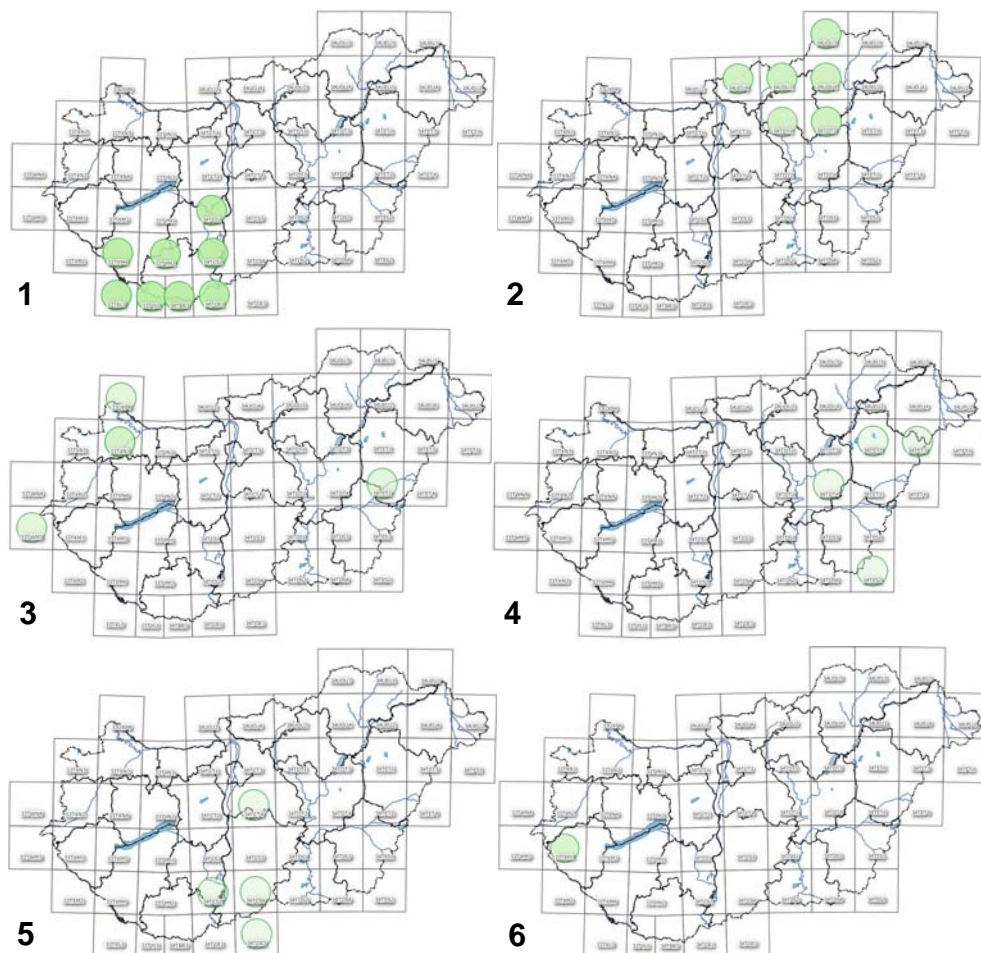
Eredmények

Az újonnan felkerült fajok hazai elterjedésével, illetve a taxonómiai-szisztematikai revízióval kapcsolatos eredményeket (rendszerintani sorrendben) az alábbiakban ismertetjük részletesen.

Myotis crypticus RUEDI, IBÁÑEZ, SALICINI, JUSTE & PUECHMAILLE, 2019 – mediterrán denevér

Az európai és észak-afrikai horgasszörű denevérek (*Myotis nattereri*) vizsgálata során kiderült, hogy több, régen elvált genetikai leszármazási vonal fordul elő különböző régiókban (GARCÍA-MUDARRA *et al.* 2009, PUECHMAILLE *et al.* 2012, SALICINI *et al.* 2013). A fajkomplexből legelsőként az Ibériai-félszigeten előforduló *Myotis escaleraei*-t különítették el, majd további két tudományra új fajt – köztük a mediterrán denevért (*Myotis crypticus*) – is leírtak (JUSTE *et al.* 2019). A mediterrán denevér a Földközi-tenger medencéjének nyugati és középső részén terjedt el, de teljes genomok vizsgálata alapján, elterjedési területének keleti részén széles körben hibridizálódik a horgasszörű denevérral (JOSIĆ *et al.* 2024). Ez a hibridzóna hazánk dél-dunántúli részére is kiterjed, az itt mintázott egyedek többsége döntően (70–90% közötti arányban) *Myotis crypticus* genomi bélyegeket mutatott, mely alapján kijelenthető, hogy a faj hazánkban is előfordul. A Balatontól északra valószínűleg nem fordulnak elő nagyobb arányban *Myotis crypticus* genomrésztleteket hordozó egyedek – egy, a Bakonyban mintázott példány genomja 7%-ban volt *M. crypticus* és 93%-ban *Myotis nattereri*, ettől északabbra kizárólag „tiszta” *Myotis nattereri* populációkat találtak. A fentiekből következően, a Balatontól délre lévő populációk mediterrán denevérek, míg az attól északabbra lévő állományok horgasszörű denevérek tekinthetők.

A mediterrán denevér külső morfológiai bélyegek alapján megkülönböztethetetlen a horgasszörű denevértől, azonban morfometriai módszerekkel és statisztikai elemzésekkel – kisebb méretű koponyája alapján – elkülöníthető attól (JUSTE *et al.* 2019). A hazánkban élő populációk a horgasszörű denevérről hasonlóan erdőlakók, kedvelik az idősebb, odvas fákat jelentősebb számban tartalmazó erdőrésztleteket. Elsősorban domb- és hegyvidéki erdőkben található meg a fajt, de síkvidéki erdőkben is előfordul (1. ábra).



1–6. ábrák. Emlősfajok elterjedése hazánkban. 1: mediterrán denevér (*Myotis crypticus*); 2: barna medve (*Ursus arctos*); 3: amerikai nyérc (*Neogale vison*); 4: magyar földikutya (*Nannospalax hungaricus*); 5: délvideki földikutya (*Nannospalax montanosyrmensis*); 6: Laverned-pocok (*Microtus lavernedii*).

Figures 1–6. The distribution of some mammal species in Hungary. 1: Cryptic Myotis (*Myotis crypticus*); 2: Brown Bear (*Ursus arctos*); 3: American Mink (*Neogale vison*); 4: Hungarian Blind Mole-rat (*Nannospalax hungaricus*); 5: North Serbian Blind Mole-rat (*Nannospalax montanosyrmensis*); 6: Mediterranean Field Vole (*Microtus lavernedii*).

Ursus arctos LINNAEUS, 1758 – barna medve

A kárpáti barnamedve-populáció növekedésének, terjedésének és a faj élőhelyeit érintő – részben emberi – hatások következtében, az elmúlt két évtizedben egyre több helyen, egyre több barna medvét figyelnek meg hazánkban (2. ábra). A kárpáti populációval való közvetlen kapcsolat egyedileg jelölt példány adatai alapján is igazolt. Míg a korábbi előfordulási adatok alapvetően kóborlásra utaltak, napjainkra már egész évi itt tartózkodással, átteleléssel, fokozatos megtelepedéssel számolhatunk, és rövid időn belül várható a faj első dokumentált hazai szaporodása is. A megfigyelések túlnyomó többsége erdei élőhelyeken történik, de a barna medve alkalmanként településeken, illetve azok közelében is felbukkan. Az eddigi adatok alapján úgy tűnik, hogy a faj egyedei a folyóvölgyek mentén mozognak (GOMBKÖTŐ *et al.* 2024). A hazai állomány alakulásában valószínűleg szerepet játszik a vaddisznó egyedszámának utóbbi években tapasztalt jelentős csökkenése, aminek következtében jelentősen bővült a barna medve táplálékbázisa. A medvék rendszeresen látogatják a vadetetőket is, ahol jelentős mennyiségű táplálékot találnak, mely körülmény szerepet játszhat az embertől való félelemérzet csökkenésében. A faj jelenleg konfliktusokat nem okoz (GOMBKÖTŐ *et al.* 2024).

Neogale vison (VON SCHREBER, 1777) – amerikai nyérc

Magyarországon az 1990-es évekig folyt nyérctenyésztés, és bár minden bizonnyal szöktek meg példányok, a fajnak évtizedekig nem volt bizonyított hazai előfordulása. Az első vadon élő példány tetemét 1988-ban találták Biharugrán (Magyar Természettudományi Múzeum Emlősgyűjtemény Adatbázisa). A szomszédos országokban terjeszkedő állományok alapján várható volt újabb példányok felbukkanása. A Szigetközben ma már szaporodó állománya él, horgászoktól és fotósoktól származó adatai ismertek az utóbbi 6 évből (3. ábra). A magyar–osztrák–szlovén hármashatáron kameracsapda rögzített róla képet 2020 áprilisában (LANSZKI J. személyes közlése). Lassú terjedése prognosztizálható. Számos vizes élőhelytípusban előfordulhat, különösen kedveli a lassú vízfolyások és a tavak környékét, de vizektől nagy távolságra is megtelepedhet. Hasonló élőhelyeket népesít be, mint a pézsmapocok, és szívesen él a hódok közelében is. Az amerikai nyérc a hasonló életmódú, de nála kisebb testméretű európai nyércet (*Mustela lutreola*) képes kiszorítani élőhelyéről. Feltehetően ez a versengés is hozzájárult a kritikusan veszélyeztetett státusú rokon európai állományának drámai összeomlásához.

Nannospalax hungaricus (NEHRING, 1898) – magyar földikutyá

A magyarországi földikutyák rendszertani helyzete, illetve taxonómiai változatosságuk sokáig nem volt pontosan ismert. Mindez tükröződik a jelenleg hatályos hazai jogi szabályozásban is (66/2015. (X.26.) FM rendelet), ahol a fokozottan védett fajok körében a földikutyák *Nannospalax leucodon* fajcsoportja (mint nagyfaj) szerepel, megemlítve, hogy a védelem az ide tartozó összes hazai (kis)fajra vonatkozik. A nyugati földikutyának (*N. leucodon*), mint a nemzetség egyetlen, Európában honos fajának további fajokra bontását több kutató hosszú ideje kezdeményezte, először csonttani (MÉHELY 1909), majd citogenetikai (SAVIĆ & SOLDATOVIĆ 1984) eredmények alapján. Azonban csak a nemzetség teljes európai áréájára kiterjedő, a legújabb molekuláris biológiai módszereket és statisztikai fajlehatárolást alkalmazó vizsgálatok (NÉMETH *et al.* 2024) igazolták, hogy Magyarországon jelenlegi ismer-

reteink szerint két földikutyafaj fordul elő. A két faj elterjedése világosan elkülönül egymástól, a magyar földikutyta (mely a genetikai vizsgálatok alapján magában foglalja a korábban különálló taxonnak vélt erdélyi földikutyát is) a Tiszántúlon honos (4. ábra). A fajnak 8 természetes, és további 2, természetvédelmi beavatkozás során újonnan létrehozott állománya ismert hazánkból (CSORBA *et al.* 2024).

Nannospalax montanosyrmiensis (SAVIĆ & SOLDATOVIĆ, 1974) – délvidéki földikutyta

A Magyarország területéről jelenleg ismert másik földikutyafaj hazai elterjedése a Duna-Tisza közére korlátozódik (5. ábra). A délvidéki földikutyta anatómiai bélyegek alapján nem különíthető el a magyar földikutyától, a két faj megkülönböztetése csak genetikai vizsgálat révén lehetséges (NÉMETH *et al.* 2020). A délvidéki földikutyta a többi földikutyától mintegy 2 millió éve elkülönült, ősi leszármazási vonalat képvisel a Kárpát-medencében, melynek legközelebbi rokonait a Nyugat-Balkán hegyvidékein találjuk (NÉMETH *et al.* 2024). A fajnak mindössze három természetes, és további kettő, természetvédelmi beavatkozás keretében újonnan létrehozott állománya létezik hazánkban (CSORBA *et al.* 2024).

Microtus lavernedii (CRESPON, 1844) – Laverned-pocok

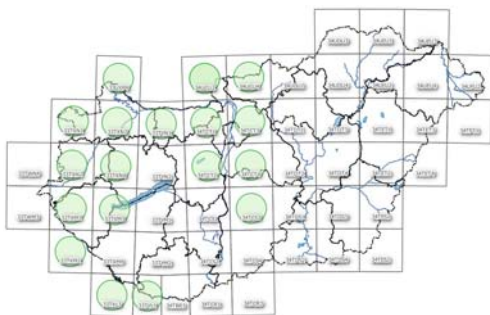
A csalitjáró pocok (*Microtus agrestis*) európai állományainak molekuláris biológiai vizsgálata először csak egy mitokondriális gén (JAAROLA & SEARLE 2004), majd később sokgénes elemzések alapján is (PAUPERIO *et al.* 2012) három, egymástól jól elváló klád jelenlétét mutatta ki. Ezt a három kládot immáron három különálló fajként fogadják el, *M. agrestis*, *M. lavernedii*, illetve *M. rozianus* néven (Mammal Diversity Database 2024b).

A vizsgálatok szerint hazánkban a dominánsan északi elterjedésű, szűkebb értelemben vett (*sensu stricto*) *M. agrestis* mellett, egy őrségi példány alapján a déli elterjedésű *M. lavernedii* is előfordul (6. ábra). A két faj érintkezési zónája nem ismert, de elképzelhető, hogy a Laverned-pocok a Dél-Dunántúl teljes területén elterjedt, és az innen származó csalitjárópocok-adatok erre a fajra vonatkoznak. A szekvencia-különbségek mellett, morfológiai eltérést eddig nem mutattak ki a két faj között.

A faj ökológiai igényei hazánkban megegyezhetnek a *M. agrestis* élőhelyi igényeivel, így jellemzően a nedves rétek, patakpartok lakója (GUBÁNYI & HORVÁTH 2007).

Myocastor coypus (MOLINA, 1782) – nutria

A Dél-Amerikában őshonos rágcslófaj Magyarország Emlőseinek Atlaszában (BIHARI *et al.* 2007) még a bizonytalan státuszú, várhatóan meglepedő fajok között sem szerepelt, de gyors terjedésére jellemző, hogy az Európai Unió és Tanács 1143/2014/EU rendelete alapján a magyar állami természetvédelem 2016 augusztusában már jegyzékbe vette, mint hazánkban „természetben előforduló, de nem széles körben elterjedt” idegenhonos inváziós fajt. Az adatok szerint a klimatikus tényezők (hideg telek) hatékonyan kontrollálják a faj terjedését (SCHERTLER *et al.* 2020), de az elmúlt 10 évben (összefüggésben az enyhe telekkel) folyamatosan nőtt a megfigyelések száma. 2017 óta már biztos adataink vannak állandó, szaporodó állományokról (VÁCZI 2022), és egyes területek jól dokumentáltak, fokozatos benépesüléséről (PURGER *et al.* 2024). Hazánkban az észlelések elsősorban a Duna mentéről, a Dunántúlról és a Börzsönyből származnak (BÓCSI *et al.* 2024) (7. ábra).



7. ábra. A nutria (*Myocastor coypus*) elterjedése hazánkban
Figure 7. The distribution of the Coypu (*Myocastor coypus*) in Hungary

A Mellékletben bemutatjuk a hazánkban bizonyítottan előforduló 90 vadon élő emlősfajt.

Köszönetnyilvánítás. A szerzők köszönetüket fejezik ki az elterjedési adatok összegyűjtésében nyújtott önzetlen munkájukért a nemzeti parki igazgatóságok elkötelezett munkatársainak, az Agrárminisztérium Természetmegőrzési Főosztálya dolgozóinak, és az MME Emlősvédelmi Szakosztálya tagságának. Külön hálásak vagyunk SELMECZI-KOVÁCS ÁDÁMNAK (DINPI) és LŐRINCZ TAMÁSNAK a térképek elkészítésénél nyújtott nélkülözhetetlen segítségükért; CZABÁN DÁVIDNAK, GOMBKÓTÓ PÉTERNEK (BNPI), KATONA KRISZTIÁNNAK (MATE), LAKATOS KRISZTIÁNNAK, LANSZKI JÓZSEFNEK (HUN-REN BLKI), MOLDOVÁN ORSOLYÁNAK (HNPI) és PURGER JENŐNEK (PTE) sokrétű szakmai együttműködésükért; támogató bírálatukért pedig ESTÓK PÉTERNEK (EKE) és LANSZKI JÓZSEFNEK.

Irodalomjegyzék

- BIHARI Z., CSORBA G. & HELTAI M. (szerk.) 2007. *Magyarország emlőseinek atlasza*. Kossuth Kiadó, Budapest, 360 pp.
- BÓCSI B., BÍRÓ ZS. & KATONA K. 2024. A nutria (*Myocastor coypus*) terjeszkedése Közép-Európában: biológiai és gazdálkodási vonatkozások. In: CSERKÉSZ T., KISS CS. & CSORBA G. (szerk.), *Emlőskutatók Szakmai Napja: Konferencia és Workshop*. MTM, Eger, p. 9.
- CSORBA G., MOLDOVÁN O., SCHNEIDER V. & NÉMETH A. 2024. Conservation status of the blind mole rat populations in Hungary (Rodentia: Spalacinae: Nannospalax) revisited – *Biologia Futura*, 74: 475–487. <https://doi.org/10.1007/s42977-024-00204-8>
- GARCÍA-MUDARRA J.L., IBÁÑEZ C. & JUSTE J. 2009. The Straits of Gibraltar: barrier or bridge to Ibero-Moroccan bat diversity? *Biological Journal of the Linnean Society*, 96(2): 434–450. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2008.01128.x>
- GOMBKÓTÓ P., CSERKÉSZ T., PAPP F., NÉMETH B., LANTOS I., KLESZÓ A., MŁAKÁR P., ÉZSÖL T., ILLYÉS E., BARTHA C., PONGRÁCZ Á., URBÁN L., MOLNÁR M., CZIKORA J., NOVÁK A. & SZABÓ Á. 2024. A barna medve (*Ursus arctos*) státuszának várható változása Magyarország faunájában. In: CSERKÉSZ T., KISS CS. & CSORBA G. (szerk.), *Emlőskutatók Szakmai Napja: Konferencia és Workshop*. MTM, Eger, p. 16.

- GUBÁNYI A. & HORVÁTH GY. 2007. Csalitjáró pocok. In: BIHARI Z., CSORBA G. & HELTAI M. (szerk.), *Magyarország emlőseinek atlasza*. Kossuth Kiadó, Budapest, pp. 160–161.
- JAAROLA M. & SEARLE J. 2004. A highly divergent mitochondrial DNA lineage of *Microtus agrestis* in southern Europe. – *Heredity*, 92: 228–234. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800400>
- JOSIĆ D., ÇORAMAN E., WAURICK I., FRANZENBURG S., ANCILLOTTO L., BAJIĆ B., BUDINSKI I., DIETZ C., GÖRFÖL T., HAYDEN BOFILL S.I., PRESETNIK P., RUSSO D., SPADA M., ZRNČIĆ V., BLOM M.P.K. & MAYER F. 2024. Cryptic hybridization between the ancient lineages of Natterer's bat (*Myotis nattereri*). *Molecular Ecology*, 33(13): e17411. <https://doi.org/10.1111/mec.17411>
- JUSTE J., RUEDI M., PUECHMAILLE S.J., SALICINI I. & IBÁÑEZ C. 2019. Two new cryptic bat species within the *Myotis nattereri* species complex (Vespertilionidae, Chiroptera) from the Western Palearctic. *Acta Chiropterologica*, 20(2): 285–300. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2018.20.2.001>
- MÉHELY L. 1909. *Species generis Spalax. A földi kutyák fajai származás- és rendszertani tekintetben*. Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 419 pp.
- NÉMETH A., CSORBA G., LACZKÓ L., MIZSEI E., BEREZKI J., PÁSZTOR J.A., PETRÓ P. & SRAMKÓ G. 2020. Multi-locus genetic identification of a newly discovered population reveals a deep genetic divergence in European blind mole rats (Rodentia: Spalacidae: Nannospalax). *Annales Zoologici Fennici*, 57: 89–98. <https://doi.org/10.5735/086.057.0110>
- NÉMETH A., MIZSEI E., LACZKÓ L., CZABÁN D., HEGYELI ZS., LENGYEL SZ., CSORBA G. & SRAMKÓ G. 2024. Evolutionary history, and systematics of European blind mole rats (Rodentia: Spalacidae: Nannospalax): Multilocus phylogeny and species delimitation in a puzzling group. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 190: 107958 <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2023.107958>
- PAUPÉRIO J., HERMAN J.S., MELO-FERREIRA J., JAAROLA M., ALVES P.C. & SEARLE J.B. 2012. Cryptic speciation in the field vole: a multilocus approach confirms three highly divergent lineages in Eurasia. *Molecular Ecology*, 21(24): 6015–6032. <https://doi.org/10.1111/mec.12024>
- PUECHMAILLE S.J., ALLEGRINI B., BOSTON E.S.M., DUBOURG-SAVAGE M.-J., EVIN A., KNOCHÉL A., LE BRIS Y., LECOQ V., LEMAIRE M., RIST D. & TEELING E.C. 2012. Genetic analyses reveal further cryptic lineages within the *Myotis nattereri* species complex. *Mammalian Biology*, 77: 224–228. <https://doi.org/10.1016/j.mambio.2011.11.004>
- PURGER T.J., HORVÁTH Z., CSÓR S. & PURGER J.J. 2024. Spread of the coypu *Myocastor coypus* (Molina, 1782) along the Drava River in Hungary. *Natura Croatica*, 33(1): 175–181. <https://doi.org/10.20302/NC.2024.33.14>
- SALICINI I., IBÁÑEZ C. & JUSTE J. 2013. Deep differentiation between and within Mediterranean glacial refugia in a flying mammal, the *Myotis nattereri* bat complex. *Journal of Biogeography*, 40(6): 1182–1193. <https://doi.org/10.1111/jbi.12062>
- SAVIĆ I. & SOLDATOVIĆ B. 1984. *Karyotype evolution and taxonomy of the genus Nannospalax Palmer, 1903, Mammalia, in Europe*. Serbian Academy of Sciences and Arts, Separate Editions, Vol. 560, Department of Natural and Mathematical Sciences 29: 104 pp.
- SCHERTLER A., RABITSCH W., MOSER D., WESSELY J. & ESSL F. 2020. The potential current distribution of the coypu (*Myocastor coypus*) in Europe and climate change induced shifts in the near future. *NeoBiota*, 58: 129–160. <https://doi.org/10.3897/neobiota.58.33118>
- VÁCZI O. 2022. Nutria. *Myocastor coypus* (Molina, 1782). In: HARASZTHY L. (szerk.): *Invasive animal species in Hungary*. Duna-Ípoly National Park Directorate – Ministry of Foreign Affairs and Trade, Budapest, pp. 338–341.

Internetes források:

Mammal Diversity Database 2024a. Mammal Diversity Database (Version 1.13). Zenodo.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10595931>

Mammal Diversity Database 2024b. *Microtus lavernedii*. <https://www.mammaldiversity.org/taxon/1002077>

Zölei A. & Csorba G. 2024. EMMA2 Hungarian Data Database v1.9. <https://10.13140/RG.2.2.14530.80320>

Hivatkozott jogszabályok:

66/2015. (X.26.) FM rendelet az elkobzott védett természeti értékekkel kapcsolatos intézkedésekről szóló 19/1997. (VII. 4.) KTM rendelet, valamint a védett és a fokozottan védett növény- és állatfajokról, a fokozottan védett barlangok köréről, valamint az Európai Közösségben természetvédelmi szempontból jelentős növény- és állatfajok közzétételéről szóló 13/2001. (V. 9.) KöM rendelet módosításáról.

Az Európai Parlament és Tanács 1143/2014/EU rendelete (2014. október 22.) az idegenhonos inváziós fajok betelepítésének vagy behurcolásának és terjedésének megelőzéséről és kezeléséről.

Melléklet: Magyarország vadon élő emlőseinek listája
Appendix: Checklist of Hungarian wild mammals

rend	család	tudományos név	magyar név
1	Rovarevők Eulipotyphla	Sünfélék Erinaceidae	magyar név keleti sün <i>Erinaceus roumanicus</i>
2	Rovarevők Eulipotyphla	Cickányfélék Soricidae	magyar név havasi cickány <i>Sorex alpinus</i>
3	Rovarevők Eulipotyphla	Cickányfélék Soricidae	magyar név erdei cickány <i>Sorex araneus</i>
4	Rovarevők Eulipotyphla	Cickányfélék Soricidae	magyar név törpe cickány <i>Sorex minutus</i>
5	Rovarevők Eulipotyphla	Cickányfélék Soricidae	magyar név közönséges vízicickány <i>Neomys fodiens</i>
6	Rovarevők Eulipotyphla	Cickányfélék Soricidae	magyar név Miller-vízicickány <i>Neomys milleri</i>
7	Rovarevők Eulipotyphla	Cickányfélék Soricidae	magyar név mezei cickány <i>Crocidura leucodon</i>
8	Rovarevők Eulipotyphla	Cickányfélék Soricidae	magyar név keleti cickány <i>Crocidura suaveolens</i>
9	Rovarevők Eulipotyphla	Vakondfélék Talpidae	magyar név közönséges vakond <i>Talpa europaea</i>
10	Denevérek Chiroptera	Patkósdenevér-félék Rhinolophidae	magyar név kereksnyergű patkósdenevér <i>Rhinolophus euryale</i>
11	Denevérek Chiroptera	Patkósdenevér-félék Rhinolophidae	magyar név nagy patkósdenevér <i>Rhinolophus ferrumequinum</i>
12	Denevérek Chiroptera	Patkósdenevér-félék Rhinolophidae	magyar név kis patkósdenevér <i>Rhinolophus hipposideros</i>
13	Denevérek Chiroptera	Hosszúszámyúdenevér-félék Mimopteridae	magyar név európai hosszúszámyú-denevér <i>Mimopterus schreibersii</i>
14	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név északi késeidenevér <i>Cnephaeus nilssonii</i>
15	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név közönséges késeidenevér <i>Cnephaeus serotinus</i>
16	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név szőröskarú koraidenevér <i>Nyctalus leisleri</i>
17	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név óriás koraidenevér <i>Nyctalus lasiopterus</i>
18	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név rőt koraidenevér <i>Nyctalus noctula</i>
19	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név közönséges törpedenevér <i>Pipistrellus pipistrellus</i>
20	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név fehérszélű törpedenevér <i>Pipistrellus kuhlii</i>
21	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név durvavitorlájú törpedenevér <i>Pipistrellus nathusii</i>
22	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név szoprán törpedenevér <i>Pipistrellus pygmaeus</i>
23	Denevérek Chiroptera	Simaorrúdenevér-félék Vespertilionidae	magyar név nyugati piszedenevér <i>Barbastella barbastellus</i>

HAZAI EMLŐSŐK LISTÁJA

rend	család	tudományos név	magyar név	
24 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Plecotus auritus</i>	barna hosszúfülű-denevér
25 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Plecotus austriacus</i>	szürke hosszúfülű-denevér
26 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Vespertilio murinus</i>	fehértorkú denevér
27 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Hypsugo savii</i>	alpesi denevér
28 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis myotis</i>	közönséges denevér
29 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis blythii</i>	hegyesorrú denevér
30 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis alcaethoe</i>	nimfadenevér
31 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis mystacinus</i>	bajuszos denevér
32 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis bechsteinii</i>	nagyfülű denevér
33 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis brandtii</i>	Brandl-denevér
34 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis dasycneme</i>	tavi denevér
35 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis daubentonii</i>	vízi denevér
36 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis emarginatus</i>	csonkafülű denevér
37 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis nattereri</i>	horgasszórú denevér
38 Denevérek	Chiroptera	Vespertilionidae	<i>Myotis crypticus</i>	mediterrán denevér
39 Ragadozók	Carnivora	Canidae	<i>Canis aureus</i>	aramysakál
40 Ragadozók	Carnivora	Canidae	<i>Canis lupus</i>	szürke farkas
41 Ragadozók	Carnivora	Canidae	<i>Nyctereutes procyonoides</i>	nyestkutya
42 Ragadozók	Carnivora	Canidae	<i>Vulpes vulpes</i>	vörös róka
43 Ragadozók	Carnivora	Ursidae	<i>Ursus arctos</i>	barna medve
44 Ragadozók	Carnivora	Procyonidae	<i>Procyon lotor</i>	észak-amerikai mosómedve
45 Ragadozók	Carnivora	Mustelidae	<i>Mustela erminea</i>	hermelin
46 Ragadozók	Carnivora	Mustelidae	<i>Mustela nivalis</i>	eurázsiai menyét

rend	család	tudományos név	magyar név
47 Ragadozók	Carnivora	<i>Mustela eversmannii</i>	molnárgörény
48 Ragadozók	Carnivora	<i>Mustela putorius</i>	házi görény
49 Ragadozók	Carnivora	<i>Neovison vison</i>	amerikai nyérc
50 Ragadozók	Carnivora	<i>Martes foina</i>	nyest
51 Ragadozók	Carnivora	<i>Martes martes</i>	nyuszt
52 Ragadozók	Carnivora	<i>Meles meles</i>	európai borz
53 Ragadozók	Carnivora	<i>Lutra lutra</i>	közönséges vidra
54 Ragadozók	Carnivora	<i>Felis silvestris</i>	európai vadmacska
55 Ragadozók	Carnivora	<i>Lynx lynx</i>	eurázsiai hiúz
56 Párosujjú patások	Artiodactyla	<i>Sus scrofa</i>	vaddisznó
57 Párosujjú patások	Artiodactyla	<i>Cervus elaphus</i>	gimszarvas
58 Párosujjú patások	Artiodactyla	<i>Dama dama</i>	európai dámszarvas
59 Párosujjú patások	Artiodactyla	<i>Capreolus capreolus</i>	európai őz
60 Párosujjú patások	Artiodactyla	<i>Ovis gmelini</i>	muflon
61 Nyúlalakúak	Lagomorpha	<i>Lepus europaeus</i>	mezei nyúl
62 Nyúlalakúak	Lagomorpha	<i>Oryctolagus cuniculus</i>	üregi nyúl
63 Rágcsálók	Rodentia	<i>Sciurus vulgaris</i>	vörös mókus
64 Rágcsálók	Rodentia	<i>Spermophilus citellus</i>	európai ürge
65 Rágcsálók	Rodentia	<i>Castor fiber</i>	eurázsiai hód
66 Rágcsálók	Rodentia	<i>Dryomys nitedula</i>	erdei pele
67 Rágcsálók	Rodentia	<i>Glis glis</i>	nagy pele
68 Rágcsálók	Rodentia	<i>Muscardinus avellanarius</i>	mogyorós pele
69 Rágcsálók	Rodentia	<i>Sicista trizona</i>	magyar szöcskeegér

HAZAI EMLŐSŐK LISTÁJA

rend	család	tudományos név	magyar név
70 Rágcsálók	Rodentia	Spalacidae	<i>Nannospalax hungaricus</i> magyar földikutya
71 Rágcsálók	Rodentia	Spalacidae	<i>Nannospalax montanosymyensis</i> délvidéki földikutya
72 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Cricetus cricetus</i> mezei hörség
73 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Clethrionomys glareolus</i> vöröshátú erdei pocok
74 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Arvicola amphibius</i> közönséges kőzapocok
75 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Alexandromys oeconomus</i> északi pocok
76 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Microtus agrestis</i> csalijáró pocok
77 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Microtus lavernedii</i> Laverned-pocok
78 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Microtus subterraneus</i> földi pocok
79 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Microtus arvalis</i> mezei pocok
80 Rágcsálók	Rodentia	Cricetidae	<i>Ondatra zibethicus</i> pézsmapocok
81 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Micromys minutus</i> törpeegér
82 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Apodemus agrarius</i> pirok erdei egér
83 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Apodemus flavicollis</i> sárganyakú erdei egér
84 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Apodemus sylvaticus</i> közönséges erdei egér
85 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Apodemus uralensis</i> kislábú erdei egér
86 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Rattus norvegicus</i> vándorpatkány
87 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Rattus rattus</i> házi patkány
88 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Mus musculus</i> házi egér
89 Rágcsálók	Rodentia	Muridae	<i>Mus spicilegus</i> güzüegér
90 Rágcsálók	Rodentia	Echimyidae	<i>Myocastor coypus</i> nutria

Revised checklist of Hungarian wild mammals

GÁBOR CSORBA^{1*}, TAMÁS CSERKÉSZ¹, TAMÁS GÖRFÖL^{1,2}, ATTILA NÉMETH^{3,4} & ANIKÓ ZÖLEI⁵

¹ Hungarian Natural History Museum, Baross u. 13. H-1088 Budapest, Hungary

² National Laboratory of Virology, Szentágotthai Research Centre, University of Pécs, Ifjúság útja 20, H-7624 Pécs, Hungary

³ Department of Nature Conservation, Zoology and Game Management, University of Debrecen, Böszörményi út 138, H-4032, Debrecen, Hungary

⁴ Mammal Conservation Group, BirdLife Hungary, Költő u. 21, H-1121 Budapest, Hungary.

⁵ Research Institute of Organic Agriculture, Ráby Mátyás u. 26. H-1038 Budapest, Hungary
*E-mail: csorba.gabor@nhmus.hu

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 49–62.

Abstract. Up-to-date lists of wild species are not just about our curiosity to know what lives around us, but they form the basis for national and international legislation, the listing of protected species, the CITES annexes, and even the IUCN Red List. The recent revision of the legislation on protected and strictly protected species in Hungary and the Atlas of European Mammals project have also necessitated the renewal of the list of wild mammals in Hungary. Due to the regular appearance of new species, the permanent presence of species previously observed only occasionally, the separation of newly recognized cryptic species, and taxonomic revisions, the number of mammal species occurring in Hungary has risen to ninety.

Keywords: distribution, Hungary, Mammalia, species list

Accepted: 21.10.2024

Published online: 08.11.2024

Krónika

Első Magyar Zootaxonómiai Konferencia

2024. november 27.

Budapest, Állatorvostudományi Egyetem

Az első alkalommal megrendezett konferencia fő célja a szakterületi eredmények bemutatása, megvitatása. Ezen túl azonban szándéka felhívni a figyelmet a tudományág fontosságára, jelentőségére, bemutatni, hogy számos aktív taxonómus van Magyarországon, magyar nyelvterületen, sok érdekes csoporttal, és nem utolsósorban az, hogy ez a tudományág is nyújt karrierlehetőséget, valamint megadja a felfedezés örömét.

Szervezők:

SZÜTS TAMÁS, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest
PÁLL-GERGELY BARNA, HUN-REN ATK, Növényvédelmi Intézet, Martonvásár
KONTSCHÁN JENŐ, HUN-REN ATK, Növényvédelmi Intézet, Martonvásár
HORNOK SÁNDOR, Állatorvostudományi Egyetem, Budapest
MURÁNYI DÁVID, Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, Eger
FEHÉR ZOLTÁN, WWF Magyarország, Budapest

Támogatók:

Állatorvostudományi Egyetem, HUN-REN ATK, Akadémiai Kiadó

A Konferencia absztraktjai

PLENÁRIS ELŐADÁSOK

Hány vaddisznónál kezdődik a sok? A taxonómia oktatása Magyarországon

SZÜTS TAMÁS

Állatorvostudományi Egyetem, Zoológiai Tanszék, 1077 Budapest, Rottenbiller utca 50.

E-mail: Szuts.Tamas@univet.hu

Kivonat. A taxonómia az elmúlt évtizedekben számos változáson ment keresztül. Sok új kihívás jelentkezik, amik kifejtését egy másik plenáris előadásra bízom. Egy tudomány fennmaradása alapvetően függ az utánpótlástól, illetve az akadémiai közegben való elfogadottságától. Jelen formájában a klasszikus rendszertan/taxonómia oktatása az egyetemen a számháborút vív. Egyrészt a csökkenő óraszámok, csökkenő érdeklődés mellett a diákok kevésbé érzik/élvezik a diverzitást a megtanulandó 50-100 fajból, másrészt a nemtudás egyik legveszélyesebb része az, amelyikről nem is tudunk, tehát a végletekig nem csökkenthető ez a szám. Az interneten keresztül minden elérhető érvelés a taxonómia szám csökkentésére sajnos alapvetően hibás alapfeltetelezésből indul ki. Bár megnyugtató megoldást nem tudok javasolni a problémára, néhány ötleten keresztül próbálok egy párbeszédet elindítani a taxonómiában, oktatásban járatos kollegákkal, ami a megoldás felé tereli a jelenlegi helyzetet.

Kulcsszavak: fajismeret, felsőoktatás, javaslatok

A taxonómia világszintű és hazai trendjei

PÁLL-GERGELY BARNA

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, 2462 Martonvásár, Brunszvik utca 2.

E-mail: pallgergely2@gmail.com

Kivonat. A „taxonómia hanyatlak”, ezt „mindenki tudja”. Vajon kellene-e idézőjelek az előző mondatba? Tényleg igaz-e ez az állítás? Az tény, hogy soha nem publikáltak annyian taxonómia témában, mint ma, és ez igaz bármely országra, hazánkat is beleértve. Azonban az is igaz, hogy a publikációk szerzőinek átlagos száma és egy-egy faj leíróinak száma is folyamatosan növekszik, ezzel párhuzamosan az egy taxonómus által leírt fajok száma pedig csökken. Ezek az adatok két dolgot jelenthetnek. Egyrészt azt, hogy egyre nagyobb energia-befektetéssel egyre nehezebb új fajt leírni (tehát az ismeretlen fajok száma csökken), másrészt azt, hogy a „szerzőség” hígult fel, és a valódi taxonómusok (taxonómiai döntéseket meghozó szerzők) száma kevésbé változott az elmúlt évtizedekben. Az igazság a két állítás között lehet, és eltérhet taxonómiai csoportok között. Az intenzívebben kutató csoportokban bizonyosan egyre nehezebb új fajokat leírni, ellenben tengernyi gerinctelen állatcsoportban az ismeretlen fajok száma olyan nagy, hogy a felfedezendő fajok számát a taxonómusok alacsony száma limitálja. Azt is látnunk kell, hogy taxonómus és taxonómus között is óriási lehet a különbség. Általánosságban elmondhatjuk, hogy a fajok felét az összes első szerző nagyjából egytizede írja le, vagyis a fajok többségének felfedezését elsősorban kevés számú, de nagyon aktív taxonómus végzi. Magyarországon a faunisztikai publikációk és az aktívan publikáló faunisták számáról rendelkezünk adatokkal. Ezek pontosan megmutatják, hogy 1970-től kb. 2010-ig emelkedő trendeknek lehettünk tanúi, azonban 2010 és 2020 között akkora visszaesés következett be, hogy szinte elértük a '70-es évek szintjét. Ugyanezt mutatják azok az OTDK- és OTKV-dolgozatok számai, amelyek

egy-egy élőlénycsoport fajszintű ismeretét feltételezik. Mivel ma már nem találunk taxonómus vagy faunista szemléletű oktatót egyik tudományegyetemünkön sem, a trendek megfordulásában alig bízhatunk. Egy biztos: talán abszolút számokban a taxonómia nem „hanyaglik”, a lobbijereje sokat csökkent az elmúlt évtizedek alatt; elég csak arra gondolni, hogy most hány zootaxonómus akadémikusunk van (nulla, pedig nemrég még három volt). Ezen körülmények között kell témavezetőként, egyetemi tanárként, mentorként megteremtünk a feltételeit annak, hogy egyáltalán legyen következő taxonómus-generáció.

Kulcsszavak: identifikációs krízis, faunisztika, természettudományi múzeumok

Hogyan lett Kína „taxonómusnemzet”?

RÉDEI DÁVID

Dept. of Entomology, National Chung Hsing University
Kuo Kuang Rd. 250, Taichung 40227, Taiwan
*E-mail: david.redei@gmail.com

Kivonat. Az elmúlt két évtizedben gyökeresen átalakult a taxonómia Kínában. A megelőző évtizedek gyakorlatával szakítva a kínai kiadású folyóiratok jelentősége erősen visszaesett, számos közülük meg is szűnt, míg kínai szerzők szó szerint elárasztották kézírataikkal a külföldi kiadású, nemzetközi folyóiratokat. Ennek fő oka az ország 2000-et követő gyors GDP-növekedése, mely lehetővé tette a kutatás-fejlesztésre fordított költségvetés mintegy 15-szörös növekedését. Az általános forrásbőség-ből a teljes kutatási szektor, így a taxonómia is profitált; a klasszikus deskriptív taxonómia ráadásul a kétezres évek első évtizedében átmenetileg kifejezetten előnyös pozícióba került a pályázati rendszerben. A források azonban egy sajátos kínai típusú elosztási struktúrában kerültek az intézményekhez, ami furcsamód részben segítette, részben viszont hátráltatta a terület fejlődését. Mindezek miatt a feltűnően magas publikációs aktivitás ellenére a taxonómia helyzete jelenleg Kínában sem kedvező, és a taxonómusok száma, mint világszerte szinte minden országban, csökken. A probléma oka sokrétű, a források fent említett sajátos allokációja és a 2020 óta egyre súlyosbodó gazdasági válság mellett hozzájárul az is, hogy a más országoknál kiélezettebb verseny miatt a kínai taxonómusokra nehezedő publikációs nyomás az általunk megszokottnak sokszorosa. A kínai taxonómia összességében továbbra is jelentős minőségbeli és konceptuális problémákkal terhelt. Az egyik legjelentősebb probléma a globális jelentőségű összehasonlító gyűjtemények hiánya. Ennek negatív következményei közül a legfontosabbak, hogy a kínai taxonómia túlzottan Kína-központú, revíziós munka helyett elsősorban új fajok leírására fókuszál, aminek következtében a kínai szerzők által Kínából leírt új taxonok validitása gyakran nem megbízható. A taxonómiai kutatást sokszor olyan kulturális sajátosságok is nehezítik, melyek a nyugati kultúrákban sokkal kevésbé vannak jelen. Mindezek miatt elmondható, hogy bár vannak, akik Kínát „taxonómiai nagyhatalomnak” tartják, ez inkább csak olyanformán igaz, mint amilyen értelemben gazdasági vagy politikai értelemben vett „globális szuperhatalom”: a látványos eredmények mellett számos ellentmondással, strukturális anomáliával és fenntarthatósági problémával küzd.

Kulcsszavak: biodiverzitás-kutatás, intézményi hálózat, stratégia, tudománypolitika, utánpótlás-képzés

TOVÁBBI ELŐADÁSOK ÉS POSZTEREK (A SZERZŐK BETŰRENDJÉBEN)

Csótánytaxonómia a rovartartók szemszögéből

A. BABITS MELINDA

Debreceni Egyetem Egyetemi és Nemzeti Könyvtár, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.
 Debreceni Egyetem Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.
 E-mail: babits.melinda@lib.unideb.hu

Kivonat. A hobbi rovartartók közössége egyre nagyobb figyelmet fordít a fogságban tartott fajok pontos azonosítására és az akár tudományos kutatásokban is felhasználható tenyészetek fenntartására. Előadásomban a Blattodea rend (csótányok és tereszek) rendszertani áttekintése után, a taxon példáján keresztül szeretném bemutatni, hogyan alakult ki ez az érdeklődés, hogyan segítik a taxonómusok a rovarok tenyésztésével foglalkozó szakembereket, és milyen szerepet játszhatnak a hobbi rovartartók a rendszertani ismeretek gyarapításában. Mindezt elsősorban a *Therea*, a *Blaberus* és a *Gromphadorhina* nemzetségeket övező problémák bemutatásával szeretném illusztrálni. E csoportok népszerűsége nagymértékben hozzájárult ahhoz, hogy a hobbi rovartartók körében megjelenjen az igény a fajok közötti különbségek pontos megértésére. Ennek eredményeként az utóbbi években egyre elterjedtebb gyakorlattá vált a csótányok lokálitási információval együtt történő tartása és árusítása, ami hozzájárul a tudományos igényeket is kielégítő tenyészetek fenntartásához. Előadásom célja rávilágítani, hogy a hobbi rovartartók nemcsak passzív résztvevői, hanem aktív előmozdítói is lehetnek a taxonómiai kutatásoknak, és hogy a taxonómusok munkája iránti igény egyre növekszik ebben a közösségben.

Kulcsszavak: Blattodea, rovartartás, rovartenyésztés

Az európai természettudományi gyűjtemények digitális integrációja

BABOCSAY GERGELY

Magyar Természettudományi Múzeum Mátra Múzeuma, 3200 Gyöngyös, Kossuth Lajos utca 40.
 E-mail: babocsay.gergely@nhmus.hu

Kivonat. A taxonómiai kutatások, bár sok szempontból felgyorsultak, számos súlyos akadályba ütköznek kellő számú képzett taxonómus és pénzügyi erőforrások hiányában, vagy az elavult infrastruktúra okán. Mivel a természettudományi gyűjtemények, mint kutatási infrastruktúrák vezető szerepet játszanak fajok felfedezésében, fejlesztésük a probléma megoldásának egyik kulcsa. Az Európai Természettudományi Gyűjtemények Konzorciumának (Consortium of European Taxonomic Facilities, CETAF) kezdeményezésére létrejövő Distributed Scientific Collections (DiSSCo) az európai természettudományi gyűjteményeket az ESFRI (European Strategy Forum on Research Infrastructures) keretrendszerben független intézményekből álló digitális kutatási infrastruktúrává egyesíti, melynek anyagai közös online platformon válnak majd elérhetővé a kutatások és a közművelődés számára. A cél nem csak az online elérhetőség, hanem a már meglévő, és újonnan keletkező kutatási eredményeknek a gyűjteményi példányokkal és a belőlük származtatott vagy hozzájuk kapcsolódó információkkal (gyűjtő(k), leíró(k), lelőhelyi adatok, DNS-szekvenciák, morfológiai adatok, paraziták, 3D-s képek stb.) való összekapcsolhatóságának megteremtése. Ez a kapcsolat a tartós egyedi azonosítók (PID = persistent identifiers) révén valósul majd meg. Ilyen PID-eket kapnak a példányok, a róluk vagy az élőhelyükről készült képek stb., ahogyan a róluk szóló publikációk is rendelkeznek PID-del (ld. DOI). A gyűjteményi példányokból származtatott digitális vagy kiterjesz-

tett példány fogja alkotni a DiSSCo alapját, amelyen keresztül minden, a fizikai példányra vonatkozó információ elérhetővé válik. Párhuzamosan megvalósuló fontos törekvés a taxonómiai publikációk szemantikus annotációja, azaz a tartalom gépi olvasását, valamint az adatok „(ki)bányászását” lehetővé tevő kézíratszerkesztés. Az annotált szövegek információtartalma (új fajok, szerzőik, lelőhelyük, a leltári számok stb.) ezáltal automatikusan megjelenhet olyan adataggregátoroknál, mint a GBIF, amelynek adatai metaadat („big data”) -elemzésekhez használhatók fel. Az így létrejövő információháló óriási mértékben egyszerűsítene a már meglévő adatokhoz és információkhoz való hozzáférést, ezáltal felgyorsítaná a fajleírásokat és a biológiai sokféleség kutatását.

Kulcsszavak: CETAF, digitális példány, DiSSCo, ESFRI, tartós egyedi azonosítók

Anyagtudomány és taxonómia: hét lángszinéres esettanulmány

BÁLINT ZSOLT^{1,2*}, PISZTER GÁBOR², KERTÉSZ KRISZTIÁN² és BIRÓ LÁSZLÓ PÉTER²

¹ Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest, Baross utca 13.

² HUN-REN Energiatudományi Kutatóközpont, Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Intézet, Nanoszerkezetek Laboratórium, 1121 Budapest, Konkoly Thege Miklós út 29–33.

*E-mail: balint.zsolt@nhmus.hu

Kivonat. Az előadásban több mint húsz év interdiszciplináris kutatásaiból mutatunk be néhány taxonómiai vonatkozású eredményt a lángszinérfélék (*Lycaenidae*) lepkecsaládból vett monofiletikus csoportok segítségével. Az általunk kifejlesztett „spectroboard” alkalmazásával nagyszámú múzeumi példány optikai tulajdonságait tudjuk mérni roncsolásmentesen. Hét esettanulmány példáján keresztül szemléltetjük, miképpen segít a szárnyakat borító pikkelyek szerkezetének feltárása a nanoarchitektúrák által generált optikai jelenségek és azok biológiai szerepének jobb megértésében. Kísérleti úton bizonyítottuk, hogy a lepkék szerkezeti színe fontos taxonómiai bélyeg, mivel csak kissé függ a környezeti változóktól. Így a lángszinérféléket képviselő monofiletikus csoportok jelentős részében a színek elemzése nagyban segíti a fajfelismerést. Kiemeljük a spektroszkópia, a különböző elektronmikroszkópos megközelítések és számítógépes modellezés fontosságát, azok alkalmazását élettudományi szempontból. Az esetek: (1) színvesztés: *Polyommatus daphnis* ([SCHIFFERMÜLLER], 1775) – *P. marcidus* (LEDERER, [1870]) fajpár; (2) fajspecifikus spektrum: *Theritas gozmanyi* BÁLINT & WOJTUSIAK, 2007 és rokonai; (3) a szárnyembrán két oldala: jelző- és rejtőszínezet a dél-amerikai *Cyanophrys* CLENCH, 1961 genus fajain; (4) jól hangolt kék színek: kilenc *Polyommatus*-faj a Normafánál, melyek hímjei kék színűek; (5) a pikkely vastagsága számít: az egyetlen kék színű *Mimeresia* STEMPFFER, 1961 -faj; (6) ragaszkodás a nanoarchitektúrához: a pannon és az erdélyi *Polyommatus dorylas* ([SCHIFFERMÜLLER], 1775); és (7) ál-günandromorfia: *Polyommatus icarus* (ROTEMBURG, 1775).



Kulcsszavak: lepkepikkelyek, *Lycaenidae*, nanoarchitektúrák, mikroszkópia, spektroszkópia

A Normafánál egykor előforduló boglárka-rokonúak (*Polyommatus*) kilenc fajból álló közössége, amelyben a hímek kék színe egymáshoz volt hangolva (az *Analytical Methods* 3(1) címlapja 2011-ből).

„Láthatatlan óriások”, avagy a fonálféreg jelentősége és rejtett világa

BALOG LUCA ESZTER

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológia Doktori Iskola, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.
E-mail: baloglucaeszter@gmail.com

Kivonat. A fonálféreg (Ecdysozoa: Nematoda) az állatok egyik legfajgazdagabb és tömegesség tekintetében legnagyobb csoportját alkotják. Bolygónk minden szegletében, még a legszélsőségesebb környezeti feltételek mellett is megtalálhatók. Továbbá, szinte minden növény- és állatfajban előfordulnak fonálféreg paraziták. Ennek ellenére sokan mégsem tudnak róluk, mivel kis méretük és rejtőzködő életmódjuk miatt szinte láthatatlanok a hétköznapi emberek számára. Gyakran negatív megítélésben részesülnek növényi kártételük, állatorvosi és humánegészségügyi vonatkozásaik miatt, ezzel szemben ökológiai és természetvédelmi jelentőségük, bioindikátor-szerepük kevésbé ismert. A fonálféreg azonosítása kis testméretük és viszonylag egyszerű testfelépítésük miatt nem egyszerű feladat. Magyarországon a fonálféreg rendszertani kutatása komoly múltra tekint vissza. Kiemelendő Prof. ANDRÁSSY ISTVÁN munkássága, akinek nevéhez több mint 660 tudományra új taxon, köztük 56 új család, ill. magasabb rendű csoport, 126 új genus leírása, valamint számos monográfia és tudományos közlemény fűződik. Napjainkban a fonálféreg-rendszertan nem tartozik a legnépszerűbb kutatási témának sem hazánkban, sem külföldön. Holott a fonálféreg ökológiai vizsgálatokra történő felhasználásához, valamint kimondottan alkalmazott kutatásokhoz is nélkülözhetetlen „első lépés” a pontos faji szintű azonosítás, dokumentálás. Céлом, hogy saját, rovarlárvákban élő parazita fonálféregokről (Rhabditidae; Thelastomatidae) szóló kutatási eredményeim tükrében bemutassam a fonálféregfajok rendszerezésének gyakorlati nehézségeit. Szeretném kiemelni ezen „láthatatlan óriások” felbecsülhetetlen természetvédelmi jelentőségét és a morfológiai alkalmazásának nélkülözhetetlen voltát.

Kulcsszavak: állatrendszertan, morfológia, Nematoda, rovarparazitizmus

Tudományra és faunára új televény- és fonálféreg a dél-chilei Darwin-hegyvidékről

BOROS GERGELY^{1,3*}, DÓZSA-FARKAS KLÁRA², PETRIKOVSZKI RENÁTA¹,
NAGY PÉTER ISTVÁN¹ és NAGY BALÁZS^{3,4}

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állattani és Ökológiai Tanszék, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.

² Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

³ A Földgömb az Expedíciós Kutatásért Alapítvány, 1142 Budapest, Erzsébet királyné útja 125.

⁴ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

*E-mail: boros.gergely@uni-mate.hu

Kivonat. A Darwin-hegyvidék a Föld, egyben Patagónia legdélebbi, nem sarkvidéki hegyvonulata, amely az Andok nyúlványának tekinthető. Kitértségének köszönhetően már néhány száz méteres magasságban permafrosztal találkozhatunk, így nem meglepő, hogy a talajfauna eddig ismert képviselői közül sok a szubantarktikus szigetek fajaival mutat hasonlóságot. A PERMACHILE expedíciósorozat geomorfológiai, glaciológiai és mikrobiológiai kutatások mellett a talajlakó feregfaunát is vizsgálatául tűzte ki ebben az utolsó közötti feltáratlan vadonban. A televényféreg (Enchytraeidae) családjába tartozó *Christensenidrilus* genus is ebből a régióból, a Dél-Orkney szigetcsoportba tartozó Signy szigetéről lett leírva, és mostanáig egyetlen faj, a *Christensenidrilus blocki* (DÓZSA-FARKAS & CONVEY,

1997) képviselte. A 2024 februárjában gyűjtött talajmintákból azonban a *Christensenidrilus* nem legalább egy új faja került elő, amely jelenleg leírás alatt áll. Fonálférgék (Nematoda) közül a *Coomansus gerlachei* (DE MAN, 1904) Mononchida rendbe tartozó ragadozó fajt tudtuk azonosítani, amely többek között Kanadából és az Antarktiszról ismert. Ezek mellett a *Criconema* és *Parkellus* nemekbe tartozó fonálférgék kerültek elő. Mivel ebből a régióból még semmilyen adattal nem rendelkezünk, így minden azonosított nem és faj faunára újnak számít.

Kulcsszavak: *Christensenidrilus*, Enchytraeidae, Nematoda, Patagónia, permafroszt

A romániai álkérésztaxonómia múltja és jelene

DÉNES ANNA^{1,3*}, DÉNES AVAR-LEHEL^{1,2} és KERESZTES LUJZA¹

¹ 3B Kutatóközpont, Haladó Hidrobiológia és Biomonitoring Kutatólaboratórium, (LabHAB), Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Clinicilor 5–7., Románia.

² Haladó Tudományok és Technológiák Intézetete (STAR-UBB Institute), Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Treboniu Laurian 42., Románia.

³ Integratív Biológia Doktori Iskola, Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Republicii 44., Románia.

*E-mail: en.denesanna@yahoo.com

Kivonat. Az álkérészek egy fontos, ám kevésbé ismert csoportja az édesvízi ökoszisztémáknak, mivel esetükben nehéz a faji szintű határozás és rengeteg a kriptikus lárvaforma. A romániai álkérészfajokról KIS BÉLA 1974-es faunakötete biztosítja a legteljesebb szakirodalmat. Ez az alapmű az álkérészek rendjének 7 családját, 22 genusát és 122 fajt foglalja össze. Mindegyik faj esetében részletesen tárgyalja a kifejlettek életmódját, elterjedését az országban, és alapos rajzok által szemlélteti a fajok morfológiai sajátosságait. Kutatásunk során ezen ismereteket szeretnénk pontosítani (pl. megváltozott vagy újonnan leírt taxonómiai egységek esetén), frissíteni (pl. faunára új fajok), illetve kiegészíteni újabb információkkal (pl. standard genetikai szekvenciák). Elindítottunk egy DNS-barcoding kezdeményezést, hogy jobban megismerhessük a romániai álkérészfaunát egy biodiverzitás hotspotban, a romániai Kárpátokban. Összesen 179 példányt gyűjtöttünk be 2020 és 2021 közt, majd ezeket vizsgáltuk, használva a standard barcode régiót (*mtCOI*). A szekvenálási siker 92,74%-os volt, 101 lárva és 65 kifejlett kérész szekvenciáját sikerült kinyerni. Mindezekből 30 ismert vagy új fajt lehetett azonosítani, melyek rendelkeznek vonalkód indexszámmal (BIN). Továbbá azonosítottunk 9 olyan taxonómiai egységet (OTU-t), a Refined Single Linkage algoritmus segítségével, melyek egyetlen fajhoz sem köthetők az adatbázisokban. Első alkalommal sikerült standard (barcode) DNS-szekvenciát rendelni egy újonnan felfedezett *Zwicznia* MURÁNYI, 2014 fajhoz, valamint három endemikus vagy szubendemikus kárpáti fajhoz: *Brachyptera starmachi* SOWA, 1966, *Leuctra carpathica* KIS, 1966 és *Protonemura aestiva* KIS, 1965. Mindemellett terepi gyűjtéseink során sikerült faunára (pl.: *Leuctra dalmoni* VINÇON & MURÁNYI, 2007, *Zwicznia acuta* MURÁNYI & ORCI, 2014) és tudományra új fajokat (*Zwicznia* sp. n. és *Nemoura* sp. n.) kimutatni Románia területén. Eredményeink alátámasztják, hogy a romániai álkérészek diverzitása még mindig nem teljesen ismert, léteznek kriptikus fajok, és bővíthetők molekuláris ismereteink.

Kulcsszavak: DNS barcoding, genetikai adatbázis, Kárpátok, kriptikus diverzitás

A *Chionea araneoides* DALMAN, 1816 fajcsoport (Diptera, Limoniidae) morfológiai diverzitása jégkori refúgiumok jelenlétét igazolják a Kárpátokban

DÉNES AVAR-LEHEL^{1,2*}, KOLCSÁR LEVENTE-PÉTER³, BERCZ BALÁZS VIVIENN⁴, JANCSÓ BORÓKA-ZSUZSÁNNA^{1,5} és KERESZTES LUJZA¹

¹ 3B Kutatóközpont, Haladó Hidrobiológia és Biomonitoring Kutatólaboratórium, (LabHAB), Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Clinicilor 5–7., Románia

² Haladó Tudományok és Technológiák Intézete (STAR-UBB Institute), Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Treboniu Laurian 42., Románia.

³ Független kutató, Gyergyóditró, Gábor Áron 72, Románia

⁴ Magyar Biológiai és Ökológiai Intézet, Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Clinicilor 5–7., Románia

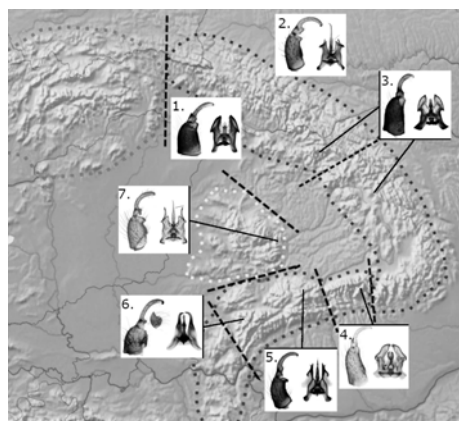
⁵ Integratív Biológia Doktori Iskola, Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Republicii 44., Románia

*E-mail: avar.denes@ubbcluj.ro

Kivonat. A *Chionea araneoides* DALMAN, 1816 fajcsoport, amely télen aktív és szárnyatlan Diptera-fajokat foglal magában, a Limoniidae családhoz tartozik. Elterjedési területét Európa északi és középső részének különböző hegységrendszerei képezik. Egy átfogó taxonómiai revízió szerint a *Chionea*-fajok globális és regionális szinten három különböző fajt képviselnek Európában: *C. araneoides* (közép- és észak-európai nagyobb elterjedés), *C. dolomitana* VANIN, 2010 (olasz Alpok keleti része), valamint *C. olympiae* VANIN, 2010 (szintén az olasz Alpok keleti része). A romániai Kárpátok területén mostanig figyelmen kívül hagyott fajdiverzitás található. A *C. araneoides* fajcsoportéhoz tartozó, és a Kárpátok különböző refúgiumterületeiről származó 37 hím és 24 nőstény példány esetében vizsgáltuk az egyedek morfológiai változatosságát. A morfológiai adatok és az ezekre épülő kladsztikai elemzés jelentős morfológiai eltérést igazolnak a Kárpátok különböző területeiről gyűjtött példányok között, ami hat új faj leírását teszi lehetővé. A kimutatott morfológiai változatosság fontos allopatrikus fajképződési eseményekre utal, amelyek valószínűleg a pleisztocén eljegesedések időszakában zajlottak le szigetszerű refúgiumokban. Az új fajok túlhez alkalmazkodott biológiája és magasabban levő élőhelye (1000 m-ig) ellentétben áll a hasonló *C. araneoides* alacsonyabb dombvidéki elterjedésével, de hasonlít a két olasz faj elterjedésére, a glaciálisok után is fenntartotta az elszigetelődést.

Kulcsszavak: fajképződés, hősúnyog, új fajok

A Kárpátokban előforduló *Chionea*-fajok hím ivarszervének egy része és az előfordulási területük: 1. *Chionea araneoides* – széles elterjedés Európában; 2. *Chionea* spn1 – elterjedési területe a Keleti Kárpátok; 3. *Chionea* spn2 – Radnai-havasok és a Nagy-Hagymás; 4. *Chionea* spn3 – Királykő-hegység; 5. *Chionea* spn4 – Szebeni-havasok; *Chionea* spn5 – Retyezát-hegység; *Chionea* spn6 – Muntele Băişorii hegység. A Kárpátok különböző régiói szaggatott vonallal vannak körberajzolva, az egyenes szaggatott vonalak pedig a természetes barriereket jelölik a vízi rovarok számára.



A mikroszkópi fotók jelentősége az enchytraeida taxonómiában

DÓZSA-FARKAS KLÁRA

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.
E-mail: kdozsafarkas@gmail.com

Kivonat. Az Enchytraeidae (televényférgék) család az Annelida törzs Clitellata osztályába tartozik. Fajokban gazdag család, 33 genusból 700-nál is több elfogadott faj tartozik ide. Minden kontinensen, szinte minden ökoszisztémában megtalálhatók, tengerekben, édesvizek partjainál, főleg azonban talajokban élnek, a trópusi őserdőktől a magas hegyiségek gleccsereiig és még a sarkvidéki területeken is. Taxonómiai szempontból nem könnyű csoport, a határozásban mintegy 30 bélyeget kell figyelembe venni. A determinálásban segítség, de egyúttal nehézség is, hogy 1959-ben bevezették az „élve határozás módszerét” is. A több mint 50 éves taxonómiai kutatómunkám során, 100-at meghaladó tudományra új faj leírása alapján vallom, hogy egy faj leírásakor, legyen az a legprecízebb, méretekkkel is megerősített, a legfontosabb a lényegyet kifejező rajzokkal vagy még inkább megfelelő minőségű mikroszkópi fotókkal való illusztrálás. Ez utóbbi egyúttal dokumentálja a leírás hitelességét is. Előadással ezt szeretném illusztrálni.

Kulcsszavak: Enchytraeidae, mikroszkópi fotók, morfológia



Fridericia regularis spermatheca

Recens Discinidae brachiopodák Dél- és Délkelet-Ázsiából: taxonómiai kérdések, megoldások és újabb problémák

DULAI ALFRÉD^{1*} és HAN RAVEN²

¹ Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, Őslénytani és Földtani Tár, 1083 Budapest, Ludovika tér 2–6.

² Naturalis Biodiversity Center, P.O.Box 9517, 2300 RA Leiden, The Netherlands

*E-mail: dulai.alfred@nhmus.hu

Kivonat. A brachiopodák túlnyomó többségét törzs-szinten könnyű felismerni. Van azonban két olyan csoport a korábbi Inarticulata osztályon belül, amelyeknél nem ilyen egyszerű a helyzet, mivel a dorzális teknők alakja a Craniidae (Craniiformea) és a Discinidae (Linguliformea) brachiopodák esetében is erősen hasonlít a sapkacsigákra. A teknők belső oldalán látható izombenyomatok alapján azonban jól elkülöníthetők, és a discinidáknál a foszfátos héjanyag is árulkodó jel lehet. Ennek ellenére még napjainkban is előfordulnak keveredések ezen a téren. Előadásunk holland malakológus társszerzője a Borneó sekélytengeri élőhelyein talált példányait először az indiai Andaman-szigetek területéről leírt *Acmea semicornea* PRESTON csigafajjal azonosította, amelyet az 1908-as leírása óta több különböző Gastropoda-csoporthoz soroltak. Az irodalmi adatokat és az *A. semicornea* faj online elérhető szüntípusait is megvizsgálva felismertük, hogy a *Discradisca* genushoz tartozó Brachiopoda-fajról van szó. A rendelkezésre álló dorzális teknők alapján ez a faj nagyon jó egyezést mutat a jól ismert, és Dél-Ázsia vizeiben széleskörű elterjedést mutató *Discradisca indica* DALL, 1920 fajjal, és ez utóbbi senior szinonimájának tekinthető a *Discradisca semicornea* PRESTON, 1908. Így a *semicornea* névnek van prioritása, de a régóta használt és mindenki által ismert *indica* név megőrzése mellett is szólnak érvek. A Borneó északnyugati területén számos ponton előkerült Discinidae-anyag dorzális teknői első közelítésben szintén besorolhatónak tűntek a *Discradisca indica* faj variációs tartományába. Az egyik példány esetében azonban a dorzális teknőhöz tapadva előkerült a nagyon vékony ventrális teknő is. Ezt megvizsgálva viszont alapvető különbségek láthatók a *D. indica* faj ventrális teknőjéhez képest. A Borneóról leírás alatt lévő új faj dorzális teknője alacsony kúpos forma, a külső felszínén 125–135 enyhén gyöngyözött gyenge bordával. A szabálytalan hatszög alakú ventrális teknőn megnyúlt tojás alakú nyílás van a nyél számára, és a felszínét számos (180) sűrűn elhelyezkedő gyenge radiális borda díszíti. Az új faj későbbi azonosításában gondot jelenthet majd, hogy gyakran a recens anyagoknál is csak a dorzális teknők állnak rendelkezésre, de az igazán markáns különbségek a *D. indica* fajhoz képest csak a ventrális teknőn jelennek meg.

A kutatást az OTKA/NKFI támogatta (K146962).

Kulcsszavak: Borneó, *Discradisca*, pörgekarúak, sapkacsiga, senior szinoníma



Discradisca semicornea PRESTON

Adatok a Dunántúli medveállatka-faunájához

FEKETE ERIK

Érdi Vörösmarty Mihály Gimnázium, 2030 Érd, Széchenyi tér 1.
E-mail: erik.fekete@gmail.com

Kivonat. A medveállatkák (Tardigrada) a hazai fauna jelenleg kevésbé kutatott állatai, pedig változatos megjelenésük, speciális testfelépítésük és rendkívüli ellenállóképességük miatt vizsgálatra érdemesek. Leggyakrabban mohák, zuzmók mikrométeres lakói. Különleges adottságuk, hogy kriptobiózisban élnek túl az extrém környezeti feltételeket. Magyarországi kutatásuk, a hazai kutatásukat megalapozó IHAROS GYULA halála és VARGHA BÉLA visszavonulása miatt, háttérbe került; az országban jelenleg nincs a medveállatkákkal aktívan foglalkozó szakember. Új adataimmal szeretnék hozzájárulni a dunántúli medveállatka-fauna feltáráshoz, hosszú távú célom pedig a hazai Tardigrada-fajok felmérése, rendszerezése és a meglévő fajleírások, előfordulási adatok és határozókulcsok aktualizálása. A mintavételezést, a preparátumok készítését és a fajok azonosítását IHAROS 1956-os munkája alapján kezdtem. Mivel számos gyűjtött faj még nem szerepel ebben a határozóban, jelenleg a „The Phylum Tardigrada” határozókulcs alapján dolgozom. A fajok azonosításában, genetikai vizsgálatok elvégzésében több külföldi szakember, pl. L. KACZMAREK, R. BERTOLANI, valamint a HUNREN ATK kutatói és eszközállománya (pl. scanning elektronmikroszkóp) segít. A Dunántúli 21 településen és környékén eddig 42 fajt figyeltem meg nagyjából 25 élőhelytípuson. Közülük morfológiai adataik alapján négy faj a hazai faunára nézve új: a *Macrobotus persimilis* (BENDA & PILATO), a *Macrobotus hibiscus* (BARROS), a *Ursulinius montanus* (MIHELČIČ) és az *Ursulinius tuberculoides* (MIHELČIČ). Két, potenciálisan új faj esetében csak a nemzetséget sikerült azonosítanom: *Pseudechiniscus* és *Eremobiotus* genusok. Ebben az esetben genetikai vizsgálat szükséges a továbblépéshez. Találtam feltehetően tévesen leírt fajt is pl. az IHAROS által leírt *Pseudechiniscus suillus* EHRENBERG a pajzsai és a papilla cephalica alakja alapján egy másik *Pseudechiniscus*-fajjal azonos. Adataim alapján a hegyek és a völgyek medveállatka-faunája jelentősen eltért, és a mohagyeppek bizonyultak a legfajgazdagabbnak. A medveállatka-kutatás nemcsak taxonómiai és faunisztikai szempontból fontos, hanem az űrkutatás és az orvostudomány terén is nagy jelentőségű lehet, különösen akkor, ha megismerjük rendkívüli ellenállóképességük okát.

Kulcsszavak: Tardigrada, alulkutatottság, ellenállóság, fajgazdagság, szekvenálás

A köztudatban élő, mégis egy elhanyagolt rend képviselői: hazai Zygentoma-fajok

FIAM JUDIT^{1*} és NÉMETH TAMÁS²

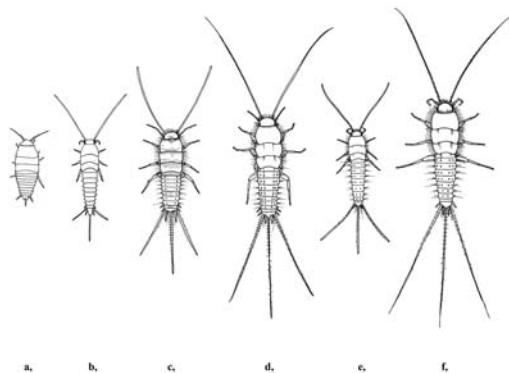
¹ Szépművészeti Múzeum – Országos Múzeumi Restaurálási és Raktározási Központ (OMRRK), 1135 Budapest, Szabolcs utca 33–35. A épület

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Biológiai Tudományi Doktori Iskola, 2100 Gödöllő, Páter Károly utca 1.
*E-mail: judit.fiam@szepmuveszeti.hu

Kivonat. A pikkelykefélékről már GROSSINGER JÁNOS is említést tett 1794-ben a hazai rovarfaunát feldolgozó művében. Átfogó kutatásukra dr. TÖMÖSVÁRY ÖDÖN adta a fejét 1884-ben, és bár később is születtek összefoglaló munkák a Zygentoma rend képviselőiről, mégis keveset tudunk róluk. Azonosításuk és hosszútávú tárolásuk is kihívásokat tartogat, hiszen gyorsan kiszáradnak, összezsugorodnak, alkoholban elvesztik színüket. Az azonosításukhoz szükséges sertecsomók, pikkelyek és egyéb függelékük könnyen letörhetnek, amelyek sok esetben lehetetlenné teszik pontos meghatározásukat, mely indokolhatja az irányukba mutatott csekély érdeklődést. A pikkelykék a rovarok (Insecta) osztályán belül a szárnyatlan rovarok (Apterygota) alosztályába, azon belül is a sertefarkúak (Zygentoma (korábban Thysanura)) rendjébe tartozó állatok. A rendbe 5 család sorolható nagyjából 650 fajjal. Hazánkban jelenleg 6 azonosított fajt ismerünk, amelyek főként szinantróp életmódot folytatnak: a Nicoletiidae családból az *Atelura formicaria* (HEYDEN, 1855) – aranyos ősvorart, a Lepismatidae családból pedig a *Lepisma saccharinum* (LINNAEUS, 1758) – ezüstös pikkelykét, a *Thermobia domestica* (PACKARD, 1873) – kemencehalacska, a *Ctenolepisma lineatum* (FABRICIUS, 1775) – sávós ősvorart, a *Ctenolepisma calvum* (RITTER, 1910) – szellemhalacska és a *Ctenolepisma longicaudatum* (ESCHERICH, 1905) – szürkés pikkelykét. Az ízeltlábúak azonosítása nem csak biológusként fontos, számos más területen, mint például a restaurálásban is értékes információt hordoznak a rovarok. Az esetleges kártételen túl egyes fajok akár indikátorként is szerepelhetnek múzeumi környezetben. Jó példa erre az ezüstös pikkelyke, amely 70%-os relatív páratartalom felett tud megtelepedni, így műtárgykörnyezetben való feltűnése épületgépészeti meghibásodásra, vizesedésre utalhat. A pikkelykefélék kártétele széles skálán mozog, a fotóemulziótól kezdve a papírig, a ragasztóanyagokon át számos más szénhidrát-tartalmú anyagot elfogyasztanak. Legújabb kutatások szerint az ő szervezete képes a legnagyobb mennyiségben cellulózbontó enzimeket termelni. Mindezek tudatában a Szépművészeti Múzeumnál az állományvédelmi protokoll részeként kiemelten foglalkozunk a rend fajaival, melynek eredményeként idén sikerült egy, a hazai faunára új fajt azonosítani: a szürkés pikkelykét – *Ctenolepisma longicaudatum* (ESCHERICH, 1905). Az ezüstös pikkelykéhez képest sokkal jobban tolerálja az alacsony hőmérsékletet és páratartalmat, melynek következtében mára Európa-szerte széles körben elterjedt ez a faj.

Kulcsszavak: hazai faunára új faj, múzeumi kártevő, szinantróp, szürkés pikkelyke

Magyarország pikkelykék: a, *Atelura formicaria* (HEYDEN, 1855) – aranyos ősvorart; b, *Lepisma saccharinum* (LINNAEUS, 1758) – ezüstös pikkelyke; c, *Thermobia domestica* (PACKARD, 1873) – kemencehalacska; d, *Ctenolepisma lineatum* (FABRICIUS, 1775) – sávós ősvorart; e, *Ctenolepisma calvum* (RITTER, 1910) – szellemhalacska; f, *Ctenolepisma longicaudatum* (ESCHERICH, 1905) – szürkés pikkelyke.



Az *Atypophthalmus umbratus* (de Meijere, 1911) iszapszúnyogfaj (Diptera, Limoniidae) első közép-európai előfordulása – a globális dísznövénykereskedelem potyautasa

JANCSÓ BORÓKA-ZSUZSÁNNA^{1,3*}, KÁRPÁTI MARCELL² és KERESZTES LUJZA¹

¹ 3B Kutatóközpont, Haladó Hidrobiológia és Biomonitoring Kutatólaboratórium (LabHAB), Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Clinicilor 5–7., Románia

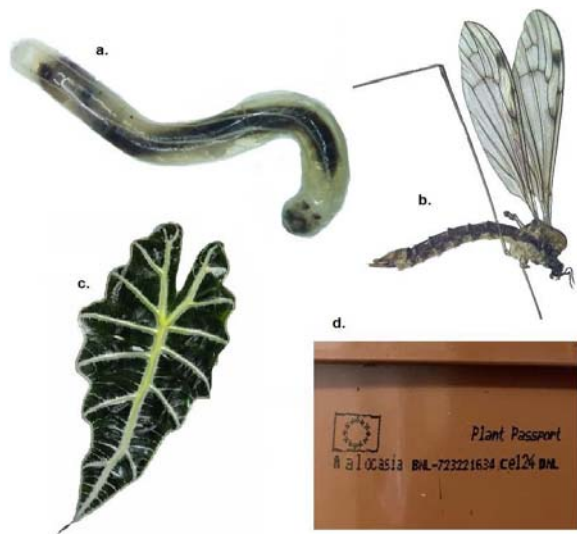
² Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Biológia és Geológia Kar, Ökológia és Természetvédelem Szak, Kolozsvár, Clinicilor 5–7., Románia

³ Integratív Biológia Doktori Iskola, Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Republicii 44., Románia

*E-mail: boroka.janczo@ubbcluj.ro

Kivonat. Az *Atypophthalmus umbratus* (DE MEIJERE, 1911) (Diptera, Limoniidae) egy trópusi elterjedésű iszapszúnyogfaj, melynek biológiájáról keveset tudunk. A faj Európában 2005 óta terjed exotikus növénykereskedelem útján, főként botanikus kertekben és növénykereskedelemben kapható szobanövények talajával. Romániában egy kolozsvári barkácsáruházból vásárolt trópusi növényen (*Alocasia × mortfontanensis* 'Polly') észleltük először, melynek leveléről hím és nőtény példányokat is gyűjtöttünk, majd később lárvája a növény talajából is előkerült. Mivel az EU-ban 2019 óta minden kereskedelmi forgalomba kerülő növénynek rendelkeznie kell egy növényültvelélszámmal, ami garantálja a termék kórokozóktól és behurcolt fajoktól való mentességét, ez az eset felvetette a kérdést, hogy milyen egyéb fajok kerülnek még beszállításra ilyen módon. A faj magyarországi jelenlétéről egy rovarügyi közösségi tudományos weboldalra feltöltött találat adatai alapján szereztünk tudomást. Ez felhívja a figyelmet a közösségi média fontosságára és felelősségére a biológiai inváziók előrejelzésében. Elsőként közöljük a fajt Magyarországra és Románia területéről, valamint elsőként sikerült DNS-szekvenciát társítani hozzá.

Kulcsszavak: behurcolt faj, citizen science, növényültlevél



a. Az *Atypophthalmus umbratus* lárvája, cserepes növény talajából gyűjtve; b. *Atypophthalmus umbratus* kifejlett nőténye; c. *Alocasia* 'Polly', a növény, amellyel érkezett a faj; d. a cserep növényültlevél-száma

Fajszámok fogságában: akvatikus és szemiakvatikus kétszárnyúak (Insecta, Diptera) morfológiai és molekuláris leltára a Kárpátok térségében

KERESZTES LUJZA^{1*}, DÉNES AVAR-LEHEL², ANDREI-BOGDAN TERC³,
DÉNES ANNA³ és JANCsó BORóKA³

¹ 3B Kutatóközpont, Haladó Hidrobiológia és Biomonitoring Kutatólaboratórium, (LabHAB), Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Cliniciilor 5–7., Románia

² Haladó Tudományok és Technológiák Intézetete (STAR-UBB Institute), Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Treboniu Laurian 42., Románia

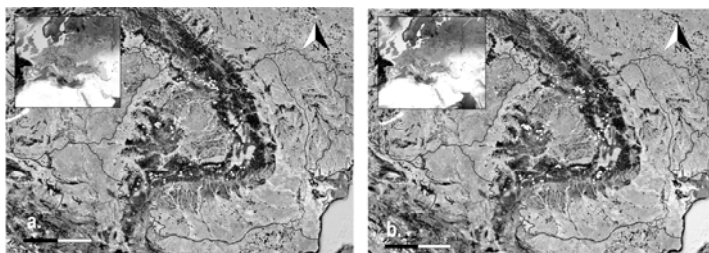
³ Integratív Biológia Doktori Iskola, Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Republicii 44., Románia

*E-mail: lujza.keresztes@ubbcluj.ro

Kivonat. A kétszárnyúak (Insecta, Diptera) a vizek ökológiai integritásának kulcsszereplői, azonban a legtöbb faj azonosítása problémás, elsősorban a morfológiailag kriptikus lárvák miatt. A fajok azonosításának javítása érdekében a mtCOI gén 1149 standard szekvenciáját generáltuk, elsősorban a Kárpátok vizes élőhelyein gyűjtött adult- és lárvamintákból. A begyűjtött anyagból 177 különböző fajt azonosítottunk 37 Diptera családból, és további 77 olyan taxonómiai egységet (ezek főként lárvaminták), amelyek faji azonossága kérdéses. A vonalkód indexszám (BIN) elemzése feltárta, hogy a régió akvatikus diptera-diverzitása figyelemre méltó, a 287 különböző molekuláris taxonómiai egység (BIN) esetében a molekuláris adatok 82,5%-át társítottuk ismert fajokhoz. A génszekvenciák összehasonlító vizsgálata azt mutatta, hogy a morfológiai fajok genetikai diverzitása esetenként kiugróan magas, amit a K2P távolságok extrém kilengése jelez (0% és 16,22%, átlagosan 2,81%). A genetikai diverzitás a fajok között is nagy eltéréseket mutatott, 0% és 26,97% között, 13,15%-os átlagértékkel. Az inter- és intraspecifikus diverzitás változó értékei azt mutatják, hogy a kriptikus vagy pszeudo-kriptikus fajok száma jelentős lehet a Kárpátok térségében. Elsőként töltöttünk fel 95 BIN-egységet a nemzetközi genetikai adatbázisokba (BOLD), ebből 31 ismeretlen, ún. operatív taxonómiai egység. Az alkalmazott molekuláris taxonómiai módszerek 531 lárvafajszintű azonosításában bizonyultak sikeresnek. Eredményeink azt mutatták, hogy a fajok molekuláris azonosítása jelentősen növelheti a régió akvatikus és szemiakvatikus kétszárnyú fajainak számát azokon az élőhelyeken (hegyi és forráspatakok), ahol a regionálisan elterjedt vagy őshonos fajok száma kiugróan magas. A legtöbb vizsgált család esetében a standard DNS-génszekvenciák alkalmasak fajszintű azonosításra, fejlődési stádiumtól függetlenül, de hatékonyságuk különösen figyelemre méltó a morfológiailag kriptikus lárvák esetében is. A jövőben egy átfogóbb regionális molekuláris adatbázis fejlesztése szükséges, amely hatékonyabban támogathatja a biológiai vízminősítés gyakorlatát megbízható és objektív fajszintű azonosítással, akár taxonómiai problémás csoportok esetében is, mind az akvatikus, mind a szemiakvatikus kétszárnyúak esetében.

Kulcsszavak: akvatikus és szemiakvatikus Diptérák, biodiverzitás, genetikai adatbázis, Kárpátok térsége, standard MtCOI szekvenciák

A vizsgált akvatikus és szemiakvatikus Diptera-fajok molekuláris adatainak földrajzi vetülete a romániai Kárpátokban: a) ismert standard DNS szekvenciával rendelkező Diptera-fajok; b) új standard DNS szekvenciák generálása genetikai adatbázisokban.



***Pulafulvius pliocenicus* – egy fosszilis mezeipoloska és annak jelentősége a múlt és jelen faunaváltozásainak tükrében**

KÓBOR PÉTER^{1*}, SZABÓ MÁRTON², SZAPPANOS BÁLINT³ és ARTUR TASZAKOWSKI⁴

¹ HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, Állattani Osztály; H-2462 Martonvásár, Brunszvik u. 2.

² Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, Őslénytani Tár; H-1083 Budapest, Ludovika tér 2–6.

³ Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága, Földtani Szolgálat; H-1143 Budapest, Stefánia út 14.

⁴ University of Silesia in Katowice, Faculty of Biology and Environmental Protection, Department of Zoology; Bankowa 9, 40-007 Katowice, Lengyelország

*E-mail: kobor.peter@atk.hun-ren.hu

Kivonat. A Cylapinae KIRKALDY, 1903 alcsalád a mezeipoloskák (Heteroptera: Miridae) egy viszonylag kis fajszerű csoportja, amelynek 530 recens fajtát 6 tribus 100 genusába sorolják. Ugyanakkor a csoport diverzitása és elterjedése nem teljesen feltárt, annak rejtett életmódja miatt. Az alcsalád képviselői főként a trópusi területeken elterjedtek, mindössze 14 genus közel 60 faja alkotja a palearktikus faunát, ám e fajok többnyire a régió legmelegebb klímájú részeiről, például Kína déli tartományaiából, a Ryukyu-szigetektől (Japán) és Tajvanról leírta. Csupán a *Fulvius* és *Peritropis* genusok néhány képviselője bizonyított mérsékeltéghajlatú területekről és Európából egyedül a széles elterjedésű *Fulvius oxycarenoides* (REUTER, 1878) adatai ismertek. Ezen elterjedési mintázat miatt az alcsalád fosszilis képviselőit az élőhely meleg klímájának indikátoraiként tekintik tafocönózisokban. A csoport kövületanyagát tekintve 27 fajuk ismert az eocén időszakból (balti, bitterfeldi, francia és fushuni borostyánból), illetve további két faj került leírásra miocénből, egy dominikai borostyánból és egy, a spanyolországi Rubielos de Mora medence kompressziós kövületanyagából. A Kárpát-medence neogén rovarkövületeit feldolgozó kutatásaink során tanulmányozásra került egy mezeipoloskakövület, amelyről a pulai lelőhelyet bemutató tanulmánykötet már korábban említést tett és fotót is közölt. A példány vizsgálata során a megfigyelt karakterek kombinációja megfelelt a Cylapinae alcsalád Fulviini tribusa definíciójának. Azonban a faj legszembevetőbb jellegzetessége az erőteljesen megvastagodott (átmérője közel háromszorosa a többi csápiz átmérőjének), sötét sertéssel borított első csápíze, mely egyedülálló a Cylapinae alcsalád fosszilis és recens képviselői viszonylatában is, ezért egy új, monotipikus genus állítottunk fel számára. A *Pulafulvius pliocenicus* a lelőhelyről elsőként leírt szárazföldi poloskafaj, valamint a Cylapinae alcsalád legfiatalabb fosszilis képviselője. Jelenléte az élőhely tekintetében a szubtrópusi klíma bizonyítékaként értelmezhető, ami valószínűsíthető volt olyan, szintén indikátor rovarcsoportokhoz tartozó fossziliák alapján, mint például a termeszek (Isoptera). Továbbá a csoport tekintetében megfogalmazható az a hipotézis, miszerint a Cylapinae alcsalád Európából való eltűnését a pleisztocén lehűlés hozta magával, amikor ezen poloskák elterjedésének északi maximuma délebbre tolódott, a *F. oxycarenoides* északi irányú terjedése pedig a klímaváltozás által a közép-európai rovarfaunában előidézett „mediterránizáció” bizonyítékaként értelmezhető.

Kulcsszavak: Heteroptera, Miridae, paleontológia, pliocén időszak, pulai alginit.

Késő kréta (Maastrichti) szárazföldi és édesvízi puhatestű-fauna Valiora (Románia) környékéről

KOCZÓ LEVENTE^{1*}, BOTFALVAI GÁBOR^{1,2} és PÁLL-GERGELY BARNA³

¹Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

²HUN-REN-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport 1083 Budapest, Ludovika tér 2.

³HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, 2462 Martonvásár, Brunszvik utca 2.

*E-mail: koczo7967@gmail.com

Kivonat. Késő kréta kori szárazföldi csigák világszerte nagyon kevés helyről ismertek, ezért nagyon jelentős a híres Hátszegi-medencei dinoszaurusz-lelőhelyen talált csigafossziliák feldolgozása, leírása és bekategorizálása. Az eddigi vizsgálatok során több száz fosszilis csiga- és kagylóhéj, illetve vázteredék került elő Valiora környékéről. Vizsgálataink alapján 8 családot tudunk kimutatni a leletanyagból, melyből 5 család szárazföldi, 3 család pedig édesvízinek tekinthető. Kiemelhetők a következők: Az Anostomopsidae családra jellemző a kisméretű (1 cm-nél kisebb), bűgöcsigaszerű vagy korong alakú héj sok kanyarulattal, szűk köldökkel és a párhuzamosan futó palatális redőkkel. Egyetlen *Lychnus* nemzetségbe (Anadromidae család) sorolható példány, melyen megfigyelhető a nagyon kitágult utolsó kanyarulat. A *Ferussina* nemzetségbe (Cyclophoridae család) 2 faj példányait tudjuk sorolni az utolsó kanyarulat dorzális irányba („felfelé”) hajlása alapján. Eddigi egyetlen példány került elő, amelyet a columelláris lamella, a kicsi ovális/kúpos alakú héj, illetve a családra jellemző méretek alapján a Diplommatinidae családba tudjuk sorolni. A Pupinidae családba számtalan példány sorolható, mivel dextrális héjú, kicsi/közepes méretű, oválistól ovális-kúposig terjedő vagy gömbölyű formájúak. Egyes fajoknál a váz radiálisan bordázott, ami leginkább a *Pseudopomatias* nemzetségre jellemző, a szájadék a legtöbb esetben kör alakú. A K2-es lelőhelyről egyetlen olyan példány került elő, ami az édesvízi Acroloxidae családba sorolható, mivel ennek a családnak a fajai nagyon kicsi, lapított kúpos héjú „sapkacsigaszerű” formák. Eddig számos olyan példányt találtunk, amelyek megnyúlt kúp alakúak, és jobb híján a Lymnaeidae családba sorolhatóak. Valioráról eddig legalább 3 faj példányait tudjuk a Physidae családba sorolni, hiszen magas tekercsű, balra csavarodó héjak, egyes példányoknál a családra jellemzően gyöngyös skulptúrával. Egyes lelőhelyeken dominálnak az apró kagylók, amelyek valószínűleg a Sphaeriidae családba tartoznak, és több fajt képviselnek.

A kutatás a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj és az NKFIH FK 146097 projekt, CNCS–UEFISCDI grant PN-III-P4-ID-PCE-2020-2570 támogatásával készült.

Kulcsszavak: csigák, kagylók, Cyclophoroidea, Pupinidae, *Ferussina*

A délkelet-ázsiai lószúnyogszerűek (Tipuloidea, Diptera) kutatásának áttekintése és új adatokkal való bővítése

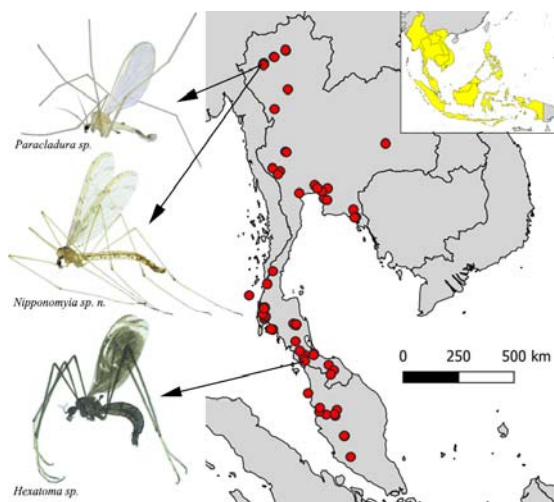
KOLCSÁR LEVENTE-PÉTER

Független kutató, Gyergyóditró, Gábor Áron 72, Románia

E-mail: kolcsar.peter@gmail.com

Kivonat. Délkelet-Ázsia a világ egyik legdiverzebb, ugyanakkor az egyik legkevésbé kutatott régiója, legalábbis ami a kétszárnyúakat (Diptera) illeti. Állatföldrajzi szempontból az orientális és ausztrál-ázsiai régiókban helyezkedik el, bár nagyobb része az orientális régióhoz tartozik. A kétszárnyúak ismert fajszáma az Orientális régióban meghaladja a 25 000-et, de ez messze elmarad a becslött 80–90 000-es fajszámhoz képest. A lószúnyogszerűek (Tipuloidea) több mint 3500 fajt mutatták ki eddig a régióból, de az ismert fajok eloszlása elsősorban a gyűjtők tevékenységét tükrözi, nem pedig a helyszínek tényleges fajgazdagságát. Míg India északi területeiről több mint 1300 faj, addig jelenleg Délkelet-Ázsiából (Kambodzsa, Laosz, Mianmar, Thaiföld, Vietnám, Brunei, Kelet-Timor, Indonézia, Malajzia, Fülöp-szigetek, Szingapúr) összesen alig 1550 faj ismert. Célom volt Délkelet-Ázsia lószúnyogszerű taxonómiai kutatásának áttekintése és saját adatgyűjtéssel való kiegészítése, elsősorban Thaiföldre és Maláj-félszigetre összpontosítva. Thaiföldről jelenleg 99 lószúnyogszerű faj, míg Malajzia kontinentális részéről 216 faj ismert. A saját 65 gyűjtőpontról származó, összesen 2200 példány előzetes vizsgálata alapján, amelyek mintegy 170–180 fajba sorolhatók, 17 genus és subgenus első thaiföldi előfordulását, valamint Malajzia területéről további 4 subgenus jelenlétét sikerült kimutatni. Egy, a *Paracladura* BRUNETTI nembe tartozó faj képviseli a téliszúnyogok (Trichoceridae) első thaiföldi adatát. Bár a példányok fajszintű meghatározása még hosszú időt vesz igénybe, eddig legalább 15 új, a tudomány számára ismeretlen fajt sikerült egyértelműen azonosítani, melyek közül a szőrösszemű iszapszúnyogok családjába (Pediidae) tartozó új *Nipponomyia* ALEXANDER -faj kerül részletesebb bemutatásra. Továbbá szeretném bemutatni az iszapszúnyogok (Limoniidae) családjába tartozó *Hexatoma* LATREILLE nem diverzitását. Az előzetes adatok alapján jól látható, hogy Thaiföld és Malajzia faunája jóval gazdagabb, mint azt a jelenlegi fajszámok sugallják.

Kulcsszavak: Cylindrotomidae, Limoniidae, Pediidae, Tipulidae, Trichoceridae



Délkelet-ázsiai országok és gyűjtőpontok Thaiföldön és Malajziában. Kiemelt fajok: *Paracladura* sp. (Trichoceridae), *Nipponomyia* sp. n. (Pediidae) és *Hexatoma* sp. (Limoniidae) genusokból.

A Magyar Természettudományi Múzeum ikerszelvényes-típusai (Myriapoda: Diplopoda), II.

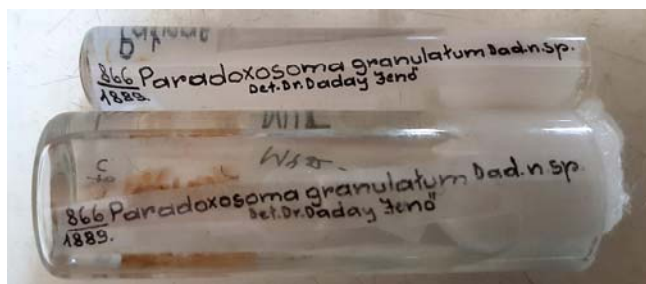
KORSÓS ZOLTÁN* és LAZÁNYI ESZTER

Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest,
Baross utca 13.

*E-mail: zkorsos@gmail.com

Kivonat. A Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum Állattára Myriapoda Gyűjteményének első típuskatalógusa 1983-ban készült el, akkor 35 fajcsoporttaxon (faj, alfaj, változat és forma) típusanyagának felsorolásával. Negyven évvel később újra áttekintettük a gyűjtemény típuspéldányait, hozzáadtuk az újonnan leírtakat, és aktualizáltuk, értékeltük az eredetileg leírt nevek legfrissebb taxonómiai státuszát. Összesen 1065 egyed 283 fiolában reprezentálja a jelen katalógusban felsorolt 186 fajcsoporttaxont, amely több mint ötször több, mint ami az eredeti 1983-as listában volt. Az elmúlt 40 évben két nagyobb gyűjtemény érkezett a múzeumba: DADAY JENŐ típuspéldányainak nagyobbik részét 2004-ben küldték vissza a genfi Muséum d’Histoire Naturelle-ből, a másik anyag pedig 2017-ben, LOKSA IMRE halála után érkezett vissza a budapesti Eötvös Loránd Tudományegyetem Állatrendszertani és Ökológiai Tanszékéről. A Myriapoda Gyűjtemény alapos vizsgálatával 66 fajcsoportszintű típuspéldányt sikerült azonosítani, melyeket eredetileg elveszettek hittünk. Továbbra is hiányzik azonban 53 leírt taxon típusa, ennek lehetséges okait igyekeztünk feltárni. A katalógus végét részletes bibliográfia zárja, amelyben az egyes publikációkban hivatkozott taxonok neveit is feltüntettük. Végül az összes fajcsoportnévhez a sorszámot és oldalszámot tartalmazó mutatót állítottunk össze. A katalógus kiegészítéseként digitalizált online típusadatbázis készül, a típusok összes cédulaadatát feltüntetve, kiegészítve a típuspéldányok és eredeti céduláik fotóival.

Kulcsszavak: katalógus, holotípus, paratípus, szüntípus, adatbázis



A *Paradoxosoma granulatum* DADAY, 1889, a Paradoxosomatidae ikerszelvényes-család típusfajának szüntípus-fiolái

***Diasemiopsis ramburialis* (Duponchel, [1834]), új molylepkefaj
Magyarországon (Lepidoptera: Crambidae)**

KŐSZEGI KLAUDIA^{1,2*}, TAKÁCS ATTILA² és NAGY ANTAL¹

¹ Debreceni Egyetem MÉK Növényvédelmi Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

² Fejér Vármegyei Kormányhivatal, Agrárügyi Főosztály, Növény- és Talajvédelmi Osztály, 2481 Velence, Ország út 23.

*E-mail: kosze.klaudia@mailbox.unideb.hu

Kivonat. Magyarországon ez idáig a Crambidae (Lepidoptera) család 168 faját találták meg, ebből 23 a Spilomelinae alcsaládba tartozik. Az utóbbi alcsalád fajai több növénycsaládból származó növényeken táplálkoznak, mint például: Asteraceae, Azollaceae, Buxaceae, Caryophyllaceae, Cistaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Rhamnaceae és Rosaceae. Sok faj tápnövénye a mai napig ismeretlen. A Spilomelinae alcsaládba olyan inváziós kártevők tartoznak, mint a *Cydalima perspectalis* (WALKER, 1859). A *Diasemiopsis ramburialis* szubtrópusi területeken őshonos, az utóbbi évtizedekben számos európai országból került elő, többek között Horvátországból, Franciaországból, Görögországból és Spanyolországból. Az európai kontinensen kívül a lepkét Afrikában, Ázsiában, Ausztráliában és Óceániában is megtalálták. A fénycsapdával való monitorozás világszerte nagy fontossággal bír, ennek okán Fejér vármegyében több Jermy-típusú fénycsapdát üzemeltettünk. Az egyik ilyen fénycsapdát a lovasberényi löszdombon, egy gyümölcsösben, a másikat a velencei Bence-hegy lábánál állítottuk fel. A csapdák 2023 májusának elejétől üzemelnek. A 2023. október 24-i csapdaanyagban egy, a szerzők számára ismeretlen molyfaj egyede volt, melyet *Diasemiopsis ramburialis*-ként azonosítottak. A későbbiekben a Velencén üzemelő csapda további példányokat fogott a fajból. Magyarországon először észleltük a fajt. Korábban ebből a fajból nem volt Kárpát-medencei példány a Magyar Természettudományi Múzeumban. A velencei fénycsapda a település főútjától 100 méterre a Bence-hegy keleti lejtőjén, száraz, szubmediterrán jellegű kőrises-tölgy erdőszéleken helyezkedik el, a lovasberényi fénycsapda a szintén szubmediterrán Kazal-hegyhez közeli, degradált gyepeű löszdombon található, melyek környezeti paraméterei és az új trendek (kerti tavak létesítése) indokolhatják a faj hazai megjelenését. A faj hernyói moszatpáfrányon élnek (*Azolla filiculoides* LAM. (*Azollaceae*)). Magyarországon 1885 óta ismert a növény, Európában inváziós fajnak számít. Az irodalmi adatok szerint a lepkének két nemzedéke van, egy júniusban, egy pedig augusztustól szeptemberig repül. Magyarországon eddig csak az őszi nemzedékre van bizonyíték.

Kulcsszavak: fénycsapda, inváziós faj, szubtrópusi faj

A közelmúltbeli adaptív radiáció és a fajmeghatározás kihívásai a nyugat-palearktikus és nyugat-ázsiai *Diptolepis* Geoffroy, 1762 genus esetében (Hymenoptera: Diptolepididae)

DÉNES AVAR-LEHEL^{1,2}, LÁSZLÓ ZOLTÁN^{2,3*} és MILES ZHANG⁴

¹ Haladó Tudományok és Technológiák Intézetete (STAR-UBB Institute), Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Treboniu Laurian 42., Románia.

² Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Biológia és Geológia Kar, Ökológia és Természetvédelem Szak, Kolozsvár, Clinicilor 5-7., Románia

³ 3B Kutatóközpont, Haladó Hidrobiológia és Biomonitoring Kutatólaboratórium, (LabHAB), Biológia és Geológia Kar, Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár, Clinicilor 5-7., Románia.

⁴ Institute of Ecology and Evolution, University of Edinburgh, Edinburgh, UK

*E-mail: zoltan.laszlo@ubbcluj.ro

Kivonat. A fajok sokféleségének kialakulásában kulcsfontosságú az adaptív radiáció, amely során egy közös ősből kiindulva különböző ökológiai fülkékhöz alkalmazkodott új formák jönnek létre. A viszonylag fiatal nemzetségek esetében ez a folyamat megnehezíti a fajok besorolását, mivel a finom morfológiai különbségek, a folyamatos génáramlás, a befejezetlen leszármazási szétválás és a hibridizáció különösen nehézzé teszi az egyértelmű fajhatárok megvonását. A *Diptolepis* GEOFFROY, 1762 nemzetség, amely gubacsdarazsakat foglal magába, feltáratlan rendszertani összetettséget mutat a nyugat-palearktikus és nyugat-ázsiai térségekben, különösen a hozzá közel álló gubacsokozó darazsak családjaihoz képest. Kutatásunk célja a fajhatárok újraértékelése és a nemzetségben nemrég bekövetkezett adaptív szétterjedési események vizsgálata. Integrált rendszertani megközelítéseket alkalmaztunk, amelyek ötvözik a morfológiai elemzést, a molekuláris leszármazási vizsgálatokat és az ökológiai adatokat a fajok meghatározása és az evolúciós kapcsolatok feltárása érdekében. Eredményeink jelentős morfometriai változatosságot és lehetséges kriptikus fajképződést tártak fel, ami megnehezíti a hagyományos fajmeghatározási módszereket. A genetikai elemzések több kládot vagy leszármazási ágat mutatnak, amelyek adaptív szétterjedésen mennek keresztül, valószínűleg a gazdanövény-specializáció, valamint a földrajzi és ökológiai elkülönülés hatására. A vizsgált térségekből számos új *Diptolepis*-fajt írunk le. Eredményeink rávilágítanak arra, hogy szükség van olyan új rendszertani keretekre, amelyek figyelembe veszik a genetikai és az ökológiai tényezőket is, és kiemelik a *Diptolepis* fajhatárok pontos meghatározásával kapcsolatos sürgető kihívásokat, valamint ezek ökológiai kutatásokra gyakorolt hatásait.

Kulcsszavak: növényi gubacsok, vadrózsa-gubacsok, morfometria, filogenetika, citokróm-oxidáz I

Recent adaptive radiation and challenges in species delimitation in Western Palearctic and West Asian *Diplolepis* (Hymenoptera: Diplolepididae)

AVAR-LEHEL DÉNES^{1,2}, ZOLTÁN LÁSZLÓ^{2,3*} & MILES ZHANG⁴

¹ STAR-UBB Institute of Advanced Studies in Science and Technology, Babeş-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania

² Hungarian Department of Biology and Ecology, Faculty of Biology and Geology, Babeş-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania

³ Centre 3B, Faculty of Biology and Geology, Babeş-Bolyai University, Cluj-Napoca, Romania

⁴ Institute of Ecology and Evolution, University of Edinburgh, Edinburgh, UK

*E-mail: zoltan.laszlo@ubbcluj.ro

Abstract. Adaptive radiation is a key driver of species diversification from a common ancestor, leading to the emergence of distinct forms adapted to various ecological niches. In relatively young genera, this process complicates species classification due to subtle morphological variations, ongoing gene flow, incomplete lineage sorting, and hybridization, making the delineation of clear species boundaries particularly challenging. The genus *Diplolepis* GEOFFROY, 1762, which consists of gall-inducing wasps, presents significant taxonomic complexity within the Western Palearctic and West Asian regions, especially when compared to closely related genera within cynipoids. This study aims to reassess species boundaries and investigate recent adaptive radiation events within this genus. We employed integrative taxonomic approaches, combining morphological analyses, molecular phylogenetics, and ecological data to delineate species and infer evolutionary relationships. Our findings reveal high morphological plasticity and evidence of cryptic speciation, complicating traditional species delimitation methods. Genetic analyses indicate several clades or lineages undergoing adaptive radiation, likely driven by host-plant specialization, as well as geographic and ecological isolation. We describe several new species of *Diplolepis* from the surveyed regions. These results underscore the need for revised taxonomic frameworks that incorporate both genetic and ecological parameters, highlighting the pressing challenges in accurately identifying species boundaries in *Diplolepis* and their implications for ecological studies.

Keywords: plant galls, wild rose galls, morphometrics, phylogeny, cytochrome oxidase I

Szárazföldi laposférgek Magyarországon

LAZÁNYI ESZTER^{1*}, PÁLL-GERGELY BARNA², PITER KEHOMA BOLL³,
SIMON JANKA², TURÓCI ÁGNES² és KATONA GERGELY¹

¹ Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest, Baross utca 13.

² HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, 2462 Martonvásár, Brunszvik utca 2.

³ Universidade do Vale do Rio dos Sinos Brazil, Av. Unisinos, 950 – Cristo Rei, São Leopoldo – RS, 93022-750, Brazília

*E-mail: lazanyi.eszter@nhmus.hu

Kivonat. A szárazföldi laposférgek családjába (Platyhelminthes, Tricladida, Geoplanidae) tartozó fajok 15 éve jelentek meg és kezdtek el terjedni Európában Dél-Amerikából, Ázsiából importált dísznövények cserepeiben érkezte. Hazánkban az első fajt 2023-ban találták, és egy év alatt 4 faj példányai kerültek elő. Az eddig Európából kimutatott 18 szárazföldi laposféreg faj közül az *Obama nungara* faj bizonyult a legsikeresebbnek. Kb. 6 cm hosszú és 5 mm széles, márványos mintázatú faj, új élőhelyein ivaros szaporodásra képes, kokonjai könnyen terjednek virágfölddel. A *Diversibipalium multilineatum* kb. 27 cm hosszú és 3 mm széles, hátoldalán sárga alapon hosszanti fekete csíkkal rendelkező faj. Ivaros szaporodásra Európában nem képes. Mindkét említett fajra igaz, hogy spontán és mesterséges darabolás után is regenerálódnak, ezért elpusztításuk nehezebb, mint gondolnánk. Ragadozó fajok, a helyi fauna csiga- és gilisztafajait fogyasztják. Az első bizonyító példányokat 2023 tavaszán fogtuk egy Pécs melletti kertészet üvegházaiban. Az *O. nungara* faj mind az üvegházakban, mind később a szabadban is mindennapos volt, ivaros szaporodása is megfigyelhető. A későbbiekben előkerült még Budapestről (közösségi média felületen jelezve), egy szombathelyi botanikus kertből, illetve a pécsi kertészetben 2024-ben is napi rendszerességgel észlelték. Ezekből az adatokból arra következtethetünk, hogy a faj stabilan jelen van és gyorsan terjed. Két további, eddig még nem publikált laposféregfaj is előkerült 2024-ben hazánkból. Az egyik faj a *Rhynchodemus sylvaticus*, mely nagy valószínűséggel kertészeti növényvel került be és szaporodott el házi floráriumokban. Apró, barnás, alig 1 cm hosszú faj, főként ugróvillásokkal táplálkozik. A negyedik faj a *Caenoplana coerulea*, hasi oldala kékes, háti oldala fekete, egy hosszanti fehér csíkkal; apró ízeltlábúakkal táplálkozik. A budapesti Fűvészkert komposztálójából került elő többször, de mindig nagyon kicsi egyed-számmal. A szárazföldi laposférgeknek hazai szakértője nincs, bizonyító példányaik az MNM KK – MTM Állattárának Talajzoológiai Gyűjteménycsoportjában kerültek elhelyezésre.

Kulcsszavak: inváziós fajok, szárazföldi planáriák, Obama-féreg, kalapácsfejű féreg, világkereskedelem

Új dinoszauruszfajok a Hátszegi-medence felső-kréta kőzetrétegeiből

MAGYAR JÁNOS^{1,2*}, ÓSI ATTILA^{1,2}, CSIKI-SAVA ZOLTÁN³ és BOTFALVAI GÁBOR^{1,4}

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Őslénytani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C

² Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, Őslénytani és Földtani Tár, 1083 Budapest, Ludovika tér 2–6.

³ Bukaresti Tudományegyetem, Földtani, Ásványtani és Őslénytani Tanszék, N. Balcescu Ave. 1, 010041, Bukarest, Románia

⁴ HUN-REN-MTM-ELTE Paleontológiai Kutatócsoport, 1083 Budapest, Ludovika tér 2–6.

*E-mail: magyar.janos@ttk.elte.hu

Kivonat. KADIĆ OTTOKÁR 1909-ben a Hátszegi-medence nyugati felében végzett kutatásai során felső-kréta kőzetrétegekben gerinces maradványokra bukkant. Ezekről csupán egy évi jelentésben értekezett, és azóta a terepi információk nagy része is elveszett. A Szabályozott Tevékenységek Felügyeleti Hatósága (SZTFH) térképtárából előkerült KADIĆ egykori térképe, amely segítségével 2019-ben kezdtük meg az évenkénti ásatásainkat a területen. A lelőhelyek közül 3 rendkívül leletgazdagnak bizonyult (K2, NVS, Fântânele-3), a tudományra új fajok maradványaival. K2: a Rhabdodontidae családba tartozó részleges csontvázak kerültek elő. A dentale buccális platformja, a frontálék arányai, a scapula disztális kiszélesedése és az alacsony ilium a *Zalmoxes shqiperorum*-hoz közelíti ezeket. Viszont az ilium keskeny acetabulumja és dorzális éle, illetve a mediális irányba hajló tibia inkább a *Z. robustus* tulajdonságaira emlékeztet. NVS: egy rhabdodontida részleges koponyát gyűjtöttünk be. Elemei közül a squamosum arányai, a parietale ízesülési felületei új taxonra utalnak, és a legtöbb hasonlóságot egy Tuștea-ról előkerült basicraniummal mutat. A squamosum nyúlványainak elhelyezkedése alapján úgy tűnik, hogy ez a csontelem, az Iguanodontia csoporton belül szokatlan módon, erősen hátul helyezkedett el. Fântânele-3: innen egy kisméretű, koponya- és posztkraniális elemeket is tartalmazó, hadrosauroid részleges csontváza került elő, amelynek több csontja is eltér az innen ismert *Telmatosaurus*-tól. Az eltérések érintik a nasale sagittális hosszanti mélyedését, a foghelyek számát, a dentale és a szimfizis hosszának eltérő arányait, a szimfizis dentaléval bezárt szögét, a coronoid nyúlvány felépítését, a maxilla foramenek számát és elhelyezkedését, a surangular és a glenoid foramenek jelenlétét, illetve a retroarticuláris nyúlvány alakját. Ezek a felfedezések is egyértelműen jelzik, hogy az erdélyi dinoszaurusz-fauna jóval diverzebb volt, mint azt a korábbi kutatások alapján gondoltuk. A kutatást a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj, NKFIH FK146097 projekt, az MBFSZ FKFO-11 projekt, CNCS–UEFISCDI grant PN-III-P4-ID-PCE-2020-2570 támogatta.

Kulcsszavak: Erdély, Maastrichti, *Telmatosaurus*, *Zalmoxes*

Új-guineai ugrópókok (Araneae: Salticidae) integratív taxonómiája

MAYER ÁDÁM SÁNDOR*, TAKÁCS-VÁGÓ HUNOR, SZABÓ KRISZTIÁN és SZÚTS TAMÁS

Állatorvostudományi Egyetem, Zoológiai Tanszék, 1077 Budapest, Rottenbiller utca 50.

*E-mail: mayera18@gmail.com

Kivonat. Földünket 1650 óta földrajzilag felfedezettnek tekintjük, viszont az ismert földrészek élővilágáról még mindig keveset tudunk. Az egyik legnagyobb fehér folt Új-Guinea, amely földünk második legnagyobb szigete és egyik utolsó érintetlen vadonja. Az Állatorvostudományi Egyetem Zoológiai Tanszékén néhány évre visszamenően taxonómiai kutatásokat végzünk az új-guineai ugrópókokon (Araneae: Salticidae). A pókcsalád egyszerűen felismerhető és egyben a legfajgazdagabb is, ezért ideális alanya szakdolgozatoknak és diplomamunkáknak. Kutatásaink többek között az Euophryini tribusba tartozó *Zenodorus-Omoedus* és a *Bathippus-Canama* csoportokra irányul, melyek genushatárai a mai napig vita tárgyát képezik. Mindkét csoporttal való munkát hátráltatja az adekvát genusedzés, genushatárok hiánya, a filogenetikai szemlélet mellőzése, valamint a rapid diverzifikáció miatt párhuzamosan kialakult hasonló jellegek megléte. Előzetes eredményeink közé tartozik 10–10 faj részletbe menő vizsgálata. A *Zenodorus-Omoedus* csoport jelenleg definiált nemzetségei nem alkotnak monofiletikus csoportokat (kínai szakértők nem publikált filogenomikai eredménye), amelyeket diagnosztizálni lehetne morfológiai bélyegek alapján. A genusok a *Bathippus-Canama* csoporton belül bár filogenetikailag monofiletikus csoportokat alkotnak, morfológiájuk alapján nem egyértelmű a fajok besorolása és egyik nemzetséget sem definiálta senki az elmúlt néhány évtizedben.

Kulcsszavak: *Bathippus*, *Canama*, filogenetika, *Omoedus*, *Zenodorus*

A transzpacifikus elterjedésű *Eucapnopsis* álkérész-genus (Plecoptera: Capniidae) taxonómiai revíziója

MURÁNYI DÁVID

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem, TTK, Biológiai Intézet, Állattani Tanszék, 3300 Eger, Leányka út 4.

E-mail: muranyi.david@uni-eszterhazy.hu

Kivonat. Az *Eucapnopsis* OKAMOTO, 1922 genus a téli álkérészek (Plecoptera: Capniidae) egy kis fajszámú, transzpacifikus elterjedésű csoportja. A múlt század elején leírt első fajainak mind családszintű besorolását, mind az egyes fajok validitását számos bizonytalanság övezte. A genus identitását és a Capniidae családhoz való tartozását ugyan a XX. század közepére sikerült tisztázni, a fajok elkülönítését azonban a mai napig bizonytalanság övezte. Ezt részben a morfológiai karakterek kis száma és egyedi változékonysága, részben az ázsiai és az észak-amerikai fajok összehasonlító vizsgálatának hiánya okozta. Jelen munkában a genus fajsztintű revízióját az imágók összehasonlító morfológiai vizsgálata és a COI génszakaszon alapuló filogenetikai analízis alapján végeztük el. Mind a hat, eddig elnevezett taxon valid fajként került újraleírásra, beleértve az alfaji besorolásból faji rangra emelt *E. transversa* AUBERT, 1959 taxont. Öt új fajt sikerült azonosítani: kettőt Japánból, kettőt Koreából és egyet Észak-Amerikából. A tizenegy faj két jól elkülönülő fajsportba sorolható: a *stigmatica*-csoport nyolc kis- vagy közepes testű fajt foglal magába és szélesesen elterjedt a Kelet-Palaearktiszban és a Nearktisz nyugati régiójában, míg a *bulba*-csoport három nagy testű, robusztus fajt tartalmaz, melyek elterjedése Japánra korlátozódik.

Kulcsszavak: rendszertani besorolás, fajleírás, fajsportok

Európai és dél-koreai televényféreg-fajok molekuláris taxonómiája

NAGY HAJNALKA^{1*}, FELFÖLDI TAMÁS^{2,3}, YONG HONG⁴ és DÓZSA-FARKAS KLÁRA⁵

¹ Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest, Baross utca 13.

² Eötvös Loránd Tudományegyetem, Mikrobiológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

³ HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, 1113 Budapest, Karolina út 29.

⁴ Jeonbuk Nemzeti Egyetem, Mezőgazdasági Biológia Tanszék, Jeonju 54896, Dél-Korea

⁵ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állattrendszertani és Ökológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

*E-mail: nagy.hajnalka@nhmus.hu

Kivonat. Az enchytraeidák családja a gyűrűsféregek (Annelida) törzsén belül a nyeregképzők (Clitellata) osztályába tartozik. Az enchytraeidák igen elterjedtek, lényegében bármilyen élettérben előfordulnak, mint például sarkköri élőhelyek, trópusok, gleccserek által borított hegyek vagy tengerek. Kutatásunk során célul tűztük ki a kevésbé ismert dél-koreai televényféreg-fauna feltárását és az európai televényféreg-közösség tanulmányozását, különös tekintettel a tudományra nézve új fajok leírására és a fajokon belüli genetikai diverzitás felfedésére. Összesen 16 különböző dél-koreai hegy talajmintáiból izoláltunk televényféregket, továbbá olasz, horvát, ausztriai és magyarországi mintavételi helyszínek mintáiból is gyűjtöttünk egyedeket. A példányokat a pontos azonosítás érdekében sok karakterre kiterjedő morfológiai vizsgálatnak vetettük alá, és DNS-alapú molekuláris biológiai módszerek segítségével filogenetikai elemzéseket végeztünk. A filogenetikai analízishez a mitokondriális COI gén, a nukleáris H3 gén és a nukleáris ITS régió szekvenciáit használtuk, az új genus-jelölt egyedek esetében a mitokondriális 12S és 16S rRNS gén, valamint a nukleáris 18S és 28S rRNS gén bevonásával egészítettük ki az elemzést. A morfológiai és a molekuláris vizsgálatok eredményei alapján 22 új televényféreg-fajt írtunk le Dél-Koreából, amelyek 9 genusba tartoznak. Ezen genusok közül egy újnak bizonyult a tudomány számára, ezt *Decimodrilus*-nak neveztük el. Kilenc új fajt Európából írtunk le, amelyek az *Enchytraeus*, *Fridericia* és *Marionina* genusok tagjai. Összesen 12 olyan fajt találtunk, amelyek a dél-koreai faunára nézve újak, ezek egy kivételtől eltekintve Európában is jelen vannak, ahol széles elterjedéssel bírnak. A filogenetikai elemzés eredményei alapján ezen fajok koreai és európai példányai ugyanazon faj képviselői, de sok esetben jelen van bennük a genetikai diverzitás.

Kulcsszavak: COI gén, Enchytraeidae, filogenetikai elemzés, nukleáris gének, új faj

A *Neobisium* genushoz tartozó georgiai (Kaukázus) troglobiont álskorpiók diverzitásának és evolúciós történetének vizsgálata integratív taxonómiai módszerek segítségével (Pseudoscorpiones: Neobisiidae)

NOVÁK JÁNOS^{1*}, MARIAM GOGSHELIDZE², FRANTIŠEK ŠŤÁHLAVSKÝ³, VERA OPATOVA³ és SHALVA BARJADZE²

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.

² Institute of Zoology, Ilia State University, Tbilisi, 0162, Georgia

³ Department of Zoology, Faculty of Science, Charles University, Viničná 7, CZ-128 44 Prága, Csehország

*E-mail: novakjanos01@gmail.com

Kivonat. A kaukázusi troglobiont *Neobisium* álskorpiófajok diverzitásának vizsgálata céljából 15 georgiai barlangból gyűjtött mintegy 59 példány morfológiai és morfometriai karaktereit elemeztük. Közülük 38 minta esetében COI és 28S génszekvenciák kinyerése és elemzése is megtörtént, továbbá molekuláris fajelkülönítési módszereket is alkalmaztunk (ASAP, PTP, GMYC). A vizsgálat során összesen 7 leszármazási vonalat sikerült elkülönítenünk a *Neobisium* genuson belül. Eredményeinket nyilvános adatbázisokból hozzáférhető európai szekvencia-adatokkal együttesen elemezve vizsgáltuk a *Neobisium* genus belső taxonómiai viszonyait. Molekuláris vizsgálataink előzetes eredményei által támogatást nyert a *N. (Ommatoblothrus)* BEIER, 1956, valamint *N. (Heoblothrus)* BROWNING, 1965 szubgenusok *N. (Neobisium)* CHAMBERLIN, 1930 szubgenusszal történt közelmúltbeli, morfológiai alapú szinonimizálása. Előzetes eredményeink arra engednek következtetni, hogy a *Neobisium* genus legtöbb barlangi faja esetében tapasztalható egységes troglobiont morfológia egymástól távoli geográfiai régiókban konvergens evolúció eredménye lehet.

Kulcsszavak: konvergens evolúció, kriptikus diverzitás, eutroglobiont, pókszabásúak, molekuláris taxonómia

Revealing the diversity and evolutionary history of cavernicolous *Neobisium* pseudoscorpions (Pseudoscorpiones: Neobisiidae) through integrative taxonomical methods in Georgia (Caucasus)

JÁNOS NOVÁK^{1*}, MARIAM GOGSHELIDZE², FRANTIŠEK ŠTÁHLAVSKÝ³, VERA OPATOVA³ & SHALVA BARJADZE²

¹ Eötvös Loránd University, Department of Systematic Zoology and Ecology, Pázmány Péter sétány 1/C, H-1117 Budapest, Hungary.

² Institute of Zoology, Ilia State University, Tbilisi, 0162, Georgia.

³ Department of Zoology, Faculty of Science, Charles University, Viničná 7, CZ-128 44 Prague, Czech Republic.
*E-mail: novakjanos01@gmail.com

Abstract. We have investigated 59 *Neobisium* samples from 15 Georgian caves morphologically and morphometrically. Additionally, we sequenced two gene fragments (COI, 28S) of 38 specimens in order to assess the diversity of the *Neobisium* lineages in the caves of the Caucasus. Molecular species delimitation methods (ASAP, PTP, GMYC) were also implemented. We detected seven independent cavernicolous lineages in Georgia. A larger-scale analysis was also carried out by combining our data with publicly available sequence datasets from other localities in Europe. Recent synonymization of *N. (Ommatoblothrus)* BEIER, 1956 and *N. (Heoblothrus)* BROWNING, 1965 with *N. (Neobisium)* CHAMBERLIN, 1930 was subsequently supported by our preliminary molecular data. Our preliminary results suggest that the uniform troglobiont morphology of most cavernicolous species within the genus *Neobisium* from distinct geographical regions might be a result of convergent evolution.

Keywords: convergent evolution, cryptic diversity, eutroglobiont, Arachnida; molecular taxonomy

Az európai Noctuoidea-fauna feltáratlan diverzitása

RONKAY LÁSZLÓ^{1*}, RONKAY GÁBOR¹ és VARGA ZOLTÁN²,

¹ Heterocera Ltd; H-1137 Budapest, Szent István körút 4.

² Debreceni Egyetem, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Intézet, H-4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

*E-mail: laszlo.ronkay@gmail.com

Kivonat. Az európai bagolylepke-alkatú (Noctuoidea: Nolidae, Erebiidae, Euteliidae és Noctuidae) fauna meglepő módon sokkal kevésbé jól ismert, mint ahogy azt a több mint 250 éves kutatási múlt alapján vélhetnénk. A legújabb, integratív vizsgálatok alapján nyilvánvaló, hogy a napjainkban általános használt európai fajjegyzékek csupán történeti alapul szolgálhatnak a jövőbeli, átfogó taxonómiai és filogeográfiai elemzésekhez. Az előzetes eredmények alapján több mint száz európai Noctuoidea genus szorul komplex revízióra, és ennek következtében a jelenleg használatos fajjegyzék legalább 15%-ban fog módosulni. A tradicionális taxonómia rohamosan hanyatló támogatottsága miatt ez a munka aligha tűr halasztást.

Kulcsszavak: bagolylepke-alkatúak, generikus revízió, integratív taxonómia

A földibodobácsok (Rhyparochromidae) új-guineai fajainak taxonómiája

SCHMIDT PÉTER^{1*} és KONDOROSY ELŐD²

¹ Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Fesztetics Doktori Iskola, 8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.

² Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgicon Campus, Természetvédelmi Biológia Tanszék, 8360 Keszthely, Deák Ferenc utca 16.

*E-mail: peter.schmidt.smmi@gmail.com

Kivonat. Az extrém klimatikus, földrajzi és etnográfiai jellemzők miatt Új-Guinea rovarfaunája még mind a mai napig viszonylag kevésbé feltárt. 2022-ben csupán 71, a Rhyparochromidae családba tartozó bodobácsfaj volt ismert a szigetről. A Drymini tribust ekkor még csak 6 leírt faj reprezentálta. Munkánkban a Rhyparochromidae család Drymini tribusába tartozó új-guineai egyedeit vizsgáltuk, és az eddig – a tudomány számára – ismeretlen fajokat és nemeket ismertetjük. Mindezt Európa mintegy 20 jelentős entomológiai közgyűjteményéből (pl. Budapest, Berlin, Helsinki, Leiden, London, Párizs) kölcsönzött példányok alapján tesszük. A 71 leírt faj 76%-a (54) új-guineai endemizmus. Végső célkitűzésünk – egy PhD munka keretében – az összegyűjtött poloskaanyag összes Drymini tribusba tartozó egyedének identifikálása és tudományos leírása, végső soron a tribus részleges revíziója. Első erről készült publikációnkban a *Malipatilius* KONDOROSY, 2013 nemzetség 8, egymáshoz igen hasonló fajtát írtuk le. Itt elsőként közöltük a Lygaeoidea öregcsalád jelenleg ismert, a Pápuai szubrégióban elterjedt taxonjainak listáját. Egy következő publikációban az eddig egyetlen, Japánból ismert fajjal reprezentált *Hidakacoris* TOMOKUNI, 1998 nemzetség egy új, Új-Guineában is honos fajtát írtuk le. 2024 őszén egy új nemzetség (*Cornudrymus* munkanévvvel) példányait vizsgáltuk, a 4 új faj leírását tartalmazó kézirat publikálása folyamatban van. A következőkben újabb publikációkban tervezzük leírni a kölcsönzött anyagok ismeretlen egyedeit, amelyek nagyságrendileg 10 fajt képviselnek. Ez a szám változhat a londoni Natural History Museum gyűjteményének átvizsgálásával, ahol még újabb, e csoportba tartozó egyedeket találhatunk, amelyek növelhetik a fajszámot, mielőtt – doktori disszertációként – összegezve az elmúlt évek munkáját, a Drymini tribus új-guineai revízióját befejezzük.

Kulcsszavak: Új-Guinea, Heteroptera, Rhyparochromidae, Drymini, új nemek és fajok



Hidakacoris meridionalis SCHMIDT & KONDOROSY, 2024

Bikapókók integratív taxonómiája

SZABÓ KRISZTIÁN* és SZÜTS TAMÁS

Állatorvostudományi Egyetem, Zoológiai Tanszék, 1077 Budapest, Rottenbiller utca 50.

*E-mail: Szabo.Krisztian@univet.hu

Kivonat. Az *Eresus* nembe (WALCKENAER, 1805) tartozó bikapókók emblemikus fajok az arachnológusok és a természetvédők számára is. Azonban csupán morfológiai vagy a nemzetségre általában jellemző piros-fehér-fekete hím mintázat alapján a bikapókfajok pontos elkülönítése és faji besorolása problémás, pedig az utóbbi időben számos, gyakran atipikus (pl. fekete-fehér) mintázatú taxont találtak, főleg Ázsiában. Vizsgálatunkban integratív taxonómiai megközelítéssel, az eddig ismertnél jóval nagyobb skálán (Közép-Európa mellett a teljes Mediterráneumból, valamint számos Ázsiai területről gyűjtött példány alapján) próbáltuk a fajhatárokat kijelölni, a taxonokat besorolni és leszármazásukat rekonstruálni. A morfológiai vizsgálatok mellett a bárkódolásra is használt mitokondriális (COX1, 16S RNS), valamint biparentálisan öröklődő (28S RNS, ITS2) markereket használtunk. A mitokondriális markerek meglepően diverz, jól strukturált mintázata alapján nagyszámú, eddig le nem írt fajt azonosítottunk, főleg a gyorsan diverzifikálódó ázsiai régióban. Európában pedig a jelenlegi, faji besorolású taxonok mellett számos kriptikus faj meglétét feltételezhetjük. A morfológiai és biparentális markerek által kapott eredmények azonban sok esetben ellentmondanak ennek a mitokondriális mintázatnak. Eredményeink alapján kijelenthetjük, hogy a bikapókók molekuláris bárkódolása és filogenetikája legalább olyan nehéz, mint a morfológiai alapú taxonómiájuk. Mivel a hímek és a nőstények eltérő mértékben járulnak hozzá a populációk közötti génáramláshoz, a mitokondriális markerek fajhatárok kijelölésére és faji azonosításra csak limitáltan használhatók. Úgy véljük, hogy a feltételezhetően sok evolúciósan fiatal és gyakran hibridizáló taxont tartalmazó *Eresus* nem pontos leszármazási viszonyai csak filogenomikai megközelítéssel oldhatók fel.

Kulcsszavak: bárkódolás, *Eresus*, fajhatárok, kriptikus fajok

„Új seprű jól seper” – avagy hogyan segíthetik az új típusú táplálkozási attraktánsokkal felszerelt csapdák a taxonómiai kutatásokat?

SZANYI SZABOLCS^{1*}, TÓTH MIKLÓS², SZANYI KÁLMÁN¹, VARGA ZOLTÁN³ és NAGY ANTAL¹

¹ Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Növényvédelmi Intézet, 4032 Debrecen, Böszörményi út 138.

² HUN-REN ATK Növényvédelmi Intézet, 1022 Budapest, Herman Ottó út 15.

³ Debreceni Egyetem, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

*E-mail: szanyi.szabolcs@agr.unideb.hu

Kivonat. A modern növényvédelmi prognosztika olyan módszerek kifejlesztésén dolgozik, amelyek a rovarok viselkedése alapján feltárják a célfajok populációdinamikai tendenciáit. Az újonnan fejlesztett táplálkozási attraktánsokkal felszerelt csapdák az előzetes tesztek alapján nemcsak a kártevők előrejelzésében, de számos rovarcsoport vizsgálatában is új lehetőséget nyújtanak. Az elsősorban bagolylepkékre kifejlesztett szintetikus (FLO) és fél-szintetikus (SBL) csalétek számos ún. nem-célfaj esetén is hatékonyak bizonyultak. A mintavételek során Hymenoptera-, Diptera-, Neuroptera- és Orthoptera-fajok is begyűjtésre kerültek. Az egyes csoportokat feldolgozva már ezidáig is hiánypótló adatokat szolgáltatunk a magyarországi poszméh-fajok (*Bombus* spp.) országos elterjedéséhez, korábbi

adatok alapján ritkának vélt fajok elterjedési térképét bővítettük ki. Ugyanez igaz lepkék esetében is: számos lokális elterjedésű vagy ritka faj került elő nem várt helyekről. Vagy éppen a Beregi-sík ártéri erdeiből kerültek elő olyan darázsajok, amelyeket évtizedek óta nem detektáltak; de sikerült Ukrajna faunájára új légyfaj egyedeit is begyűjteni. A kapott eredményeink azt mutatják, hogy a módszer a rovarfauna egy olyan szeletét képes bevonni, amely más módszerekkel nem, vagy csak elvéve detektálható. Ennek megfelelően a módszer alkalmazása a felfedező kutatásokban hiánypótló adatokat szolgáltat.

SZANYI SZABOLCS munkáját a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal támogatta (NKFIH – OTKA-PD 138329).

Kulcsszavak: bagolylepkék, biodiverzitás monitoring, fenilacetaldehid, izoamil-alkohol

Egy zoológus elkerülhetetlen találkozásai a taxonómiával

SZINETÁR CSABA

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Savaria Egyetemi Központ, Biológiai Tanszék, 9700 Szombathely, Károlyi G. tér 4.
E-mail: szcsaba.bdtf@gmail.com

Kivonat. Néhány évtizednyi faunakutatás során elkerülhetetlenül adódnak olyan alkalmak, mikor csak a taxonómia segítségével tud továbblépni egy zoológus az elé került helyzeten. Tapasztalatom szerint ez egy kiváló gyakorlati iskola ahhoz, hogy az ember saját eseteiből okulva tanulja meg, hogy valójában a taxonómia nélkül nem tud boldogulni az életben. Egy, a Balaton nádasában gyűjtött ritka vitorlaspók esetében találkoztam elsőként a szinonímiával. LOKSA tanár úr által a Felső-Tisza vidékről leírt *Glyphesis conicus* LOKSA, 1981 esetében ismertem fel, hogy a faj alig több mint egy évtizeddel korábban Németországban már leírásra került. Megbékéltem vele, hogy a hazai vizes élőhelyek meglehetősen ritka és egyedi megjelenésű vitorlaspókjának érvényes neve *Glyphesis taoplesius* WUNDERLICH, 1969. Kissé izgalmasabb eset volt a magyar gyászpók (*Cryptodrassus hungaricus* (BALOGH, 1935, syn. *Zelotes hungaricus* BALOGH, 1935) esete. BALOGH JÁNOS azt remekül felismerte, hogy új fajjal van dolga, sőt a latin nyelvű leírásban utalt is rá, hogy nincs meggyőződve a nemzetség helyes megjelöléséről. A faj típuspéldánya elveszett. Csehországi, romániai és újonnan gyűjtött sas-hegyi példány, valamint BALOGH JÁNOS leírása alapján sikerült azonosítanunk a fajt FRANTISEK MILLER által 1943-ban leírt *Cryptodrassus pulchellus* MILLER, 1943 fajjal. A junior szinonimát jegyző MILLER által felállított *Cryptodrassus* genus a tényleges legközelebbi rokonság, melybe aktuálisan már 11 faj tartozik. E két eset után találkoztam az első olyan hazánkban gyűjtött fajjal, melyet okkal nem találtam egyetlen határozóműben sem. Ezt követte még viszonylag hamar két további hasonló eset, ráadásul egyikük sem bizonyult igazán ritkának. E két utóbbi fajnak köszönhetően két különleges állatföldrajzi szituációval ismerkedhettem meg. A kislalföldi szirtipók (*Parasyrisca arrabonica* SZINETÁR & EICHARDT, 2009) tekinthető a hazai pókok közül az első xeromontán fajnak. Az európai álkálózpók (*Trebacosa europaea* SZINETÁR & KANCSAL, 2007) pedig az északi félteke faunafejlődésének jól ismert különlegességét, az allopatrikus fajképződést szemléltető farkaspókfaj: Észak-Amerikában élő rokona az amerikai álkálózpók (*Trebacosa marxi* (STONE, 1890).

Kulcsszavak: allopatrikus fajkeletkezés, szinonímia, xeromontán faj

Biodiverzitás-kutatás a Magyar Természettudományi Múzeumban – az elmúlt öt év taxonómiai eredményei

SZÓKE VIKTÓRIA* és VAS ZOLTÁN

Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest, Baross utca 13.

*E-mail: szoke.viktoria@nhmus.hu

Kivonat. A poszter a Magyar Természettudományi Múzeumban folyó taxonómiai kutatások eredményeit összegzi az elmúlt öt évből (2019–2023). A Magyar Természettudományi Múzeum 34 kutatója és szerződéses önkéntese az elmúlt öt évben 477 taxont írt le (ügymint 436 fajcsoport-, 40 genuscsoport- és egy családcsoport-taxont). Az új taxonok döntően recensnek, a fajcsoport-nevek közel 10 százaléka, míg a genuscsoport-nevek 25%-a alapul fosszilis példányokon. Az újonnan leírt fajok és alfajok az Antarktiszon kívül minden kontinensről, a világ összesen 72 országából származnak.

Kulcsszavak: biogeográfia, összegzés, új taxon

Kivonulás az állatvilágból – a heterotróf protiszták sorsa, különös tekintettel a házas amőbákra

TÖRÖK JÚLIA KATALIN

Eötvös Loránd Tudományegyetem, Állatrendszertani és Ökológiai Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.
E-mail: julia.katalin.torok@ttk.elte.hu

Kivonat. A házas amőbák (testaceák) az élővilág egyik polifiletikus csoportja. Esztétikus vázuk miatt már a XIX. század közepén számos fajukat ismerték, de tudományos leírásuk az 1870-es évektől vett nagy lendületet LEIDY monográfiájával. Ekkoriban a kutatók többsége még az állatvilág kezdetleges, egysejtű képviselőinek tartotta őket. A molekuláris filogenetika használatának elterjedése, valamint a kladisztika alkalmazásának eredményeként az 1970-es évek közepére világos lett, hogy mely eukarióták az állatvilág részei és melyek nem. Az eukarióta egysejtűek így végleg kikerültek a zoológia fennhatósága alól. A házas amőbák gyűjtőnév mai ismereteink szerint három szupercsoport, az Amoebozoa, a Rhizaria és a Stramenopila képviselőit foglalja magában. A kétezres évek közepén kezdődött az az intenzív molekuláris filogenetikai feltáró munka, amelyet eleinte molekuláris biológiai szakemberek végeztek, majd fokozatosan átkerült a „testaceás” specialisták kezébe. Ez fontos lépés volt a tudományterület modernizálása felé. Rövid 20 év leforgása alatt a tudományos előrehaladás a következő mérföldköveket érintette: 1. A szupercsoportokon belüli nagy, alapi helyzetű kládok feltárása, 2. Utóbbiakon belül a morfológiai rendszer rend- és családszintű csoportjainak a revíziója, 3. A genus és faji szintű vizsgálatok eredményeként nagyszámú új genus és faj leírása. A legfontosabb nagy genusokról kiderült, hogy valójában sok kisebb nem alkotja, és családszintű revíziót igényelnek (pl. *Nebela*-fajok), vagy: testvércsoportviszonyban álló kládok (*Arcella* + *Galeripora*), vagy: egy már régebben leírt genus fajait is rejtik (*Diffflugia* + *Netzelia*). A mai trend a lokális morfológiai genotípusok alapján számos új faj leírása. Az így elburjánzó fajszám használhatósága megfelelő morfológiai bélyegek híján kétséges. Viszont rávilágít arra, hogy a földrajzi elterjedés messze áll a XX. század közepéig erősen leegyszerűsített képtől, mely szerint ezen egysejtűek kozmopoliták. A testaceák filogeográfiai vizsgálatokra éppen úgy alkalmasak, mint az élővilág többi csoportjának fajai. Sokféleségük feltárása és ennek használhatóvá tétele a jövő fontos feladata. Az egysejtűek ismerete jóformán kikerült a közoktatásból.

A maradék néhány faj nem ad megfelelő szemléletet a nem növény – nem gomba – nem állat eukariótákról. Az egyetemen tovább romlik a kép a releváns tantárgyak óraszámának fokozatos csökkenésével. Ennek a folyamatnak az állomásai és a jövő felé tett kitekintés hangzik el az előadás utolsó negyedében.

Kulcsszavak: Cercozoa, molekuláris filogenia, oktatás, protiszták, Tubulina

„Végtelen” változatosság: A *Naarda* WALKER, 1866 genus ázsiai fajainak áttekintése (Lepidoptera: Erebidae: Hypeninae)

TÓTH BALÁZS

Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest, Baross utca 13.

E-mail: toth.balazs@nhmus.hu

Kivonat. A *Naarda* WALKER, 1866 genus egy óvilági trópusi-szubtrópusi elterjedésű csoport, melynek rendszertani besorolása – jellegzetes megjelenése ellenére – a mai napig viták tárgyát képezi. A szerzők főleg a Herminiinae és a Hypeninae alcsaládokat említik. Kutatásom során 10 intézmény és magángyűjtemény anyagát vizsgáltam meg, beleértve az összes addig leírt ázsiai faj típuspéldányait. Vizsgálataimat az imágók külső morfológiájára és ivarszerveire alapoztam. Elkészítettem a genus eddig hiányzó általános jellemzését. Az anyagokban legalább 73 leíratlan taxont találtam, melyek közül 67 faj leírása jelent meg eddig. Ezzel az ismert ázsiai fajok száma megtriplázódott. Több faj újra-leírását és ivarszerveik első ismertetését tettem közzé. A fajokat hét fajcsoportba soroltam be. Megállapítottam, hogy a *Gynaephila* STAUDINGER, 1892 genus a *Naarda* WALKER, 1866 genus szinonimja. A *Chusaris purpurisigna* HOLLOWAY, 2008 fajt a *Naarda* genusba helyeztem. A *Naarda jucundalis* (SNELLEN, 1880) és a *Naarda symethusalis* (WALKER, 1859) más genusokba sorolandó. Fény derült arra, hogy a *Naarda molybdota* (HAMPSON, 1912) a *Naarda glauculalis* (HAMPSON, 1893) szubjektív szinonimja és a *Naarda pectinata* SUGI, 1982 a *Naarda pospallida* DE JOANNIS, 1929 szubjektív szinonimja. Ugyanakkor a *Naarda notata* (HAMPSON, 1893) nem vonható össze a *Naarda ineffectalis* (WALKER, 1859) fajjal. Elkészítettem az ázsiai fajok határozókulcsát, amely – ahol lehet – a külső morfológiai bélyegekre koncentrálna. A továbbiakban szeretném kiterjeszteni vizsgálataimat előbb az ausztráliai, majd az afrotropikus *Naarda*-fajokra is; a morfológiai vizsgálatokat pedig molekuláris bélyegeken tanulmányozásával szeretném kiegészíteni.

Kulcsszavak: ajaktapogató, *Gynaephila*, határozókulcs, Orientális régió, taxonómia



A Naarda magnifica TÓTH & RONKAY, 2014 paratípusa

Bagolylepke (Noctuidae, Noctuinae) -nemzetségek sokfélesége, filogenetikai és filogeográfiai viszonyai Közép- és Belső-Ázsiában

VARGA ZOLTÁN SÁNDOR

Debreceni Egyetem, Evolúciós Állattani és Humánbiológiai Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

E-mail: varga.zoltan@science.unideb.hu

Kivonat. A magashegységi (oreális) fauna sokféleségi gócterületeit az általános faj-sokféleség mellett leginkább az jellemzi, hogy ezekben bizonyos genusokban kiemelkedően magas mind a szűk elterjedésű (endemikus), mind pedig az allopatrikus alfajokra tagolt politipikus fajok száma. Az oreális faunán belül megkülönböztethető a tundrális faunával szoros kapcsolatban álló alpin típus, illetve az arid biómokhoz kapcsolódó xeromontán típus. A Noctuinae alcsaládon belül, az utóbbi típushoz tartozó számos genust revideáltunk, új fajokat írtunk le, és elterjedésüket térképeztük. Ezáltal bebizonyosodott, hogy fajképződésük allopatrikus jellegű, és ezáltal a fajok elterjedési képeihez área-dendrogrammok szerkeszthetők. A revideált genusok egyik részében a faj-sokféleség bizonyos közép- és belső-ázsiai hegységekre korlátozódik, fajaik orografikus endemizmusok (pl. *Anagnorisma*, *Agnorisma*, *Prognorisma*, *Goniographa*, *Xenophysa*), míg más genusok (*Euxoa*, *Dichagyris*, *Chersotis*, *Eugnorisma*) expanzív fajai a sztyeppei-félsivatagi zonobiómok révén széles körben elterjedtek, ill. transzpalaearktikussá válhattak. A xeromontán fauna ős-csoportjai gyakran a Sino-Himalájai régió endemizmusai. Széletterjedésük az arid-szemiarid hegyvidékek irányában az ún. xeromontán-szűrőn át ment végbe, nagyobb mértékben a Messinai sókrízis idején, és utána. További elterjedésüket döntően a közép-pleisztocén klímaváltozás alakította ki, az éghajlat lehűlésével és szárazabbá válásával a Palaearktisz nagy területein.

Kulcsszavak: biodiverzitás, biogeográfia, Palearktisz

A valódi fürkészarazsak (Hymenoptera: Ichneumonidae) taxonómiai és faunisztikai kutatása a Magyar Természettudományi Múzeumban

VAS ZOLTÁN

Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeum, 1088 Budapest, Baross utca 13.

E-mail: vas.zoltan@nhmus.hu

Kivonat. Az előadás témája a Hártvásszárnyúak gyűjteményében folyó fürkészarazs-kutatás (Hymenoptera: Ichneumonidae) múltja és jelene. A valódi fürkészarazsakat kutató gyűjteményi elődök – különös tekintettel SZÉPLIGETI GYÖZŐ (1855–1915) és BAJÁRI ERZSÉBET (1912–1963) – munkásságának bemutatása mellett az Ichneumonidae-gyűjteményrész eredetét és gazdagságát is összegzi a szerző. BAJÁRI halála után 50 évvel kezdődött újra a valódi fürkészarazsak kutatása a Hártvásszárnyúak gyűjteményében. Ezen időszak fontosabb taxonómiai és faunisztikai eredményei is bemutatásra kerülnek. Felvázolódik a klasszikus, gyűjteményi taxonómia munkafolyamata is, amely a tudományos feldolgozástól az eredmények publikálásán át a gyűjtemények és rendezettségük minőségi fejlesztéséhez vezet.

Kulcsszavak: fajleírás, gyűjteményfeldolgozás, gyűjteménytörténet, gyűjteményrendezés

Aki a gótek és békák hadait védte – megemlékezés BAKÓ BOTONDRól¹

VÁCZI OLIVÉR

Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., 1223 Budapest, Park utca 2.



BAKÓ BOTOND (1967–2023) élete és pályája nehezen szorítható kategóriák közé. Brassóban született, de iskoláit már elsősorban Budapesten végezte. Saját bevallása szerint már kora gyermekkorában minden érdekelt, ami él és mozog, amit lehetett hazavitt, hogy aztán hosszabb rövidebb megfigyelés után elengedje.

Biológia-földrajz szakos Főiskolai diplomát szerez az ELTE Tanárképző Főiskolai Karán – szakdolgozatának témája a magyar herpetofauna korai, UTM-alapú térképezése –, majd Kurdon egy kis falusi iskolában tanít. „Mindent is tanítottam, amit kellett”, mondja mosolyogva, amikor erre az időre emlékezik.

Később a Pécsi Janus Pannónius Egyetem Természettudományi Karán elvégzi a középiskolai tanári kiegészítő képzést. Pedagógusi énje egész pályáján meghatározóan végig kíséri. Gimnazista korától tagja, később diákelnöke a Magyar Biológiai Társaság és a Magyar Természettudományi Múzeum együttes közreműködésével létrejött Fiatalok Természetismereti Klubjának.

Herpetológiai kutatásokat folytat, továbbfejleszti a magyar herpetofauna térképezését. A Gödöllői Agrártudományi Egyetem Állattani Tanszékén elsődleges kutatási témája már a hazai pelefajok ökológiája felé tereli, de sosem marad hűtlen a kétlábúkhöz és a húllökhöz. Tanít, oktat, nevel minden szinten és minden formában. Egyetemi kurzusoktól, terep gyakorlatoktól, speciálkollégiumoktól át a túravezetésig és szervezett tematikus kirándulásokig, de bárhol és bármikor: gyerekeknek, fiataloknak, vagy éppen a nyugdíjas korosztálynak nagy átéléssel adja át az ismereteket és természetvédelmi szemléletét. Egyetemi éve alatt hozza létre a Tölgy Természetvédelmi Egyesületet, amelynek sokáig elnöke volt.

¹ Megjelent a VII. Herpetológiai Előadótűzés előadásainak összefoglaló kötetében, amely itt elérhető: https://drive.google.com/file/d/1P1oyff_2P7u0G4T15A4rEB088-rSYgnw/view. Fénykép: VÁCZI OLIVÉR

Jó tíz éves egyetemi pályafutása után az aktuálisan természetvédelemért felelős minisztérium Természetmegőrzési Főosztályán folytatja a munkát. Egyik alapítója és lelkes résztvevője a 2009-ben elindult „citizen science” megközelítésű Vadonleső Programnak, illetve a 2014-ben beindított Év Emlőse kezdeményezésnek. A természetvédelmi népszerűsítéshez, úttörőként nyeri meg a legkülönfélébb művészeti ágak neves képviselőit, dolgozik írókkal, költőkkel, könnyűzenészekkel, népdalénekesekkel, színészekkel, mesemondókkal, filmkészítőkkel. A filmkészítésbe mélyebben is belefolyik, olykor szerkesztői, rendezői feladatokat is ellát. Népszerű munkáját nemcsak személyesen, de az írott, hallható és látható, online, nyomtatott és sugárzott média felületein is folytatja.

A hivatali természetvédelmi munkát a minisztériumban, illetve rövid ideig a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft.-nél, mint minisztériumi háttérintézetben nagyon komolyan veszi, mindig a szakmailag leginkább korrekt, minél inkább az elérhető tudományos eredményeken alapuló megoldást erőlteti. A Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer felállításában, koordinációjában és gyakorlati megvalósításában is szerepet vállal. Az aggteleki és zempléni mintavételi helyeken sok éven át végzi a kétéltűek és hüllők monitorozását, 2017-től pedig néhány évig a program országos szakmai koordinátori feladatait is ellátja. A Natura 2000 hálózat minél hatékonyabb működésén dolgozik, elsősorban kétéltűekkel, hüllőkkel, nagyragadozókkal és más emlősfajokkal kapcsolatos ügyeket visz. Titkára a Rákosi Viperavédelmi Szakértői Tanácsnak, kommunikációs felelőse a Ramsari Bizottságnak, és tagja több minisztériumi szakértői tanácsnak. Ötletadója, később motorja a „Természetvédelem Nagykövete” megtisztelő cím adományozásának. Írója, koordinátora, lektora, gondozója számos állat fajmegőrzési tervének. Gyakorlati természetvédelmi tevékenysége élete utolsó fontos munkahelyén a Bükki Nemzeti Park Igazgatóságon teljesedhet ki, ahol vezető zoológiai szakreferensként elsősorban emlősvédelmi feladatokat lát el.

E rendkívül színes, szerteágazó életút leírása egyáltalán nem teljes. Akik ismerték, tudják, hogy BOTOND szájából sokszor hangzottak el olyan történetek, amelyek a legkülönfélébb helyzetekben, pozíciókban, feladatokban, vagy szakmákban eltöltött időszakairól szóltak. Ezeket hallgatva, nem tudott az ember nem egyetérteni vele a többször, mosolygva ismételt költői kérdésével, hogy:

„Mi nem voltam én már életemben?”

Egy kiváló muzeológus, limnológus emlékére Dr. FORRÓ LÁSZLÓ (1954–2023)

ZSUGA KATALIN^{1*} és KORPONAI JÁNOS²

¹ 2100 Gödöllő, Fácán sor 56.

² Nemzeti Közszolgálati Egyetem Vízudományi Kar, Vízellátási és Csatornázási Tanszék, 6500 Baja, Bajcsy-Zsilinszky utca 12–14.

*E-mail: zsuga.katalin@gmail.com

Dr. FORRÓ LÁSZLÓ nemzetközileg elismert muzeológus, hidrobiológus, a világ planktonikus kistrácfanájának elkötelezett kutatója (FORRÓ *et al.* 2008, FORRÓ *et al.* 2013). Taxonómiai, faunisztikai, ökológiai munkássága nagy jelentőségű mind a hazai, mind a nemzetközi limnológia számára.

Életútja

FORRÓ LÁSZLÓ 1954. január 22-én Szőnyben született. A hidrobiológia iránti érdeklődése már középiskolás korában, a komáromi Jókai Mór Gimnáziumban megmutatkozott. Ez meghatározta későbbi pályaválasztását is. Érettségi után az akkor kötelező sorkatonai szolgálatot követően 1973-tól biológus szakon kezdte meg egyetemi tanulmányait. Két évet töltött el a szegedi József Attila Tudományegyetemen, majd 1975-től Budapesten, az Eötvös Loránd Tudományegyetemen (ELTE) folytatta a képzést. Itt kapta meg 1978-ban okl. biológus diplomáját. Szakdolgozatának témája „*Két dunántúli patak hidrobiológiai vizsgálata*” volt. Ezeket a vizsgálatokat Dr. ANDRIKOVICS SÁNDOR és Dr. BERCZIK ÁRPÁD akadémikus szakmai irányításával végezte. Az egyetem befejezése után Dr. MAHUNKA SÁNDOR akadémikus felvette a Magyar Természettudományi Múzeum (MTM) Állattárába (1978. augusztus 1-től kezdett itt dolgozni), és később is támogatta szakmai munkáját. Ebben a tudományos műhelyben vált belőle kiváló muzeológus, nagyszerű kutató, nemzetközileg elismert tudós, taxonómus, ökológus. Előbb főmuzeológusi beosztásban dolgozott, majd 1999-től igazgatóhelyettesként, később igazgatóként irányította a MTM Állattárának munkáját. Nyugdíjba vonulása után is aktív maradt, önkéntesként tovább dolgozott 2023. február 18-án bekövetkezett haláláig.

Múzeumi tevékenysége

Az Állattár anyagában szakterületként a Rákgyűjtemény (mai elnevezése Rákok és egyéb vízi gerinctelenek gyűjtemény) felelős vezetője volt. Szívégyének tekintette és kiemelt figyelemmel gondozta, gyarapította DADAY JENŐ világhírű rákgyűjteményét (FORRÓ 1982).

Több külföldi kutatót is fogadott az intézetben ennek az anyagnak a tanulmányozására. A világ számos országában járt tanulmányúton (Ausztria, Románia, Németország, Belgium, Svédország, Norvégia, Irak, Észak-Korea, Dél-Korea, Kanada), tudományos cikkekben számolt be ezekről a faunisztikai eredményekről, az ott gyűjtött anyagokkal gyarapította az Állattár gyűjteményét. Fontosnak tartotta a nemzetközi együttműködéseket, sok ország társ múzeumával, kutatókkal tartott fenn szakmai kapcsolatot.



1. ábra. FORRÓ LÁSZLÓ szikes tavi mintavételen (Fotó: KORPONAI JÁNOS)

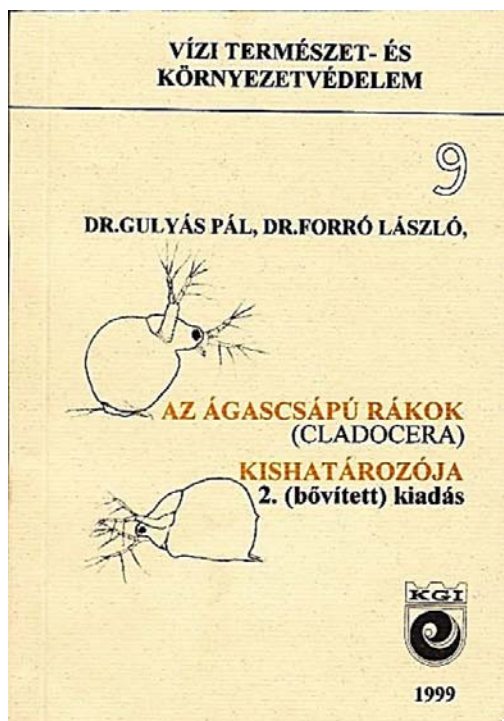
Figure 1. LÁSZLÓ FORRÓ sampling a saline lake (Photo: JÁNOS KORPONAI)

A Magyar Természettudományi Múzeum *Miscellanea Zoologica Hungarica* folyóiratának 1989–2000 között, annak megszűnéséig szerkesztője volt. Muzeológusi tevékenységének fontos állomása „*A hazai állattani gyűjtemények áttekintése*” című munka (FORRÓ & FÜKÖH 2007), amelyben a vidéki múzeumok anyagát is ismertette. Ő szerkesztette a Magyar Természettudományi Múzeum kiadványaként megjelent „*A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása*” című átfogó művet (FORRÓ 2007).

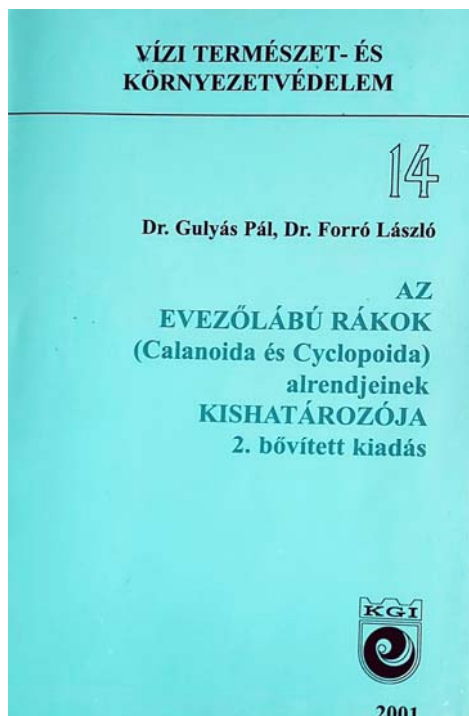
Tudományos munkássága

Kutatásai eredményei alapján 1981-ben egyetemi doktori címet, 1996-ban az MTA kandidátusa címet nyerte el. Disszertációját „*Szikes vizek rákfaunája (Crustacea: Branchiopoda és Copepoda)*” témából állította össze. Több területen, eltérő adottságú vízi ökoszisztémákban végzett nagyszámú taxonómiai, faunisztikai és ökológiai felmérései, kutatásai révén a Cladocera és Copepoda csoportok kiváló ismerője, nemzetközileg elismert szakértője lett.

Kezdeményezésére és szervezésében indult el a Nemzetközi Cladocera Szimpózium, amelynek első konferenciájára 1985-ben Budapesten került sor. A háromévenként megtartott rendezvény azóta is az egyik legfontosabb találkozója az ágascsapú rákok taxonómiájával és ökológiájával foglalkozó szakembereknek. 2024-ben már a XII. International Cladocera Symposiumra kerül sor Ausztriában. Részt vett a *Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer* kidolgozásában, a „*Rákok, szitakötők és egyenesszárnyúak*” című fejezetet szerkesztette (FORRÓ 1997).



2. ábra. Ágascspú rákok kishatározója
Figure 2. Handbook for identification of Cladocera



3. ábra. Evezőlábú rákok kishatározója
Figure 3. Handbook for identification of Copepoda

A zooplanktonnal foglalkozó hazai kutatók számára igen fontos és hiánypótló művei az „Ágascspú rákok” (GULYÁS & FORRÓ 1999) (2. ábra) és „Evezőlábú rákok” (GULYÁS & FORRÓ 2001) (3. ábra) című szakkönyvek. Megjelenésük idején nagy jelentőségük volt abban, hogy magyar nyelven biztosították a vízgyben, környezetvédelemben, nemzeti parkokban és egyéb területeken dolgozó szakemberek, kutatók számára a fajok pontos taxonómiai azonosításának lehetőségét, a rájuk vonatkozó faunisztikai, ökológiai adatokat, ismereteket.

Kutatásai sokféle víztípust érintettek. Több évig folytatta a Fertő-tó biológiai monitorozását (FORRÓ 1990, 2012). Rendszeres vizsgálatokat végzett a Szigetköz különböző vízterében, ahol a gyűjtések során Magyarország faunájára új (*Daphnia parvula* FORDYCE, 1901, *Rhynchotalona falcata* (SARS, 1862)) és ritkán előforduló fajokat (*Cyclops insignis* CLAUS, 1857, *Bunops serricaudata* (DADAY, 1884), *Monospilus dispar* G.O. SARS, 1862) is sikerült kimutatnia (FORRÓ *et al.* 2010). Ezen kutatások alatt munkatársaival az *Eurytemora velox* (LILLJEBORG, 1853) Copepoda-faj inváziószerű megjelenését bizonyították a Szigetközben (FORRÓ & GULYÁS 1992). Ez a szervezet korábban csak a Duna torkolati régiójából volt ismert. A faj azóta inváziós szervezatként Magyarország és Európa sok vízterében megtalálható. Felméréseket végzett a hazai természetvédelmi oltalom alatt álló nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek, védett területek planktonikus kistrákközösségében, a Hortobágyi Nem-

zeti Park területéről faunára új fajokat közölt – *Cyclops insignis*, *Metacyclops planus* (GURNEY, 1909) (FORRÓ 1981). Külön figyelmet fordított az időszakos kisvizek, tócsák vizsgálatára, felismerve ezek jelentőségét a biodiverzitás fenntartásában. Munkásságában kiemelkedő jelentőségű a világszerte ritkának számító szikes vizek tanulmányozása. A különleges összetételű szikes kistrákközösségre, indikátorfajokra (*Moina salina* DADAY, 1888, *Moina brachiata* (JURINE, 1820), *Arctodiaptomus spinosus* (DADAY, 1891)) (FORRÓ 1988, 1992, NÉDLI *et al.* 2014, FORRÓ *et al.* 2017) vonatkozó kutatási eredmények értékes tudományos adatok a nemzetközi limnológia számára. Több magyarországi barlangrendszer faunafeltárásában is közreműködött (FORRÓ *et al.* 1999). A Baradla-barlangban a karsztosodó kőzet repedéshálózatán keresztül szivárgó-csepegő vizekből gyűjtötte és határozta a különleges epikarszt-lakó fajokat (SALAMON *et al.* 2014).

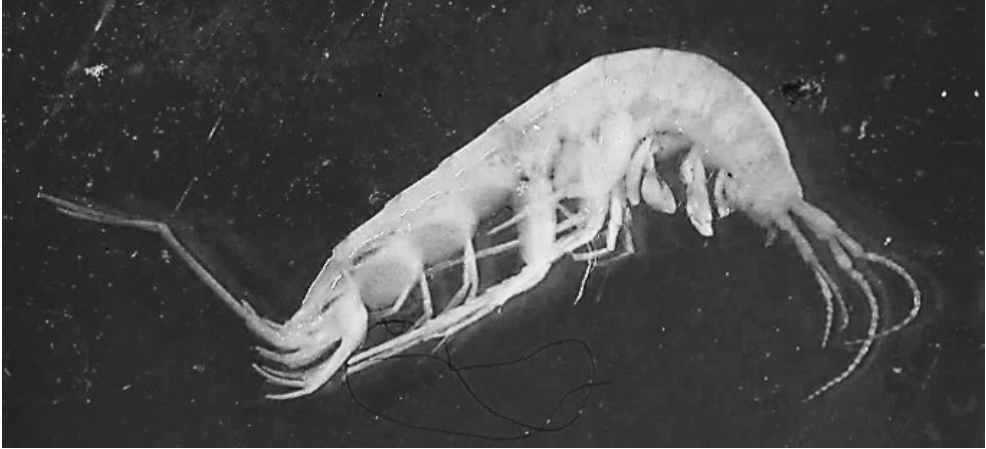
A taxonómiai, faunisztikai tanulmányok mellett bekapcsolódott egyéb ökológiai vizsgálatokba is, így a planktonikus kistrákok táplálékforrás szerepének felmérése (FORRÓ & BOROS 1997), szubfosszilis Cladocera-fajok paleolimnológiai indikátorértékének kutatása (KORPONAI *et al.* 2019), egyes fajok genetikai variabilitásának vizsgálata (NÉDLI & FORRÓ 2013) fűződik nevéhez.

Nagy jelentőséget tulajdonított a hazai hidrobiológus szakemberképzésnek. Óraadóként részt vett az Állatorvostudományi Egyetem alkalmazott zoológus képzésében. A *Zootaxonomia* egyetemi jegyzet *Rákok altörzse* fejezetét szerkesztette (FORRÓ 1996). A hazai PhD-oktatás keretében az ELTE és a Debreceni Egyetem Doktori Iskoláján több hallgató témavezetője volt, más egyetemeken gyakran közreműködött a PhD-disszertációk felkért bírálójaként.

A különféle típusú vízi ökoszisztémák vizsgálata révén rendkívül széleskörű fajismerettel rendelkezett, erről tanúskodnak nagyszámú taxonómiai és faunisztikai publikációi. Az MTMT adattár összefoglalója (2024.02.01.) alapján összes tudományos közleménye: 117. Nemzetközi ismertségét bizonyítják a megjelent cikkeire kapott 1121 összes hivatkozás és 903 független idézés.

Nemzetközi elismertségét tanúsítja, hogy GORDAN S. KARAMAN 1986-ban a Bükk-hegységben található fokozottan védett Diabáz-barlangból egy új vakbolharák-fajt írt le, melyet tisztelete jeléül FORRÓ LÁSZLÓról *Niphargus forroi*-nak nevezett el (KARAMAN 1986) (FORRÓ LÁSZLÓ ekkor mindössze 32 éves volt!). Ma már ez az endemikus faj a hazai védett fajok listáján szerepel.

Tudományos publikációi mellett számos ismeretterjesztő műve is megjelent. Kiváló nyelvtudással rendelkezett, több angol és német nyelvű szakkönyvet fordított, illetve fordításában közreműködött (*Springer Hungarica* kiadó *Biológia atlasz*, *Ökológia atlasz* című kiadványai, *Gombák*, több akvarisztika témájú kézikönyv).



4. ábra. *Niphargus forroi* G. KARAMAN, 1986 (Fotó: ANGYAL DOROTTYA és BALÁZS GERGELY)
Figure 4. *Niphargus forroi* G. KARAMAN, 1986 (Photo: DOROTTYA ANGYAL and GERGELY BALÁZS)

Tudományos társasági tagság

World Association of Copepodologists, Nemzetközi Limnológiai Társaság, Magyar Tudományos Akadémia Hidrobiológiai Bizottság, Magyar Biológiai Társaság (MBT) Állattani Szakosztálya, Magyar Hidrológiai Társaság (MHT) Limnológiai szakosztálya. Rendszeresen részt vett és kutatási eredményeit ismertette tudományos fórumokon, konferenciákon: Cladocera Symposium, Copepoda Konferencia, International Society of Limnology (SIL) kongresszusa, Neusiedler See Tagung, MHT Hidrobiológus Napok, MBT Állattani Szakosztály ülései.

FORRÓ LÁSZLÓ szakmája iránt elkötelezett, nemzetközileg elismert muzeológus, hidrobiológus, taxonómus, ökológus, gazdag életművet hagyott hátra. Hiánya pótolhatatlan veszteséget jelent a magyar és nemzetközi limnológia számára.

Szakmai munkássága mellett felesége, lánya és unokái tették tartalmassá, teljessé életét, melyet betegsége 69 éves korában sajnos megszakított.

Emlékét, munkásságát tisztelettel őrizzük.

Köszönetnyilvánítás. Az anyag összeállításában köszönjük FORRÓ EDITNEK az életrajzi adatok közlését, valamint a kézirat áttekintésében nyújtott segítségét. Személyes beszélgetéseink során FORRÓ LÁSZLÓT nemcsak mint tudóst, hanem mint nagyszerű embert is jobban megismertük.

Irodalomjegyzék

- FORRÓ L. 1981. Két, faunára új Cyclops-faj (Crustacea, Copepoda) a Hortobágyi Nemzeti Parkból (Cyclops insignis, Metacyclops planus). *Állattani Közlemények*, 68: 61–65.
- FORRÓ L. 1982. In memoriam Jenő Daday. *Miscellanea Zoologica Hungarica*, 1: 5–9.
- FORRÓ L. 1988. The occurrence of Moina salina Daday, 1888 (Cladocera) in a sodic pan in Hungary. *Annales Historico-Naturales Musei Nationalis Hungarici*, 80: 47–49.
- FORRÓ L. 1990. Littoral microfauna (Cladocera and Copepoda) in the reedbelt of Neusiedler See (Austria). *Biologisches Forschungsinstitut für Burgenland*, 74: 77–82.
- FORRÓ L. & GULYÁS P. 1992. Eurytemora velox (Lilljeborg, 1853) (Copepoda, Calanoida) in the Szigetköz region of the Danube. *Miscellanea Zoologica Hungarica*, 7: 53–58.
- FORRÓ L. 1992. Microcrustacean communities in sodic waters in the Carpathian Basin: the role of chemical factors. In: ROBERTS R.D. & BOTHWELL M.L. (eds.): *Aquatic ecosystems in semi-arid regions: Implications for resource management*. Rawson Academy of Aquatic Science, Saskatoon, pp. 41–50.
- FORRÓ L. (szerk.) 1997. *Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer V. Rákok, szitakötők és egyenes-szárnyúak. (National Biodiversity Monitoring System V. Crustacea, Odonata and Orthoptera)*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 239–250.
- FORRÓ L. & BOROS E. 1997. Microcrustacean zooplankton as potential food of Recurvirostra avosetta in sodic waters of the Hungarian Plain. In: FARAGÓ S. & KEREKES J. (eds.): *Limnology and waterfowl. Monitoring, Modelling and Management*. University of Sopron, Sopron, pp. 239–250.
- FORRÓ L. 1996. Rákok (Crustacea) altörzse. In: PAPP L. (szerk.): *Zootaxonómia. Állatorvostudományi Egyetem*, Budapest, pp. 133–149.
- FORRÓ L. 1999. The Cladocera and Copepoda fauna of the Aggtelek National Park. In: MAHUNKA S. & ZOMBORI L. (eds.): *The fauna of the Aggtelek National Park*. Hungarian Natural History Museum, Budapest, pp. 47–48.
- FORRÓ L. & FÜKÖH L. 2007. A hazai állattani gyűjtemények áttekintése. *Magyar Tudomány*, 168(11): 1414–1420.
- FORRÓ L. (szerk.) 2007. *A Kárpát-medence állatvilágának kialakulása: A Kárpát-medence állattani értékei és faunájának kialakulása*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, 399 pp.
- FORRÓ L., KOROVCHINSKY N., KOTOV A.A. & PETRUSEK A. 2008. Global diversity of cladocerans (Cladocera; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 177–184.
<https://doi.org/10.1007/s10750-007-9013-5>
- FORRÓ L., DOMBOS M., VÁLYI K. & GUBÁNYI A. 2010. Kiszáradások időbeli dinamikája a Szigetközben. (Temporal dynamics of microcrustacean assemblages in the Szigetköz, NW Hungary.) In: *A Szigetköz állattani értékei*. Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest, pp. 147–154.
- FORRÓ L. 2012. A Fertő rákfaunája. In: KÁRPÁTI L. & FALLY J. (szerk.): *Fertő-Hanság – Neusiedler See-Seewinkel Nemzeti Park I.: monografikus tanulmányok a Fertő és a Hanság vidékéről*. Fertő-Hanság Nemzeti Park Igazgatóság, Sarród, pp. 138–142.
- FORRÓ L., KOTOV A.A., KOROVCHINSKY N.M. & PETRUSEK A. 2013. *World Checklist of Freshwater Cladocera Species*. World Wide Web electronic publication, <http://fada.biodiversity.be>
- FORRÓ L., NÉDLI J., CSATA E., KRÍZSIK V., BALOGH C. & G-TÓTH L. 2017. Morphometric characteristics and COI haplotype diversity of Arctodiaptomus spinosus (Copepoda) populations in soda pans in Hungary. *Acta Biologica Hungarica*, 68(3): 279–289.
<https://doi.org/10.1556/018.68.2017.3.5>

- GULYÁS P. & FORRÓ L. 1999. *Az ágascsapú rákok (Cladocera) kishatározója. Második, bővített kiadás.* Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest, 237 pp.
- GULYÁS P. & FORRÓ L. 2001. *Az evezőlábú rákok (Calanoida és Cyclopoida) alrendjeinek kishatározója. Második, bővített kiadás.* Környezetgazdálkodási Intézet, Budapest, 198 pp.
- KARAMAN G.S. 1986. One new species of family Niphargidae (Gammaridea), *Niphargus forroi* sp. n. from Hungary. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 32(1–2): 61–72.
- KORPONAI J., BRAUN M., FORRÓ L., GYULAI I., KÖVÉR CS., NÉDLI J., URÁK I. & BUCZKÓ K. 2019. Taxonomic, functional and phylogenetic diversity: how subfossil cladocerans mirror contemporary community for ecosystem functioning: a comparative study in two oxbows. *Limnetica*, 38(1): 431–456. <https://doi.org/10.23818/limn.38.25>
- NÉDLI J. & FORRÓ L. 2013. Allozyme-based genetic variability of the *Daphnia atkinsoni*–*bolivari* species complex (Cladocera: Daphniidae) in the Hungarian Great Plain. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 59(1): 67–79.
- NÉDLI J., DE MEESTER L., MAJOR Á., SCHWENK K., SZIVÁK I. & FORRÓ L. 2014. Salinity and depth as structuring factors of cryptic divergence in *Moina brachiata* (Crustacea: Cladocera). *Fundamental and Applied Limnology*, 184(1): 69–85. <https://doi.org/10.1127/1863-9135/2014/0462>
- SALAMON G., DÁNYI L., ANGYAL D., BALÁZS G. & FORRÓ L. 2014. A Baradla gerinctelen faunája. In: GRUBER P. & GAÁL L. (szerk.): *A Baradla-Domica barlangrendszer: A barlang, amely összeköt.* Aggteleki Nemzeti Park Igazgatóság, Debrecen, pp. 279–306.
- <https://m2.mtmt.hu/gui2/?type=authors&mode=browse&sel=authors10002123> (hozzáférés: 2024. 04. 28.)

**In memory of an excellent museologist and limnologist,
Dr. LÁSZLÓ FORRÓ (1954–2023)**

KATALIN ZSUGA^{1*} & JÁNOS KORPONAI²

¹ Fácán sor 56, 2100 Gödöllő, Hungary

² National University of Public Service, Faculty of Water Sciences, Department of Water Supply and Sewerage,
Bajcsy-Zsilinszky utca 12–14, 6500 Baja, Hungary

*E-mail: zsuga.katalin@gmail.com

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 99–107.

Abstract. Dr. LÁSZLÓ FORRÓ is an internationally recognized curator, hydrobiologist, and dedicated researcher of the world's planktonic crustaceans. His taxonomic, faunistic and ecological work is of great importance for both Hungarian and international limnology.

LÁSZLÓ FORRÓ was born on 22 January 1954 in Szöny. After graduating from university, on 1 August 1978, he started working at the Department of Zoology of the Hungarian Natural History Museum. In this scientific workshop he became an excellent museologist, a great researcher, internationally recognised scientist, taxonomist, and ecologist. He first worked in the position of head curator, and then from 1999 he managed the work of the Department of Zoology as deputy director and later as director. He remained active even after his retirement, working as a volunteer until his death on 18 February 2023. The International Cladocera Symposium was initiated and organised by him. The event, held every three years, has since been one of the most important meetings for experts dealing with the taxonomy and ecology of branchial crayfish. His research involved many types of water. The main research area is the microcrustacean fauna of the Fertő Lake, Szigetköz. The study of saline waters, which are considered rare worldwide, is of outstanding importance in his work. He paid special attention to the examination of periodic small waters and puddles, recognising their importance in maintaining biodiversity. Number of his scientific publications: 117. He attached great importance to the training of Hungarian hydrobiologists. *Niphargus forroi*, a cave blind flea, which is now under protection by law, was named after LÁSZLÓ FORRÓ. He was a member of several scientific societies: World Association of Copepodologists, International Society of Limnology, Hydrobiological Committee of the Hungarian Academy of Sciences, Department of Zoology of the Hungarian Society of Biology, Limnology Department of the Hungarian Society of Hydrology.

Accepted: 11.05.2024

Published online: 10.06.2024

Az év kiemelkedő szünbiológiai témájú egyetemi doktori (PhD) értekezése-díj, 2024

Összeállította: HORNUNG ERZSÉBET (szerk.)

A Diverzitásbiológiai és az Ökológiai Tudományos Bizottság kezdeményezésére alapított díjra olyan tehetséges, magyar állampolgársággal rendelkező kutatók pályázhattak, akik a szünbiológia területén végzik tudományos tevékenységüket, és az előző naptári évben sikerrel védtek meg egyetemi doktori (PhD) értekezésüket, továbbá tagjai az MTA Köztestülete Diverzitásbiológiai vagy Ökológiai Tudományos Bizottságának (<https://mta.hu/viii-osztaly/az-ev-kiemelkedo-szunbiologiai-temaju-egyetemi-doktori-phd-ertekezese-dij-111523>). A díj átadására az alapító okirat értelmében minden évben a Magyar Tudomány Ünnepehez kapcsolódó eseményen kerül sor. Ezévből a zsűri (elnök: ÓDOR PÉTER, tagok: HERCZEG GÁBOR, MOLNÁR V. ATTILA, SCHMERA DÉNES, VÖRÖS JUDIT) a nyolc pályázó mindegyikének munkáját magas színvonalúnak ítélte, és a maximális kiadható három díjat kiosztotta. Az előadások – a „Vírusoktól az erdőig” című előadólés keretében – november 12-én hangzottak el az MTA Könyvtár és Információs Központ Konferenciatermében.

Az *Állattani Közlemények* elkötelezett a pályázó fiatalok témáinak ismertetésében, így évről évre közöljük a díjazottak és az előadók listáját, és a folyóiratban releváns, zoológiai témájú dolgozatok rövid kivonatát.

Díjazottak:

LANSZKI ZSÓFIA

Pécsi Tudományegyetem Virologiai Nemzeti Laboratórium

Doktori értekezésének címe: Advancing canine distemper virus research through Nanopore Technology for surveillance and genome sequencing (A Canine distemper vírus kutatómódszertanának fejlesztése Nanopore technológia segítségével monitoring és genomszekvenálás céljából)

Témavezetői: KURUCZ KORNÉLIA és KEMENESI GÁBOR

Doktori iskola: Pécsi Tudományegyetem, Biológiai és Sportbiológiai Doktori Iskola

A szopornyica (*Canine distemper virus*, CDV) egy világszerte elterjedt megbetegedés, amely egyaránt érinti a házi- és a vadon élő állatokat. Munkánk során ragadozó emlősökben vizsgáltuk a vírus jelenlétét, valamint az általunk fejlesztett specifikus teljes genom szekvenálási módszerrel meghatároztuk a vírus genetikai változatosságát. Kiemelt célunk a vadon élő állatok betegségeinek megismerése és nyomon követése, ezzel is segítve az érintett fajok megőrzését és a jövőbeni járványokra való felkészülést.

LÉVAI-KISS JOHANNA

ELKH-DE Viselkedésökológiai Kutatócsoport

Doktori értekezésének címe: Parental care in a beetle species: Roles and investments (Utódgondozás egy bogárfajnál: szülői szerepek és befektetések)

Témavezetője: BARTA ZOLTÁN

Doktori iskola: Debreceni Egyetem, Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

Az utódgondozó viselkedésformák diverzitásának megértése betekintést nyújthat a viselkedésökológia egyik érdekes kérdéskörébe: az utódgondozás evolúciójába. Az utódgondozást potenciálisan formáló ökológiai, szociális és evolúciós tényezők vizsgálata kulcsfontosságú a mögöttes mechanizmusok megismeréséhez. Munkám célja egy különleges bogárfaj, a nagyfejű csajkó (*Lethrus apterus*) kétszülős utódgondozásának, valamint az azt befolyásoló környezeti és szociális tényezők részletes feltárása.

ZOLTÁN LÁSZLÓ

ELTE TTK Növényrendszertani, Ökológiai és Elméleti Biológiai Tanszék

Doktori értekezésének címe: Magyarországi lomberdők természetvédelmi helyzetének értékelése erdőtermészetességi kritériumok elemzésével

Témavezetője: STANDOVÁR TIBOR

Doktori iskola: Eötvös Loránd Tudományegyetem, Biológia Doktori Iskola

A 2014-es borszönyi jégtörés vizsgálata során kimutattuk, hogy a nitrofil lágyszárúak borításának változását befolyásolta az egészségügyi fakitermelés technikája. Igazoltuk, hogy a Sentinel-1 műhold radar indexeire alapozva közel valós időben lehetséges a dőléssel érintett erdők lehatárolása. Egy finomléptékű felmérés és az Országos Erdőállomány Adattár adatainak elemzésével megmutattuk, hogy a NÖSZTÉP állapotértékelés proxyként képes jól reprezentálni az adattárban nem felmért indikátorokat is.

További pályázók, akik dolgozatuk magas színvonalával ugyancsak elnyerték a jogot munkájuk előadására:

ASZALÓSNÉ BALOGH REBEKA

Doktori értekezésének címe: Természetközeli és szünantróp kriptogám közösségek szerveződése

Témavezetője: MATUS GÁBOR

Doktori iskola: Debreceni Egyetem, Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

FEKETE JUDIT

Doktori értekezésének címe: Using species distribution modelling and environmental DNA techniques for studying aquatic macroinvertebrates (Előfordulási modellek és környezeti DNS-módszerek alkalmazása vízi makrogerinctelen fajok kutatásában)

Témavezetője: PADISÁK JUDIT és VÁRBÍRÓ GÁBOR

Doktori iskola: Pannon Egyetem, Kémiai és Környezettudományi Doktori Iskola

A kutatás szitakötőfajok jelenlegi elterjedéséhez és kimutatásuk módszertanához járult hozzá, valamint várható jövőbeni elterjedésüket modellezte. A Bükki Nemzeti Park Igazgatóság területén összesen 1065 vízi makrogerinctelen előfordulási adattal járultunk hozzá a terület faunájának ismeretéhez. Kifejlesztettük a *Cordulegaster heros* és a *C. bidentata* környezeti DNS-mintából történő izolálásának módszertanát. E két faj esetében feltártuk az elterjedésüket meghatározó háttérváltozókat, ami alapján modelleztük a fajok jövőbeni elterjedését különböző éghajlatváltozási predikciók esetében.

KOVÁCS ZSÓFIA

Doktori értekezésének címe: Óriás útifű, sárga len, valamint kései és balti szegfű ex situ és in situ állományainak morfológiai, citológiai és genetikai változatossága

Témavezetője: HÖHN MÁRIA és CSONTOS PÉTER

Doktori iskola: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Kertészettudományi Doktori Iskola

TÓTH FLÓRIÁN

Doktori értekezésének címe: Az akvakultúra hatása a zooplankton-közösségek szerveződésére

Témavezetője: KÖRMÖCZI LÁSZLÓ és KEREPECZKI ÉVA

Doktori iskola: Szegedi Tudományegyetem, Környezettudományi Doktori Iskola

A dolgozatban az akvakultúra-termelés különböző ágaiban, annak természetközeli vízkezelése során, valamint a befogadó víztestben kialakult zooplankton-közösségek kerültek vizsgálat alá. Utóbbihoz olyan funkcionális és filogenetikai megközelítésekkel történt az elemzés, ami a modern ökológiában egyre inkább előtérbe kerül. A dolgozat azt az alaphipotézist járja körül különböző tudományos kérdések mentén, mely szerint tápanyagdús környezetben kevésbé diverz közösségek alakulnak ki, mint tápanyagszegényebb viszonyok között.

UJHEGYI NIKOLETT

Doktori értekezésének címe: Élőhelyfejlesztés és ragadozógazdálkodás hatása a mezei nyúl (*Lepus europaeus*) populációdinamikájára

Témavezetője: BÍRÓ ZSOLT és SZEMETHY LÁSZLÓ

Doktori iskola: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Állatbiotechnológiai és Állattudományi Doktori Iskola

A nyulak állománysűrűsége évtizedek óta csökken. Mivel populációjellemzőik változása az élőhely minőségét jelzi, így vizsgálataimban a nyulak és hullatékaik sűrűségét vettem össze egy agrár-támogatási programmal és a rökagyérités erősségével. Továbbá élőhelyhasználatot vizsgáltam GPS-telemetriával és éjszakai állománybecsléssel, végezetül a nyúlállományok dinamikájához gyűjtöttem adatokat az éves szaporulat, a fiatalok túlélése, valamint szaporodási rendellenességek alapján, kiegészítve egy mezőgazdasági mikotoxin szerekben található mennyiségével.

Akadémiai doktori disszertációk (DSc) rövid ismertetése (2020–2024)

Az Állattani Közlemények Szerkesztőbizottsága 2021-es megújulásakor célul tűzte ki a zoológiai témájú, az MTA VIII. Biológiai Tudományok Osztálya, Diverzitásbiológiai és Ökológiai Tudományos Bizottságaihoz benyújtott, és sikeresen megvédett disszertációk rövid ismertetését. Így most itt az utóbbi öt év dolgozatainak rövid összefoglalását közöljük a szerzők felfogásában. Ezek a review jellegű munkák jellemzően az adott dolgozat tézisei alapján készülnek.

Hisszük, hogy mindezzel a szakterület iránt érdeklődők tájékozódását szolgáljuk.

Az ember általi környezet-átalakítás és az ivarváltás evolúciós ökológiája kétéltűeknél¹

BÓKONY VERONIKA

HUN-REN Agrártudományi Kutatóközpont, Növényvédelmi Intézet, Evolúciós Ökológiai Osztály, 1029 Budapest, Nagykovácsi út 26–30.

E-mail: bokony.veronika@atk.hun-ren.hu

Kivonat. Napjainkban az ökológia, az evolúcióbíológia és a természetvédelem számára kiemelkedően fontos azoknak a biológiai változásoknak a megértése, amelyek révén az élőlények megbirkóznak az ember általi környezet-átalakítás kihívásaival. Dolgozatom ezt a kérdéskört vizsgálja a változó testhőmérsékletű gerinces állatok, azon belül is elsősorban a kétéltűek szempontjából, melyeknek számos faja veszélyeztetett. A dolgozatban áttekintett kísérletek és terepi megfigyelések sora igazolta, hogy a kémiai környezetszennyezésnek kitett területeken élő barnavarangy-populációk az ember által átalakított környezetre számos élettani változással reagálnak, melyek hatékonyabb védekezést tesznek lehetővé a környezeti stresszhatásokkal szemben. Kiderült továbbá, hogy az erdei béka hazai populációiban, különösen a városi és mezőgazdasági területeken gyakori az ivarváltás, azaz a genetikailag nőstény egyedek egy része hím fenotípusú. Ennek oka részben a hőhullámokban keresendő, és a hőség által indukált ivarváltás a rátermettség csökkenésével jár együtt. Emellett az elméleti modellezéssel végzett vizsgálataink kimutatták, hogy az ivarváltás bekövetkezésének esélye, valamint populációdinamikai és evolúciós következményei függenek az ivari kromoszómák típusától és a párválasztási preferenciáktól. Ezek az eredmények rávilágítanak a kémiai környezetszennyezés, a klímaváltozás és a városi hősziget-effektus potenciális következményeinek sokrétűségére, amelyek különös mértékben fenyegetik a környezeti hatásokra érzékeny ivari fejlődésű állatfajok fennmaradását.

Kulcsszavak: adaptáció, antropogén környezeti változások, fenotípusos plaszticitás, ivarmeghatározás

Elfogadva: 2024.11.17.

Elektronikusan megjelent: 2024.11.22.

Bevezetés

Világunkat egyre jobban érintik az ember által előidézett környezeti változások. Becslések szerint a Föld szárazföldi élőhelyeinek 77%-át módosították az emberi tevékenységek, például a mezőgazdálkodás és az urbanizáció közvetlen hatásai, és a fennmaradó természetes élőhelyek is gyors ütemben tűnnek el (WATSON *et al.* 2018). A tájhasználat antropogén változásait abiotikus és biotikus változások sokasága kíséri, köztük az élőhelyek feldarabolódása, módosult biogekémiai ciklusok, valamint az élőlényközösségek összetételének

¹ Akadémiai nagydoktori mű rövid ismertetése (védés éve: 2023). A teljes disszertáció elérhetősége: <https://real-d.mtak.hu/1502/>

eltolódása a kisebb diverzitás és több betelepített faj irányába (ALBERTI *et al.* 2017, JOHNSON & MUNSHI-SOUTH 2017, TURCOTTE *et al.* 2017). Mind a városi, mind a mezőgazdasági tájhasználat különféle szennyező anyagokkal (például peszticidekkel, nehézfémekkel és közúti jégmentesítőkkkel) terheli a környezetet, melyeket a városi területeken zaj, éjszakai mesterséges fény, valamint az emberek és háziállatok jelenléte okozta zavarás kísérnek (MANN *et al.* 2009, SERESS & LIKER 2015). Ezek a tényezők a vadon élő állatok számára stresszhatást jelenthetnek: olyan váratlan és/vagy kontrollálhatatlan változásokat, amelyek veszélyeztetik homeosztázisukat vagy túlélésüket; ugyanakkor egyes fajok képesek az antropogén élőhelyek által kínált új erőforrásokat kiaknázni és ott boldogulni (BONIER 2012). A tájhasználat átalakítása mellett az ember által előidézett környezeti változás további jelentős formája az éghajlati viszonyok jelenkori, gyors változása, mint az átlaghőmérséklet emelkedése és az extrém időjárási események, például hőhullámok és aszályok növekvő gyakorisága (SPINONI *et al.* 2015, TOMCZYK & BEDNORZ 2019). A klímaváltozás hatásait súlyosbítja az élőhelyek átalakítása, különösen a városi hősziget-hatás: a beépített területek ugyanis lényegesen melegebbek, mint a környező vidéki területek, és a városi hőhullámok súlyosabbak (LI & BOU-ZEID 2013, RIZVI *et al.* 2019). Napjainkban az ökológia, az evolúciobiológia és a természetvédelem számára kiemelkedően fontos azoknak a fenotípusos és genetikai adaptációknak a megértése, amelyek révén az élőlények megbirkóznak ezekkel az antropogén kihívásokkal.

Az ezredforduló környékén tudományos tanulmányok sokasága dokumentálta az ember által előidézett környezeti változásoknak a vadon élő szervezetek morfológiájára, fiziológiájára, viselkedésére és életmenetére gyakorolt széles körű hatásait (SERESS & LIKER 2015, ALBERTI *et al.* 2017, JOHNSON & MUNSHI-SOUTH 2017, TURCOTTE *et al.* 2017). E fenotípusos változások egy része maladaptív, és hozzájárul a populációk fogyatkozásához, míg néhány adaptív, és segíti az antropogén környezetben való fennmaradást (ALBERTI *et al.* 2017). Az adaptív változások két, egymást nem kizáró folyamat révén jöhetnek létre: az egyik az egyedeken belüli fenotípusos plaszticitás, a másik a populáció összetételének megváltozása, ami a természetes szelekció általi genetikai differenciálódás (mikroevolúció) vagy más, generációkon átívelő hatások (például epigenetikai módosulások) következtében alakul ki (LIKER 2020). Ezen mechanizmusok szerepe a populációk fenotípusos elkülönülésében ún. „common garden” (vagy reciprok transzplantációs) kísérletekkel tesztelhető, melyekben a különböző populációkból származó egyedek ugyanabban a környezetben nevelkednek (DE VILLEMEREUIL *et al.* 2016). Az ilyen kísérletek, amelyeket egyre inkább kiegészít a genomika és a transzkriptomika, számos olyan esetet tártak fel, amelyek a fenti mechanizmusok közül egy vagy több által kialakított adaptív változásra utalnak az ember által módosított élőhelyek populációiban (COTHAN *et al.* 2013, JOHNSON & MUNSHI-SOUTH 2017, LIKER 2020). A legtöbb esetben azonban még nem áll rendelkezésre elegendő információ az antropogén fenotípusos változásokért felelős mechanizmusok azonosításához, pedig ezek az ismeretek döntő fontosságúak lennének az emberi környezet-átalakítás evolúciós-ökológiai és természetvédelmi következményeinek előrejelzése és kezelése szempontjából.

Az emberi tevékenységek által különösen veszélyeztetett állatcsoportok egyike a kétélűtűk: fajaik kb. 40%-át a kihalás fenyegeti, és közel 50%-uk állománymérete csökken (LUEDTKE *et al.* 2023). Ennek feltételezett okai olyan antropogén hatásokhoz köthetők, mint az élőhelyek degradációja, a klímaváltozás és a fertőző betegségek (ORTON & TYLER 2015, CAMPBELL GRANT *et al.* 2016). Kétfázisú életük miatt a kétélűtűk mind az édesvízi, mind a szárazföldi ökoszisztémáknak fontos elemei, és mindkét típusú élőhelyen ki vannak

téve a környezeti változásoknak. Korlátozott terjedési képességük kiszolgáltatottá teszi őket az élőhelyek elvesztésével és fragmentációjával szemben. Héj nélküli petéik, vízben fejlődő lárváik és áteresztő kültakarójuk miatt különösen érzékenyek a kémiai szennyeződésekre és a szárazságra. Mivel ektoterm állatok, nem rendelkeznek azokkal az anatómiai és élettani adaptációkkal, amelyek lehetővé tennék számukra az állandó testhőmérséklet fenntartását. Genetikai ivarmeghatározási rendszerünk (ivari kromoszómáik) mellett az egyedfejlődés korai szakaszában tapasztalt kémiai és hőmérsékleti hatások is befolyásolhatják a fenotípusos ivaruk kialakulását, tehát hajlamosak a környezet által indukált ivarváltásra (FLAMENT 2016). Mindezen jellemzőik ellenére, amelyek a kétéltűeket különösen sebezhetővé teszik az éghajlatváltozás, az élőhelyek átalakítása és a kémiai szennyezés által, a Földön élő több ezer kétéltűfaj alulreprezentált az olyan releváns kutatási területeken, mint az öko-toxicológia és az antropogén környezeti változások evolúciós ökológiája (HOFFMAN *et al.* 2003, HAMER & McDONNELL 2008, FALCÓN *et al.* 2020, SORDELLO *et al.* 2020). Kutatómunkám célja ennek a tudáshézagnak a pótlása volt: a kétéltűeknek az antropogén környezeti változásokkal összefüggő fenotípusos és genetikai változásainak vizsgálata, és az ezen különbségek mögött meghúzódó lehetséges mechanizmusok felderítése.

Eredmények

Barna varangyokkal (*Bufo bufo*) végzett vizsgálat sorozatunkban munkatársaimmal kimutattuk, hogy a városi és mezőgazdasági élőhelyeken élő ebihalak egy standardizált akut stresszhatásra a kortikoszteron „stresszhormon” koncentrációjának erőteljesebb emelkedésével válaszolnak, és a negatív visszacsatolás gyorsabb kortikoszteronszint csökkenést tesz lehetővé számukra a stresszhatás elmúltával a természetes élőhelyeken élő társaikhoz képest (BÓKONY *et al.* 2021a). Ugyanezen antropogén élőhelyeken a felnőtt egyedek parotoid mirigyei nagyobbak, és a bennük található méregváladék több és/vagy hatékonyabb bufadienolid toxint tartalmaz (BÓKONY *et al.* 2019). Mivel ezen különbségek egyikét sem tapasztaltuk „common garden” kísérleti körülmények között nevelt állatoknál, a legvalószínűbb magyarázat az, hogy az egyedek fenotípusos plaszticitással reagálnak az antropogén környezet jelentette kihívásokra. Ennek a plaszticitásnak az egyik lehetséges mozgatórugója lehet a kémiai szennyezés, mivel két kísérlettel is igazoltuk, hogy egy glifozát alapú gyomirtószernak való krónikus kitettség fokozza az ebihalak bufadienolid-termelését (BÓKONY *et al.* 2017a).

A természetes, mezőgazdasági és városi élőhelyekről gyűjtött felnőtt varangyoknak fogásban, azonos körülmények között hasonló volt a fekunditása és fertilitása, valamint utódaik túlélése és ivarváltásra való hajlama két feminizáló szennyezőanyagok (egy mesterséges ösztrogénnek és egy glifozát-alapú gyomirtónak) való krónikus kitettség esetén (BÓKONY *et al.* 2018). Ezzel összhangban a három élőhelytípuson belül 349 szabadon élő felnőttből csak egyetlen ivarváltott egyedet találtunk (NEMESHÁZI *et al.* 2022). Ugyanakkor az antropogén élőhelyekről származó nőstények peteszámától függetlenül vastag zseléburkot hoztak létre petéik körül, utódaik fejlődési üteme pedig lassabb volt, és kisebb testtömeget értek el mind lárvaként, mind az átalakulás után (BÓKONY *et al.* 2018). Mindez arra enged következtetni, hogy a nőstények a szennyezőanyagoktól védik embrióikat a zavartalan szaporodás biztosítása érdekében, de ez a védelem (és a szennyezéssel vagy egyéb antropogén környezeti stresszorokkal szembeni tolerancia potenciális mechanizmusai) költséges lehet az utódok fitneszét befolyásoló tulajdonságok szempontjából.

Erdei békákkal (*Rana dalmatina*) végzett vizsgálatosorozatunkban kimutattuk, hogy a barna varangyokéval átfedő élőhelyeken viszonylag gyakori az ivarváltás: a felnőtt hímeknek átlagosan 20%-a genetikailag nőstény, és ez leginkább a mezőgazdasági és városi területeken fordul elő (NEMESHÁZI *et al.* 2020). Ennek oka lehet, hogy a két faj különbözhet az ivari fejlődés hőmérsékleti stresszorokra, például a városi hősziget-effektusra való érzékenységében, ugyanis kísérletesen igazoltuk, hogy az ebihalak egy hatnapos, 28 vagy 30 °C-os mesterséges hőhullámot követően ivarváltáson (maszkulinizáción) estek át erdei békáknál, míg barna varangyoknál nem volt ilyen hatás (UJSZEGI *et al.* 2022). Ugyanez a kísérlet azt mutatta, hogy egy világszerte elterjedt szennyezőanyag (mesterséges ösztrogénvegyület) ökológiailag releváns koncentrációja nem okoz ivarváltást erdei békákban (MIKÓ *et al.* 2021), ami arra utal, hogy a környezetben előforduló feminizáló szennyezések valószínűleg nem ellensúlyozzák a hőség általi maszkulinizációt ebben a fajban.

Azt is megvizsgáltuk, hogy a maszkulinizált erdei békák különböznek-e a fitnesshez kapcsolódó tulajdonságaikban az ivarváltáson át nem esett fajtársaiktól. A szabadon élő felnőtt hímek testtömegében nem találtunk ilyen különbséget (NEMESHÁZI *et al.* 2020). Ezzel szemben a laboratóriumban nevelt állatok között a hőhullám által kiváltott maszkulinizáció a lárvafejlődési idő meghosszabbodásával, a testtömeg csökkenésével és az átteleléshez szükséges zsírtartalékok hiányával járt együtt; ráadásul ezen hatások egy részét a fejlődési időzítéstől függően módosította a xenoösztrogén-kitétség (MIKÓ *et al.* 2021). Egy kis létszámú mintát vizsgálva a laboratóriumban spontán maszkulinizáción átesett egyedek szintén kedvezőtlenebb egészségi állapot jeleit mutatták: megnövekedett lépméretet és több májrendellenességet (NEMESHÁZI *et al.* 2020). Azonban a spontán maszkulinizált egyedek valamivel nagyobb létszámú mintája a fiatalkori életmenet és viselkedés kiterjedt összehasonlítása alapján nem támasztott alá egyértelmű fitnessbeli eltérést a nem ivarváltott fajtársakhoz képest (BÓKONY *et al.* 2021b). Ezen ellentétes eredmények alapján azt a hipotézist fogalmaztuk meg, hogy az ivarváltás és a fitness kapcsolata függhet attól, hogy milyen hatás vagy mechanizmus okozta az ivarváltást.

Tanulmányoztuk a környezet által kiváltott ivarváltás általánosabb aspektusait is: hogyan keletkezhetnek a fajok közötti különbségek az ivarváltási hajlamban az evolúciós múlt során, és miként befolyásolhatják a jövő történéseit, amelyeket a globális felmelegedés és az ember által előidézett környezeti változások egyéb formái árnyékolnak be. Felülvizsgáltunk egy fél évszázaddal ezelőtti hipotézist az empirikus bizonyítékok áttekintésével, miszerint a genetikai ivarmeghatározás típusa aszimmetrikus fogékonyságot eredményezhet az ivarváltásra: az XX/XY ivari kromoszómákkal rendelkező fajok hajlamosabbak a maszkulinizációra, míg a ZZ/ZW rendszerek hajlamosabbak a feminizációra (NEMESHÁZI & BÓKONY 2022). Ezt a gondolatmenetet elméleti modellezéssel folytattuk, melynek eredménye rávilágít, hogy a genetikai ivarmeghatározás típusa befolyásolhatja azt is, hogy a populációk felnőttkori ivararánya miképpen reagál az ivarváltás gyakoriságának növekedésére. A kétéltek szakirodalmából gyűjtött ivararányainak meta-analízise alátámasztotta ezt a predikciót, mivel a felnőtt ivararányok két ZZ/ZW rendszerű fajnál a hímek felé tolódtak el az elmúlt évtizedekben, míg négy XX/XY rendszerű fajnál nem változtak szisztematikusan (BÓKONY *et al.* 2017b). Ezt a modellünket továbbfejlesztve kimutattuk, hogy az éghajlat felmelegedése révén gyakoribbá váló maszkulinizáció populációs szintű következményeit befolyásolhatják a nőstények párválasztási preferenciái, amelyek az ivari kromoszómához kapcsolt fenotípusos tulajdonságokra irányulnak, és ezek a hatások az ivarmeghatározási (kromoszóma-) rendszer típusától függően is változnak (NEMESHÁZI *et al.* 2021).

Értékelés

Váratlan eredmény, hogy az antropogén területeken élő barna varangyokban alig találunk mikroevolúciós változásokra utaló jeleket, ugyanis ilyen változásokról egyre több tanulmány számol be különféle vadon élő fajok esetében (JOHNSON & MUNSHI-SOUTH 2017, LIKER 2020). Azok közül, amelyek azt vizsgálták, hogy az ember által átalakított környezet milyen mechanizmusokkal befolyásolja az állatok veszélyre vagy kémiai stresszre adott élettani és viselkedési válaszait, a többség mikroevolúciót vagy más transzgenerációs hatásokat támasztott alá (PARTECKE *et al.* 2006, ATWELL *et al.* 2012, WHITEHEAD *et al.* 2012, MIRANDA *et al.* 2013, BRANS *et al.* 2018). A varangyok esetében a mikroevolúció helyett a fenotípusos plaszticitásra való hagyatkozás magyarázata az lehet, hogy az antropogén környezet komplex és változó szelekciós nyomást fejthet ki a különféle stresszorok, például a szennyezések vagy a ragadozók és emberek általi zavarás gyakoriságának és típusának térbeli és időbeli heterogenitása miatt, amely a fenotípusos plaszticitás kialakulására és fenntartására szelektál (BRADSHAW & HARDWICK 1989, MORAN 1992, SULTAN & SPENCER 2002). Az állatvilágban a fenotípusos plaszticitásnak általános szerepe van a klimatikus változásokra adott fenotípusos válaszokban is, bár e válaszok némelyike maladaptív vagy nem elégséges az alkalmazkodáshoz (URBAN *et al.* 2014, RADCHUK *et al.* 2019). A disszertációmban a mezőgazdasági és városi varangyoknál leírt élettani változások adaptívnek tűnnek, és hozzájárulhatnak szaporodóképességük fenntartásához, de további kutatásokra lesz szükség ezen fenotípusos változások adaptív értékének teszteléséhez. Összességében a vadon élő szervezetek populációinak sorsát az fogja meghatározni, hogy az antropogén környezeti változások által támasztott sokféle kihívásra milyen adaptív és maladaptív plasztikus és mikroevolúciós változásokkal (vagy éppen azok hiányával) reagálnak.

A környezeti változásokra adott lehetséges válaszok közül az ivarváltás jelentőségét csak nemrég kezdte felismerni a szupraindividuális biológia. Az eddigi ismeretek arra utalnak, hogy a környezet által indukált ivarváltásnak szerteágazó relevanciája lehet az ektoterm gerincesek vadon élő populációiban (BAROILLER & D'COTTA 2016, HOLLELEY *et al.* 2016, WHITELEY *et al.* 2021), sőt gerincteleneknél is (OETKEN *et al.* 2004, FORD 2012). A korábbi kutatások többsége azonban az endokrin diszruptorok és az akvakultúra-technikák proximális aspektusaira összpontosított, miközben az ivarváltás evolúciós-ökológiai vonatkozásai csak mostanában kezdtek szélesebb körű figyelmet kapni, és a világon csak néhány kutatócsoport foglalkozik vele, többnyire hullő modellfajokat és elméleti modellezést használva (GROSSEN *et al.* 2011, HOLLELEY *et al.* 2016, LAMBERT *et al.* 2019, SCHWANZ *et al.* 2020). Felismerve ezt a hiányt, kétéltű modellrendszerek felállítását tűztem ki célul az ivarváltás evolúciós-ökológiai és természetvédelmi-biológiai vizsgálatára. Az erdei békákra és barna varangyokra kifejlesztett molekuláris ivarmarkereinkkel (NEMESHÁZI *et al.* 2020, NEMESHÁZI *et al.* 2022) hozzájárultunk ahhoz a felismeréshez, hogy az ivarváltásnak a kétéltűeknél is nagy ökológiai jelentősége lehet. Az erdei békák ivarváltásával kapcsolatos kísérleteink az első olyan tanulmányok között vannak, amelyek azt vizsgálták, hogy a hőhullámoknak és a kémiai szennyezésnek való ökológiailag releváns kitettség hogyan befolyásolja az ivart és ezáltal potenciálisan az egyedek fitnessét. Hasonlóképpen, elméleti munkánk az elsők között világított rá, hogy annak megértése, miért és hogyan változik a különböző fajok vagy populációk hajlandósága a különböző környezeti stresszorok által okozott ivarváltásra, segíthet előrejelezni az antropogén környezeti válto-

zások vadvilágra gyakorolt hatásait, köztük a demográfia, a populációs életképesség, az ivarmeghatározási rendszerek és a párválasztási preferenciák változásait. Ahogy minden kutatásban az új felfedezések új kérdéseket és hipotéziseket vetnek fel, a disszertációmban bemutatott eredmények is további vizsgálatok előtt nyitják meg az utat. Felvértézve mindazokkal az ismeretekkel, amelyeket a laboratóriumi kísérletek szolgáltatnak a környezeti stresszorok ivari hatásairól, valamint az elméleti modellek predikálnak arra vonatkozóan, hogy az ivarváltás hogyan befolyásolhatja a populációk dinamikáját és evolúcióját, megérett az idő empirikusan feltárni a vadon élő populációkban bekövetkező ivarváltások okait és következményeit az „antropocén” korszakban.

Köszönetnyilvánítás. A dolgozatban bemutatott tanulmányok számos kutatóval és hallgatóval való együttműködés eredményei, akiknek hálás vagyok a nélkülözhetetlen közreműködésért, különösen az ATK NŐVI Evolúciós Ökológiai Osztály egykori és jelenlegi munkatársainak. Kutatómunkámat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (115402, 135016) és a Magyar Tudományos Akadémia Bolyai János Kutatói Ösztöndíja támogatta.

Irodalomjegyzék

- ALBERTI M., MARZLUFF J. & HUNT V.M. 2017. Urban driven phenotypic changes: Empirical observations and theoretical implications for eco-evolutionary feedback. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372: 20160029. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0029>
- ATWELL J.W., CARDOSO G.C., WHITTAKER D.J., CAMPBELL-NELSON S., ROBERTSON K.W. & KETTERSON E.D. 2012. Boldness behavior and stress physiology in a novel urban environment suggest rapid correlated evolutionary adaptation. *Behavioral Ecology*, 23: 960–969. <https://doi.org/10.1093/beheco/ars059>
- BAROILLER J.-F. & D’COTTA H. 2016. The reversible sex of gonochoristic fish: insights and consequences. *Sexual Development*, 10: 242–266. <https://doi.org/10.1159/000452362>
- BÓKONY V., MIKÓ Z., MÓRICZ Á.M., KRÜZSELYI D. & HETTYEY A. 2017a. Chronic exposure to a glyphosate-based herbicide makes toad larvae more toxic. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 284: 20170493. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.0493>
- BÓKONY V., KÖVÉR S., NEMESHÁZI E., LIKER A. & SZÉKELY T. 2017b. Climate-driven shifts in adult sex ratios via sex reversals: the type of sex determination matters. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372: 20160325. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0325>
- BÓKONY V., UJHEGYI N., HAMOW K., BOSCH J., THUMSOVÁ B., VÖRÖS J., ASPBURY A.S. & GABOR C.R. 2021a. Stressed tadpoles mount more efficient glucocorticoid negative feedback in anthropogenic habitats due to phenotypic plasticity. *Science of The Total Environment*, 753: 141896. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.141896>

- BÓKONY V., UJHEGYI N., MIKÓ Z., ERŐS R., HETTYEY A., VILI N., GÁL Z., HOFFMANN O.I. & NEMESHÁZI E. 2021b. Sex reversal and performance in fitness-related traits during early life in agile frogs. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9: 745752. <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.745752>
- BÓKONY V., ÜVEGES B., UJHEGYI N., VEREBÉLYI V., NEMESHÁZI E., CSÍKVÁRI O. & HETTYEY A. 2018. Endocrine disruptors in breeding ponds and reproductive health of toads in agricultural, urban and natural landscapes. *Science of The Total Environment*, 634: 1335–1345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.363>
- BÓKONY V., ÜVEGES B., VEREBÉLYI V., UJHEGYI N. & MÓRICZ Á.M. 2019. Toads phenotypically adjust their chemical defences to anthropogenic habitat change. *Scientific Reports*, 9: 3163. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39587-3>
- BONIER F. 2012. Hormones in the city: Endocrine ecology of urban birds. *Hormones and Behavior*, 61: 763–772. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2012.03.016>
- BRADSHAW A.D. & HARDWICK K. 1989. Evolution and stress—genotypic and phenotypic components. *Biological Journal of the Linnean Society*, 37: 137–155. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.1989.tb02099.x>
- BRANS K.I., STOKS R. & DE MEESTER L. 2018. Urbanization drives genetic differentiation in physiology and structures the evolution of pace-of-life syndromes in the water flea *Daphnia magna*. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285: 20180169. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.0169>
- CAMPBELL GRANT E.H., MILLER D.A.W., SCHMIDT B.R., ADAMS M.J., AMBURGEY S.M., CHAMBERT T., CRUICKSHANK S.S. *et al.* 2016. Quantitative evidence for the effects of multiple drivers on continental-scale amphibian declines. *Scientific Reports*, 6: 25625. <https://doi.org/10.1038/srep25625>
- COTHRAN R.D., BROWN J.M. & RELYEA R.A. 2013. Proximity to agriculture is correlated with pesticide tolerance: Evidence for the evolution of amphibian resistance to modern pesticides. *Evolutionary Applications*, 6: 832–841. <https://doi.org/10.1111/eva.12069>
- FALCÓN J., TORRIGLIA A., ATTIA D., VIÉNOT F., GRONFIER C., BEHAR-COHEN F., MARTINSONS C. & HICKS D. 2020. Exposure to artificial light at night and the consequences for flora, fauna, and ecosystems. *Frontiers in Neuroscience*, 14: 602796. <https://doi.org/10.3389/fnins.2020.602796>
- FLAMENT S. 2016. Sex reversal in amphibians. *Sexual Development*, 10: 267–278. <https://doi.org/10.1159/000448797>
- FORD A.T. 2012. Intersexuality in Crustacea: An environmental issue? *Aquatic Toxicology*, 108: 125–129. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2011.08.016>
- GROSSEN C., NEUENSCHWANDER S. & PERRIN N. 2011. Temperature-dependent turnovers in sex-determination mechanisms: A quantitative model. *Evolution*, 65: 64–78. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.2010.01098.x>
- HAMER A.J. & MCDONNELL M.J. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: A review. *Biological Conservation*, 141: 2432–2449. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2008.07.020>
- HOFFMAN D., RATTNER B., BURTON G.J. & CAIRNS J.J. (eds.) 2003. *Handbook of Ecotoxicology*. CRC Press, Boca Raton, Florida, 1290 pp.
- HOLLELEY C.E., SARRE S.D., O'MEALLY D. & GEORGES A. 2016. Sex reversal in reptiles: Reproductive oddity or powerful driver of evolutionary change? *Sexual Development*, 10: 279–287. <https://doi.org/10.1159/000450972>
- JOHNSON M.T.J. & MUNSHI-SOUTH J. 2017. Evolution of life in urban environments. *Science*, 358: eaam8327. <https://doi.org/10.1126/science.aam8327>

- LAMBERT M.R., TRAN T., KILIAN A., EZAZ T. & SKELLY D.K. 2019. Molecular evidence for sex reversal in wild populations of green frogs (*Rana clamitans*). *PeerJ*, 7: e6449. <https://doi.org/10.7717/peerj.6449>
- LI D. & BOU-ZEID E. 2013. Synergistic interactions between urban heat islands and heat waves: The impact in cities is larger than the sum of its parts. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 52: 2051–2064. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-13-02.1>
- LIKER A. 2020. Biologia Futura: adaptive changes in urban populations. *Biologia Futura*, 71: 1–8. <https://doi.org/10.1007/s42977-020-00005-9>
- LUEDTKE J.A., CHANSON J., NEAM K., HOBIN L., MACIEL A.O., CATENAZZI A., BORZÉE A. *et al.* 2023. Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature*, 622: 308–314. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06578-4>
- MANN R.M., HYNÉ R.V., CHOUNG C.B. & WILSON S.P. 2009. Amphibians and agricultural chemicals: Review of the risks in a complex environment. *Environmental Pollution*, 157: 2903–2927. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.05.015>
- MIKÓ Z., NEMESHÁZI E., UJHEGYI N., VEREBÉLYI V., UJSZEGI J., KÁSLER A., BERTALAN R. *et al.* 2021. Sex reversal and ontogeny under climate change and chemical pollution: are there interactions between the effects of elevated temperature and a xenoestrogen on early development in agile frogs? *Environmental Pollution*, 285: 117464. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117464>
- MIRANDA A.C., SCHIELZETH H., SONNTAG T. & PARTECKE J. 2013. Urbanization and its effects on personality traits: A result of microevolution or phenotypic plasticity? *Global Change Biology*, 19: 2634–2644. <https://doi.org/10.1111/gcb.12258>
- MORAN N.A. 1992. The evolutionary maintenance of alternative phenotypes. *American Naturalist*, 139: 971–989. <https://doi.org/10.1086/285369>
- NEMESHÁZI E. & BÓKONY V. 2022. Asymmetrical sex reversal: Does the type of heterogamety predict propensity for sex reversal? *BioEssays*, 44: 2200039. <https://doi.org/10.1002/bies.202200039>
- NEMESHÁZI E., GÁL Z., UJHEGYI N., VEREBÉLYI V., MIKÓ Z., ÜVEGES B., KATALIN K. *et al.* 2020. Novel genetic sex markers reveal high frequency of sex reversal in wild populations of the agile frog (*Rana dalmatina*) associated with anthropogenic land use. *Molecular Ecology*, 29: 3607–3621. <https://doi.org/10.1111/mec.15596>
- NEMESHÁZI E., KÖVÉR S. & BÓKONY V. 2021. Evolutionary and demographic consequences of temperature-induced masculinization under climate warming: the effects of mate choice. *BMC Ecology and Evolution*, 21: 16. <https://doi.org/10.1186/s12862-021-01747-3>
- NEMESHÁZI E., SRAMKÓ G., LACZKÓ L., BALOGH E., SZATMÁRI L., VILI N., UJHEGYI N., ÜVEGES B. & BÓKONY V. 2022. Novel genetic sex markers reveal unexpected lack of, and similar susceptibility to, sex reversal in free-living common toads in both natural and anthropogenic habitats. *Molecular Ecology*, 31: 2032–2043. <https://doi.org/10.1111/mec.16388>
- OETKEN M., BACHMANN J., SCHULTE-OEHLMANN U. & OEHLMANN J. 2004. Evidence for endocrine disruption in invertebrates. *International Review of Cytology*, 236: 1–44. [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(04\)36001-8](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(04)36001-8)
- ORTON F. & TYLER C.R. 2015. Do hormone-modulating chemicals impact on reproduction and development of wild amphibians? *Biological Reviews*, 90: 1100–1117. <https://doi.org/10.1111/brv.12147>
- PARTECKE J., SCHWABL I. & GWINNER E. 2006. Stress and the city: Urbanization and its effects on the stress physiology in European Blackbirds. *Ecology*, 87: 1945–1952. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1945:SATCUA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1945:SATCUA]2.0.CO;2)

- RADCHUK V., REED T., TEPLITSKY C., VAN DE POL M., CHARMANTIER A., HASSALL C., ADAMÍK P. *et al.* 2019. Adaptive responses of animals to climate change are most likely insufficient. *Nature Communications*, 10: 3109. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10924-4>
- RIZVI S.H., ALAM K. & IQBAL M.J. 2019. Spatio-temporal variations in urban heat island and its interaction with heat wave. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 185: 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2019.02.001>
- SCHWANZ L.E., GEORGES A., HOLLELEY C.E. & SARRE S.D. 2020. Climate change, sex reversal and lability of sex-determining systems. *Journal of Evolutionary Biology*, 33: 270–281. <https://doi.org/10.1111/jeb.13587>
- SERESS G. & LIKER A. 2015. Habitat urbanization and its effects on birds. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 61: 373–408. <https://doi.org/10.17109/AZH.61.4.373.2015>
- SORDELLO R., RATEL O., DE LACHAPELLE F.F., LEGER C., DAMBRY A. & VANPEENE S. 2020. Evidence of the impact of noise pollution on biodiversity: A systematic map. *Environmental Evidence*, 9: 20. <https://doi.org/10.1186/s13750-020-00202-y>
- SPINONI J., LAKATOS M., SZENTIMREY T., BIHARI Z., SZALAI S., VOGT J. & ANTOFIE T. 2015. Heat and cold waves trends in the Carpathian Region from 1961 to 2010. *International Journal of Climatology*, 35: 4197–4209. <https://doi.org/10.1002/joc.4279>
- SULTAN S.E. & SPENCER H.G. 2002. Metapopulation structure favors plasticity over local adaptation. *American Naturalist*, 160: 271–283. <https://doi.org/10.2307/3079143>
- TOMCZYK A.M. & BEDNORZ E. 2019. Heat waves in Central Europe and tropospheric anomalies of temperature and geopotential heights. *International Journal of Climatology*, 39: 4189–4205. <https://doi.org/10.1002/joc.6067>
- TURCOTTE M.M., ARAKI H., KARP D.S., POVEDA K. & WHITEHEAD S.R. 2017. The eco-evolutionary impacts of domestication and agricultural practices on wild species. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 372: 20160033. <https://doi.org/10.1098/rstb.2016.0033>
- UJSZEGI J., BERTALAN R., UJHEGYI N., VEREBÉLYI V., NEMESHÁZI E., MIKÓ Z., KÁSLER A. *et al.* 2022. “Heat waves” experienced during larval life have species-specific consequences on life-history traits and sexual development in anuran amphibians. *Science of the Total Environment*, 835: 155297. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.155297>
- URBAN M.C., RICHARDSON J.L. & FREIDENFELDS N.A. 2014. Plasticity and genetic adaptation mediate amphibian and reptile responses to climate change. *Evolutionary Applications*, 7: 88–103. <https://doi.org/10.1111/eva.12114>
- DE VILLEMEREUIL P., GAGGIOTTI O.E., MOUTERDE M. & TILL-BOTTRAUD I. 2016. Common garden experiments in the genomic era: New perspectives and opportunities. *Heredity*, 116: 249–254. <https://doi.org/10.1038/hdy.2015.93>
- WATSON J.E.M., ALLAN J.R., VENTER O., LEE J., JONES K.R., ROBINSON J.G. & POSSINGHAM H.P. 2018. Protect the last of the wild. *Nature*, 563: 27–30.
- WHITEHEAD A., PILCHER W., CHAMPLIN D. & NACCI D. 2012. Common mechanism underlies repeated evolution of extreme pollution tolerance. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279: 427–433. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.0847>
- WHITELEY S.L., CASTELLI M.A., DISSANAYAKE D.S.B., HOLLELEY C.E. & GEORGES A. 2021. Temperature-induced sex reversal in reptiles: prevalence, discovery, and evolutionary implications. *Sexual Development*, 15: 148–156. <https://doi.org/10.1159/000515687>

Evolutionary ecology of anthropogenic environmental change and sex reversal in amphibians²

VERONIKA BÓKONY

HUN-REN Centre for Agricultural Research, Plant Protection Institute, Department of Evolutionary Ecology,
Nagykovácsi út 26–30, 1029 Budapest, Hungary
E-mail: *bokony.veronika@atk.hun-ren.hu*

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 113–122.

Abstract. Understanding the biological changes through which organisms cope with the challenges of human-induced environmental changes is a crucial mission of current ecology, evolutionary biology and nature conservation. This paper reviews this issue focusing on ectothermic vertebrates, especially amphibians, many of which are endangered. A series of experiments and field observations proved that common toad populations living in areas exposed to chemical pollution exhibit several physiological changes that enable more effective protection against environmental stress. Field studies also revealed a relatively high frequency of sex reversal, i.e. male phenotype in some of the genotypically female individuals, in wild populations of agile frogs, especially in urban and agricultural areas. The most likely reason for this is the higher frequency of heat waves in such areas. Furthermore, experimental results suggest that heat-induced sex reversal is accompanied by decreased fitness. Theoretical models have shown that the probability of sex reversal, as well as its consequences for population dynamics and microevolution, depend on the type of sex-chromosome system and on mate-choice preferences. These results highlight the diverse implications of chemical pollution, climate change and the urban heat island effect, which especially threaten the survival of animal species whose sexual development is sensitive to environmental effects.

Keywords: adaptation, Anthropocene, phenotypic plasticity, sex determination

Accepted: 17.11.2024

Published online: 22.11.2024

² Short outline of DSc dissertation (defended in 2023). The complete work can be accessed: <https://real-d.mtak.hu/1502/>

Az erdők bogarai: élőhelyváltozások hosszútávú hatásai futóbogár-együttesek szerkezetére, a közösségi szinttől az egyedi viselkedésig¹

ELEK ZOLTÁN

Állatorvostudományi Egyetem, Biostatistika Tanszék, 1078 Budapest, István utca 2.
E-mail: elek.zoltan@univet.hu

Kivonat. Egy hosszútávú vizsgálatban (2014–2018) arra kerestem választ, hogy négyféle erdészeti kezelés [kezeletlen kontroll állományhoz viszonyítva: vágásterület, hagyásfacsoport, egyenletes bontás (vágásos üzemmód elemei), valamint lékvágás (örökerdő üzemmód beavatkozása)] hogyan hatnak a futóbogár-együttesek (Coleoptera: Carabidae) szerkezetére a fajalapú és funkcionális diverzitási metrikák alapján. A kutatásokat kiegészítettem az egyedi mozgásmintázatok nyomon követésével is, amivel az élőhelyhasználat viselkedési aspektusára kerestem választ. Igazoltam, hogy az erdei specialista futóbogár-közösség funkcionális redundanciája jól jellemzi az erdőállományok természetességét, továbbá ez a csoport érzékenyen reagál a lombkorona-záródásban bekövetkező változásokra is. Ez a megközelítés segíthet kijelölni olyan erdészeti fahasználatokat, amelyek hozzájárulhatnak a fenntartható erdőgazdálkodáshoz.

Kulcsszavak: egyedi viselkedés, fenntartható erdőgazdálkodás, közösségszerkezet, Carabidae

Elfogadva: 2024.11.17.

Elektronikusan megjelent: 2024.11.29.

Bevezetés

Nem tévedünk nagyot, ha azt állítjuk, hogy jóval több erdő borította Európát a korai holo-cénben, mint napjainkban (FYFE *et al.* 2015). Az erdőborítás történelmi léptékű változásai nem írhatóak le egyszerű lineáris folyamatként, hanem inkább olyan markáns időszakokra bonthatók, amikor az erdőborítást hol a növekedés, hol pedig a csökkenés jellemezte (DESENDER *et al.* 1999). Azaz az európai kontinens tájképi változásai egy hosszú és komplex folyamatként jellemezhetők, ahol a természetes élőhelyek, ezek közül is elsősorban az erdők helyét a legelők, szántók és az egyre csökkenő fás/erdős területek mozaikja vette át. Habár ebben a folyamatban több tényező is közrejátszott, egyet biztosan állíthatunk: a természetes folyamatok dominálta állapotot lassan felváltotta az emberi beavatkozások által uralt környezeti állapot. Napjainkban az Európai Unió területén az erdőterületek aránya 43,5%, amelynek csupán 4%-a tekinthető természetes erdőnek, ahol a természetes folyamatok és a természetes erdőszerkezeti viszonyok az uralkodóak (EUROPEAN COMMISSION 2021).

¹ Akadémiai doktori mű rövid ismertetése (védés éve: 2023). A teljes disszertáció elérhetősége: <https://real-d.mtak.hu/1478/>

Az erdőművelési technológiákban tapasztalható progresszív technikai fejlődésnek, valamint a vágásos üzemmód által okozott rendszeres zavarásnak köszönhetően pedig a biológiai sokféleség csökkenése tapasztalható a kezelt erdőben (BENGTSSON *et al.* 2000, HERMY & VERHEYEN 2007, VANBERGEN *et al.* 2005). Az elmúlt évtizedekben új kezdeményezések láttak napvilágot az erdőgazdálkodásban, amelyek a fakitermelés mellett a természeti folyamatok és a biológiai sokféleség fenntartását is célul tűzték ki. Ezek a célok megvalósíthatóak például az idős erdők tulajdonságainak fenntartásával (BAUHUS *et al.* 2009, POMMERENING & MURPHY 2004), a folyamatos erdőborítást biztosító erdőgazdálkodással, a hagyásfacsoportok kialakításával (LINDENMAYER *et al.* 2012, MORI & KITAGAWA 2014), vagy akár a természetes zavarásokat imitáló ún. „close-to-nature forestry” gazdálkodási formákkal (BENGTSSON *et al.* 2000). A különböző megközelítésekben alapvető fontosságú annak feltárása, hogy a profitorientált erdőgazdálkodást hogyan lehet összehangolni olyan kezdeményezésekkel, ahol a biológiai sokféleség megőrzése az erdőgazdálkodás szerves részét képezi.

Az erdők vagy más fás élőhelyek tanulmányozásánál fontos a különböző élőhelyváltozások és az erdei élőlények közötti kölcsönhatások vizsgálata is a lehetséges ökológiai következmények feltárására (CHRISTENSEN & EMBORG 1996, PAILLET *et al.* 2018). A talajfelszíni ragadozó ízeltlábúak közül a futóbogarak (Coleoptera: Carabidae) jó indikátorai a fás élőhelyeket átalakító hatásoknak (NIEMELÄ *et al.* 2007). Ez az élőlénycsoport viszonylag rövid generációs idővel rendelkezik (THIELE 1977, LÖVEI & SUNDERLAND 1996), és magas funkcionális pozíciót foglal el a táplálékhálózatban (WOOTTON 1998), ami lehetővé teszi, hogy komplexen reagáljon a környezeti változásokra. Közösségeik fajösszetétele és szerkezete érzékeny az erdőállományok szerkezeti komplexitására különböző időbeli és térbeli léptékeken (NEGRO *et al.* 2008, NIEMELÄ *et al.* 2007). Korábbi vizsgálatok igazolták, hogy az erdei futóbogár-közösségek fajkompozíciója változik leginkább, míg a faj- és egyedszámban bekövetkező változás nem egyértelmű, inkább szezonális mintázatot mutat (HEIKKALA *et al.* 2016, KOIVULA *et al.* 2019, YAMANAKA *et al.* 2021). A futóbogár-közösségek fajösszetételének változásai jól tükrözik az erdei ökoszisztémákban betöltött funkcionális szerepüket, mivel funkcionális jellegeik nagymértékben kapcsolódnak taxonómiai identitásukhoz a csoport monofiletikus leszármazási viszonyai miatt (MAGURA 2017, MAGURA & LÖVEI 2019).

A funkcionális jellegek használata elősegíti a forráshasználat, a diszperzió és szaporodás közösségformáló erejének feltárását. SCHIRMEL *et al.* (2012) kimutatták, hogy a funkcionális tulajdonságok hozzájárulhatnak a környezeti szelekció tulajdonság alapú megvalósulásához. Bár a funkcionális tulajdonságok elemzése közvetett módon becslést adhat az ökoszisztéma-funkciókról, használatuk inkább a fajpopuláció-szinten alkalmazható hatékonyan (MURRAY *et al.* 2017). Korábbi vizsgálatok a funkcionális diverzitás standardizált módszereivel (MURRAY *et al.* 2017, NOLTE *et al.* 2017, SCHIRMEL *et al.* 2012) értékelték a zavarásra adott funkcionális diverzitás-mintázatokat a különböző erdős élőhelyeken és taxonómiai csoportokban. Ezek a tanulmányok igazolták, hogy a futóbogár-együttesek funkcionális diverzitása közvetlen kapcsolatot jelent a környezet és a fontosabb ökoszisztéma-funkciók között, és taxonfüggő lehet. Fontos kiemelni, hogy az ökológiai vizsgálatok egyre nagyobb hangsúly fektetnek az ökoszisztémák funkcionális aspektusainak bemutatására. Habár a közösségi szintű metrikákat széles körben használják a közösségökológiában, új szempontok jelentek meg a rovarökológiában, amelyek jól reflektálnak az ökoszisztéma-funkciókra, ilyen lehet az egyedi viselkedésen alapú módszerek használata, például az egyedi mozgásmintázat és predációs nyomás, mint az egyedi viselkedés leírói (pl. NERGO *et al.* 2008).

A predációs nyomás becslése jól reflektál a kockázatfüggő élőhelyhasználatra, akár táplálkozásra, szaporodásra vagy áttelelésre. Ennek pontos igazolásához azonban elsődleges a bogarak tér-időbeli élőhelyhasználatának ismerete. Azaz a klasszikus talajcsapdás mintavételi módszerek mellett más, alternatív módszereket is célszerű alkalmazni, például rádiójeladó nyomon követést vagy akár fogás-jelölés-visszafogás technikákat. Az egyedi viselkedésen alapuló vizsgálatok természetvédelmi szempontból fontosak lehetnek a védelmi szempontból jelentős kulcsélőhelyek kijelöléséhez. Mindezekon túlmenően ezen nem túl népszerű/gyakori technikák segíthetnek abban is, hogy azonosítsuk a lehetséges tudásbeli hiányosságokat annak megértésében, hogy az állatok egyedi viselkedése hogyan általánosítható a közösségi szintű folyamatok dinamikájának megértéséhez.

A kutatások fő motivációja az volt, hogy a már elfogadott és széles körben alkalmazott közösségi szintű vizsgálatok mellett az egyedi/fajpopuláció-szintű, akár viselkedésbeli változások nyomon követésére is alkalmas hipotéziseket teszteljen. A közösségi szintű vizsgálatokban sokszor alkalmazott mérőszámok, mint a faj- és egyedszám, fajösszetétel, klasszikus és funkcionális diverzitási indexek, robusztus válaszokat adnak az egyes ökológiai jelenségekre. A faj/populáció szintű vizsgálatok azonban jóval közvetlenebb visszajelzést jelentenek a környezet állapotáról. Még ma sem tudjuk pontosan, hogy a két említett szerveződési szinten tesztelt mintázatok és azok mérőszámai milyen kapcsolatban állnak egymással, azaz hogyan használhatóak az egyedi/populáció-szintű kutatások eredményei standard módon a közösségökológiai vizsgálatok tervezésére a rovarökológiában (például az egyedi mozgásmintázatok hogyan hatnak az aktivitás-denzitás becslésére).

Anyag és módszer

Egy hosszú távú vizsgálat keretében (2014–2018) a „Pilis kísérletben” arra kerestem választ (<https://piliskiserlet.ecolres.hu/>), hogy négyféle erdészeti kezelés [kezeletlen kontroll állományhoz viszonyítva: vágásterület, hagyásfacsoport, egyenletes bontás (vágásos üzemmód elemei), valamint lékvágás (örökerdő üzemmód beavatkozása)] hogyan hat a futóbogár-együttesek (Coleoptera: Carabidae) szerkezetére, illetve egyes fajpopulációikra. A vizsgálati terület a Pilis-hegységben (É 47°40' és K 18°54') egy 40 hektár nagyságú, egyenletes korú (80 éves) érett gyertyános-tölgyes erdő (Natura 2000 kód: 91G0). Az állományt vágásos üzemmódban kezelték, ahol a felső lombkoronaszint 21 m-es magasságában a kocsánytalan tölgy (*Quercus petraea* (MATT.) LIEBL., mellmagassági átmérője 28 cm) dominált, a 11 m-es másodlagos lombkoronaszint pedig főként gyertyánokat (*Carpinus betulus* L.) tartalmazott. Az adatgyűjtés során a Before-After Control-Impact kísérleti elrendezés került kialakításra, az összes vizsgált változót rögzítve a 2014-es vegetációs időszaktól (a kísérleti kezelések kialakítása előtt) egészen 2018-ig. Minden parcellában négy talajcsapda került kihelyezésre egy 5 m-es élhosszúságú négyzetrács csúcspontjaiban. Minden évben tavasszal (júniusban) és ősszel (szeptemberben) egy-egy hónapig mintavételeztem, ami megfelel a futóbogarak legnagyobb aktivitási időszakának (SAPIA *et al.* 2006). Az egyedi mozgásmintázat nyomon követésére, illetve a predációs nyomás vizsgálatára a kísérleti rendszer egyes részlemeiben került sor, a tarvágásokban, a bontásokban, illetve az egyes kezelésekhöz tartozó kontroll állományokban. Az egyedi mozgás mintázatot, a *Carabus coriaceus* L. 1758, erdei specialista faj 6 egyedén végeztem (4a. ábra) VHF jeladók [“PicoPip”, Biotrack Ltd, Wareham, England,

(www.biotrack.co.uk)] segítségével 2018 őszén. A fajspecifikus predációs nyomás tesztelésére 3D nyomtatott makettek készültek a *C. coriaceus* faj egyedeiről, amelyeket az egyes kezelésekbe kihelyeztem. A potenciális predációs markerek, nyomok 2020 őszén és 2021 tavaszán vizsgáltam.

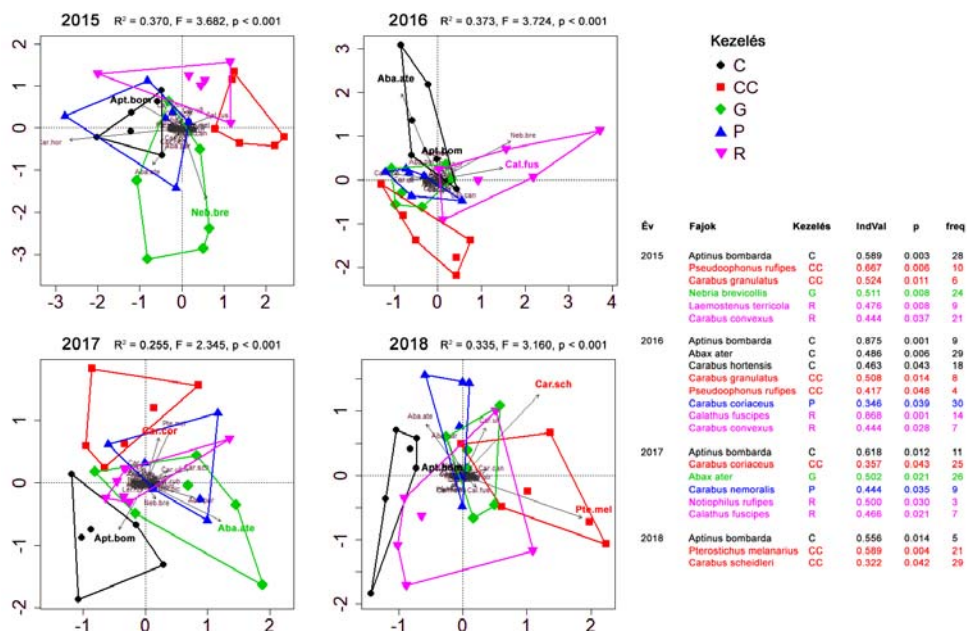
Az egyes erdészeti kezelések futóbogár-együttesek fajösszetételre gyakorolt hatását főkomponens-elemzéssel (PCA) értékeltem. A kezelések közötti különbségeket permutációs többváltozós varianciaanalízissel (PERMANOVA) teszteltem, euklideszi távolságot használva. A fajok és a kezelések közötti kapcsolatokat az indikátorfaj-elemzés (IndVal) módszerével (DUFRENE & LEGENDRE 1997) végeztem el. A további elemzésekhez a futóbogarakat habitataffinitásuk, táplálkozási típusuk, testméretük és röpképességük alapján osztályoztam. Általánosított lineáris kevert modelleket (GLMM) használtam az erdészeti kezelések hatásának vizsgálatára, ahol a kezelések és az évek hatását és azok interakcióit (fix hatásként tekintve), mint magyarázó változókat teszteltem. Random hatásként a kísérleti parcellák valós térbeli ismétléseit vettem figyelembe. A GLMM-ekben magyarázó változóként a fajgazdagságot és az egyedyszámot, valamint a kiválasztott funkcionális csoportok abundanciáját használtam. Az egyed mozgásmintázatának elemzésére az ún. Rejtettláncú Markov-modelleket alkalmaztam, amelyek képesek az egyes mozgási fázisok közötti átmeneti valószínűségek standard módon történő becslésére úgy, hogy közben figyelembe veszik az egyedi különbségeket is (LANGROCK *et al.* 2012). A predációs nyomás kvantitatív tesztelésére általánosított lineáris modelleket használtunk, ahol a becsült predációs kockázat valószínűségére (a regisztrált támadások és nem-támadások aránya), mint függő változókra teszteltem a vizsgált erdészeti kezelések, illetve néhány fontosabb környezeti paraméter (csupasz talajfelszín aránya, avarborítás, lágyszárú- és cserjeszint borítás) hatását.

Eredmények

A közösségi vizsgálatok legfontosabb eredménye, hogy a fajkompozíció 2015 és 2018 között nem változott jelentős mértékben. Közvetlenül az egyes kezelések kialakítása után a tarvágások és a hagyasfacsoportok tértek el leginkább a többi kezeléstől (1. ábra). Az évek előrehaladtával azonban ez a különbség eltűnt, a kontroll állomány és az összes kezelés – mint egy egység – közötti kompozicionális eltérés lett a meghatározó. A kvantitatív karakterfaj-analízis alapján elmondható (táblázat az 1. ábrán), hogy kezelés-specifikusan változott a futóbogár-együttesek összetétele az egyes évek között. A legnagyobb mértékű fajkicserélődés a tarvágásban és a hagyasfacsoportban volt tapasztalható, míg a legkisebb mértékű a bontásban és kontroll állományban volt.

A funkcionális csoportok vizsgálata megerősítette, hogy a kompozíciós változásokért a tarvágásban és hagyasfacsoportban leginkább a nyílt élőhelyekre jellemző, generalista fajok térnyerése a felelős. Ezeknek a csoportoknak az időbeli változásai (2. ábra) határozzák meg az egyes évek közötti mintázatokat.

Korábbi elővizsgálataink (3a. ábra) igazolták, hogy a fogás-jelölés-visszafogás vizsgálatok (CMR) alapján inkább az egyes élőhelyeken belüli mozgás dominált, míg a migráció mértéke az egyes élőhelyek között elhanyagolható mértékű volt (RUZICKOVÁ *et al.* 2021). Rádiótelemetriás vizsgálataink megerősítették, hogy a lombkorona-záródás mértékében történő bármilyen változás a fajok direkcionális, azaz migrációs mozgását váltja ki (3b. ábra), és a jeladóval felszerelt egyedek pár napon belül elhagyják a kezelt erdőállományokat.



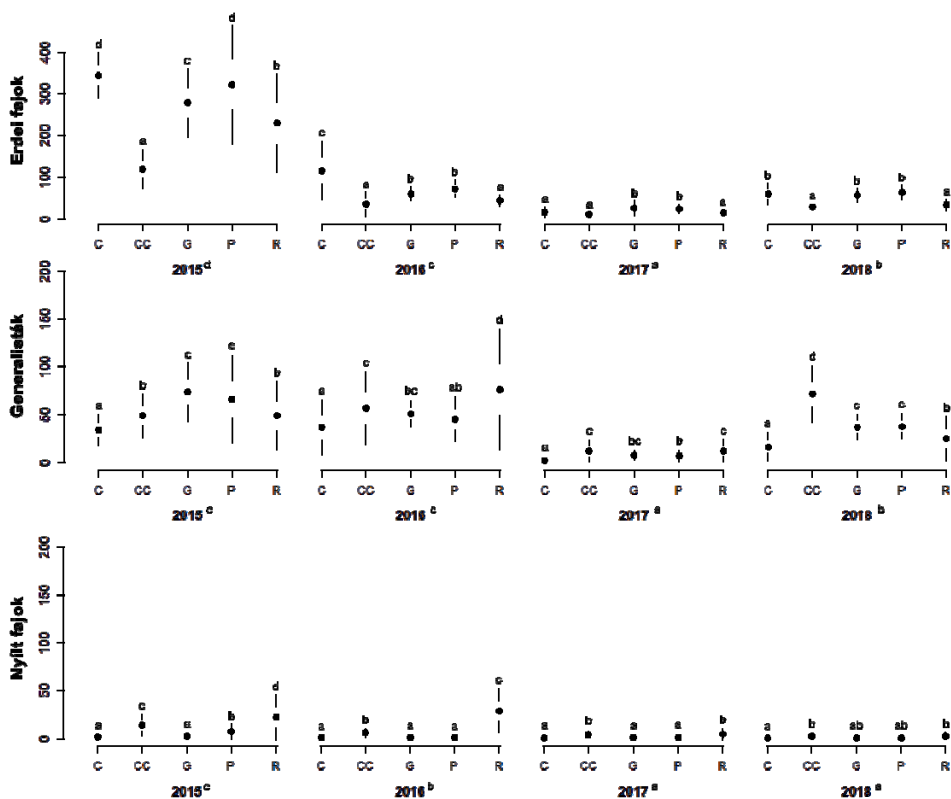
1. ábra. A futóbogár-együttesek eloszlása az egyes erdészeti kezelési típusokban főkomponens (PCA) -elemzés alapján. A egyes kezelések közötti különbségek minden egyes panelen szerepelnek a permutációs ANOVA (PERMANOVA) alapján (együttható, F - és p -értékek). A jobb oldali táblázat összefoglalja a fajok maximális indikátorértékeit és azok szignifikanciáját az egyes kezelések szerint az IndVal módszer alapján. Csak a szignifikáns eredmények ($p < 0,05$) szerepelnek. A kezelések kódjai: kontroll (C, fekete, kör), tarvágás (CC, piros négyzet), lék (G, zöld rombusz), bontás (P, kék háromszög) és hagyásfacsoport (R, lila háromszög).

Figure 1. Distribution of ground beetle assemblages in each forest management type based on principal component analysis (PCA). Differences among treatments are shown in each panel based on permutation ANOVA (PERMANOVA) (coefficient, F and p values). The table on the right summarises the maximum indicator values for species and their significance by treatment based on the IndVal method. Only significant results ($p < 0.05$) are shown. Treatments are coded as control (C, black dot), clear cutting (CC, red square), gap cutting (G, green diamond), preparation cutting (P, blue triangle) and retention tree group (R, purple triangle).

Az egyedi mozgásmintázatok felvételére vonatkozó módszertani vizsgálatok igazolták, hogy az eltérő módszerekkel rögzített trajektóriák profilja erősen különbözik egymástól (4b-c. ábra). A jelenség háttérében két metodikai probléma állhat: vagy a GPS-készülékek mérési pontossága nem elégséges 3 m távolság alatt, vagy az R szoftver „adehabitaLT” moduljának „as.ltraj” funkciója nem megfelelő (amely a geokoordinátákból számítja ki az egyes pontok közötti távolságot) az 1,6 m-nél kisebb távolságértékek esetén. Mivel a módszer erre a referenciaértékre kerekít, ezért nem lehetséges az 1,6 m-nél rövidebb mozgásadatok becslése.

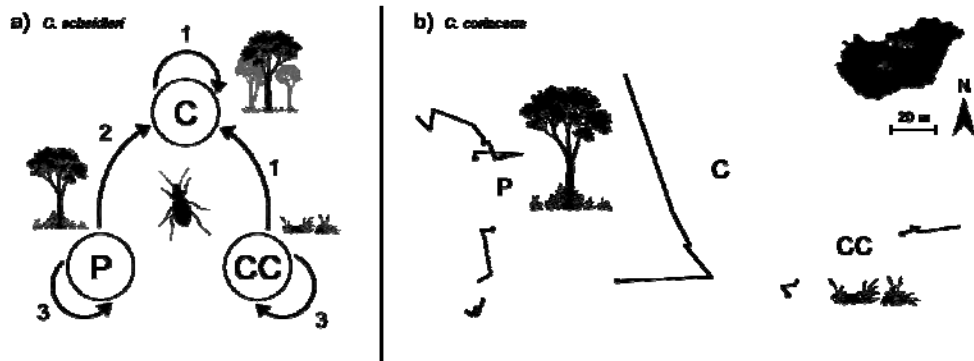
A 3D-nyomatott makettek megfelelő eszközeit jelentik a nagytestű erdei futóbogár-fajokra gyakorolt predációs nyomás vizsgálatának, mivel a rovarevő ragadozók ragadozási próbálkozásai megfigyelhetőek, igazolhatóak voltak. A predációs nyomást mind tér-, mind

időbeli faktorok befolyásolták, hiszen mindkét vizsgált kezelésben ($\chi^2 = 11,33$, $p = 0,003$) több támadási eseményt regisztráltunk, mint a kontrollban (5. ábra). A predációs nyomás pedig éjszaka magasabbnak bizonyult, mint nappal ($\chi^2 = 4,44$, $p = 0,03$), ami nem korrelált semmilyen mikroélelőhelyi jellemzővel, mint például a lombavar- vagy a cserjeszint-borítás mértékével, mivel ezek nem közvetlenül hatnak a nagytestű futóbogarak ragadozóira.



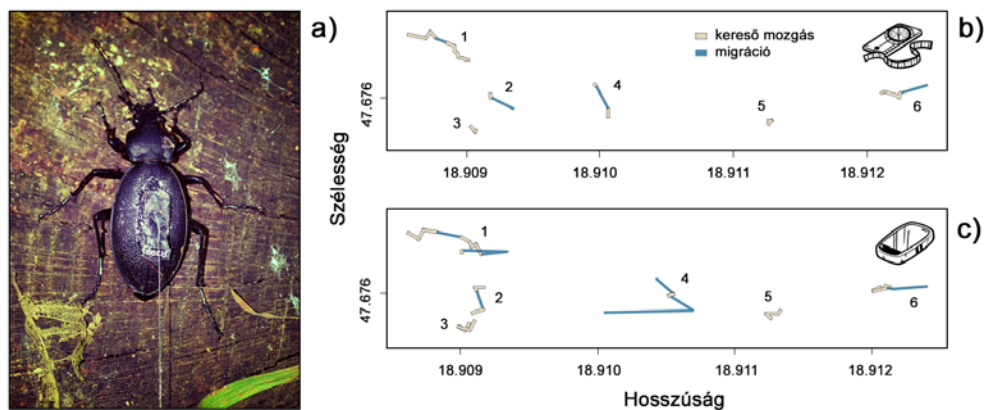
2. ábra. A futóbogarak egyes habitataffinitási csoportjainak egyedszámváltozása a vizsgált erdészeti kezelések és évek között. A fekete teli körök a számtani átlagot jelölik, a függőleges vonalak a szórást, a fehér terület a körök és a függőleges vonalak között pedig az átlaghoz tartozó standard hibát jelölik. A betűk az ábratérben az egyes kezelések közötti szignifikáns különbséget jelölik ($\alpha = 0,05$). A kezelések rövidítései: C = kontroll, CC = tarvágás, G = lék, P = bontás, R = hagyasfacsoport.

Figure 2. Changes in the number of individuals of each habitat affinity group of ratites between the studied forest management treatments and years. The black solid circles represent the arithmetic mean, the vertical lines the standard deviation, and the white gap between the circles and the vertical lines represents the standard error associated with the mean. Letters in the figure space denote significant difference between treatments ($\alpha = 0.05$). Abbreviations for treatments are C = control, CC = clear cutting, G = gap cutting, P = preparation cutting, and R = retention tree group.



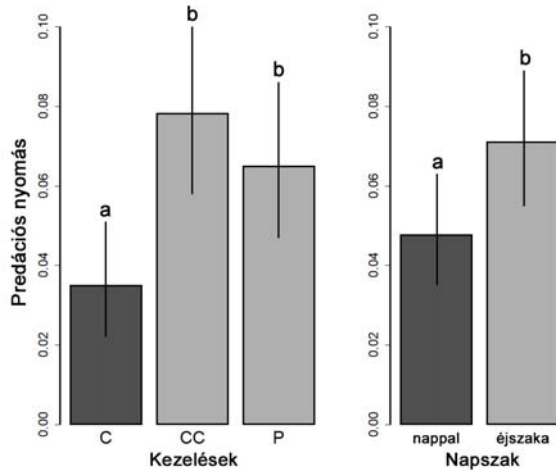
3. ábra. A *Carabus scheidleri* (a) mozgása az egyes erdészeti kezeléseken belül és között (C = kontroll, CC = tarvágás, P = bontás) a fogás-jelölés-visszafogás alapján. A nyíl melletti szám megfelel a rögzített mozgások számának. A rádiójeladóval nyomon követett *C. coriaceus*-egyedek (b) mozgás-mintázata a kísérleti területen, a fekete pontok az egyedek kiindulópontját jelölik.

Figure 3. Movement of *C. scheidleri* (a) within and between forest treatments (C = control, CC = clear cutting, P = preparation cutting) based on capture-mark-recapture. The number next to the arrow corresponds to the number of movements recorded. Movement pattern of *C. coriaceus* individuals (b) monitored by radio-tracking in the experimental area, with black dots indicating the starting point of individuals.



4. ábra. Egy jeladóval felszerelt *C. coriaceus*-egyed közvetlenül az elengedés után (a). Az egyedi trajektóriák, azaz mozgási útvonalak profilja, a kézzel rögzített mozgási adatok esetén (b) és GPS-készülékkel rögzített geokoordinátákból származtatott adatok alapján (c).

Figure 4. An individual *C. coriaceus* equipped with a transmitter immediately after release (a). Profile of individual trajectories, i.e. movement paths, based on manually recorded movement data (b) and data derived from GPS-derived geo-coordinates (c). Hosszúság = longitude, szélesség = latitude.



5. ábra A kezelés (a) és a napszak (b) hatása az átlagos predációs nyomásra. A függőleges vonalak 95%-os konfidencia-intervallumot jelölnek; a betűk a szignifikáns különbségeket jelzik a TUKEY-féle post-hoc teszt alapján.

Figure 5. Effect of treatment (a) and time of day (b) on average predation pressure. Vertical lines indicate 95% confidence intervals; letters indicate significant differences based on Tukey's post-hoc test. Kezelések = treatments. napszak = time of day, nappal = daytime, éjszaka = night, predációs nyomás = predation pressure.

Diszkusszió

A fenti eredmények jól igazolták, hogy a futóbogarak az erdős élőhelyeken bekövetkező élőhelyváltozások legjobb indikátorai közé tartoznak. Rövid generációs idejük és a táplálékhálózatokban betöltött szabályozó szerepük miatt összetett választ adnak az abiotikus és biotikus környezeti viszonyok változásaira. A környezeti feltételek nem csak közvetlenül a túlélésen keresztül határozzák meg a futóbogár-együttesek összetételét, hanem a biotikus kölcsönhatások befolyásolásával is. A mérsékelt mobilitással és diszperziós képességgel rendelkező futóbogarak kevésbé specifikus reakciót adtak az egyes erdészeti kezelésekre, ami az össz-egyedszám általános csökkenésében nyilvánult meg. Ennek oka feltehetően a taxon rövid távú reakciója, amely az erdei specialista fajok erdőgazdálkodás miatti elvesztésével magyarázható. A futóbogarak pozitívan reagáltak a lombkorona nyitottságára, ahol a futóbogarak nagyobb fajgazdagsága a nyílt élőhely kedvelő fajok megjelenésével magyarázható. Korábbi vizsgálatok rámutattak, hogy a futóbogarak funkcionális diverzitását nem csak az erdei növénytársulások (elsősorban a lágyszárúsztint) diverzitása befolyásolja, más közvetett mozgatórugók is előfordulhatnak (ELEK *et al.* 2010, 2018, KOIVULA *et al.* 2019).

Az erdők több ökoszisztéma-funkciójához fajok csoportjaira van szükség, hogy közösségeket alkossanak. Különösen a globális éghajlatváltozás forgatókönyveinek fényében, amelyek gyakoribb zavarokat és szélsőséges időjárási eseményeket jósolnak, fontos a biológiai sokféleség és az élőhelyváltozások közötti kapcsolat feltárása, mivel az erdő az éghaj-

latváltozás mérséklésének egyik eszköze lehet. Az erdőgazdálkodás biológiai sokféleségre gyakorolt hatásával foglalkozó kutatások többsége azonban egy bizonyos gazdálkodási típus és egy kiválasztott élőlénycsoport reakciója közötti konkrét kapcsolatra összpontosít. Bár a jelen kutatások eredményei nem szolgáltatnak közvetlen bizonyítékot, kiemelném, hogy az elterjedési dinamika döntő szerepet játszhat a különböző erdőgazdálkodási formákra adott fajspecifikus válaszokban. A mobilis talajlakó ragadozó ízeltlábúak, mint például a futóbogarak, nem mutattak könnyen értelmezhető tömeghatást, feltehetően azért, mert a diszperzió révén gyorsan megtelepedtek, ami lehetővé tette számukra, hogy alkalmazkodjanak az erdei környezet változásaihoz. Emellett még mindig kevés információ áll rendelkezésre a funkcionális redundancia szerepéről a féltermészetes erdőkben (ELEK *et al.* 2022). Az eddigi kutatások többsége a rovarközösségek magas funkcionális diverzitás-stabilizáló funkcióját hangsúlyozta az élőhelyfoltokban, és csak kevesen keresik az ezen mintázat mögött rejlő valódi okokat (*sensu* CADOTTE *et al.* 2013). Úgy gondolom, hogy az alacsony funkcionális diverzitás a kontroll erdőállományokban (azaz a zárt erdőkben) arra utal, hogy az ökológiai niche-fogalom értelmében a rendelkezésre álló funkcionális teret már most is főként az alacsony diszperziós képességű, ragadozó, erdei specialista futóbogarak foglalják el (NOLTE *et al.* 2017). A homogén zárt erdei élőhelyek nyilvánvalóan kisebb térbeli változatossággal rendelkeznek ahhoz, hogy változatos funkcionális készségeknek adjanak otthont, így a rendelkezésre álló véges funkcionális terek jelentős hatással vannak a futóbogár-együttesek szerveződésére. Emellett a viszonylag homogén, zárt lombkoronájú erdőállományok megakadályozhatják az opportunistá futóbogárfajok megtelepedését, és biztosíthatják az erdei specialisták fennmaradását, ami a környezeti tényezők szűrő hatása révén biztosítja az erdei ökoszisztémák (funkcionális) stabilitását.

A bogarak mozgási viselkedésének hosszú távú hatásaival kapcsolatban még mindig sok az ismeretlen terület, különösen, ha a populációökológia és a metaközösségek felől közelítjük meg a kérdést. A bogarak mozgásával kapcsolatos vizsgálatok alkalmasak lehetnek annak vizsgálatára, hogy az egyes mozgásparaméterek segítenek-e a közösségi szintű struktúrák és változások megértésében (GRÜM 1971a, b). A rovar- vagy bogáregyüttesek gyakran használt jellemzői a fajösszetétel, a fajszám és az abundancia (a talajlakó ízeltlábúaknál aktivitási denzitásnak nevezik, és az aktívan mozgó és a csapdával befogott egyedek számaként határozzák meg). Ez a meghatározás már egyfajta viselkedési aspektust is magába foglal, mivel az egyedek aktivitása pozitívan korrelál a fogások számával, ami egyfajta élőhelypreferenciára, élőhelyhasználatra utal. Bár ez a feltételezés első látásra logikusnak tűnik, számos olyan eset van, amikor a helyi populációk demográfiai viszonyai, a fajspecifikus mozgási aktivitás vagy az egyéni mozgásmintázatok miatt ez a feltételezés korlátozott lehet (GRÜM 1971a, b, RŰŽIČKOVÁ *et al.* 2021). GRÜM (1971a, b) szerint az egyedek közötti aktivitásbeli különbségek az egyedek fiziológiai állapotán („táplálkozási valószínűség”) és a populáció denzitásán alapulnak. Ezek a mozgásmintázatok közötti különbségek az egyedek fiziológiai állapotából adódó viselkedési szempontokkal magyarázhatók (GRÜM 1971a, b). Az anyagcsere sebessége a populáció denzitásával hozható összefüggésbe, így a sűrű populációkban a denzitásfüggő mozgásviselkedés miatt a mozgás valószínűsége nagyobb lesz. Ez a megnövekedett mobilitás az anyagcsere megnövekedett ütemében fog megnyilvánulni. GRÜM (1971b) kimutatta, hogy az élőhelyfoltok közötti irányított, azaz migrációs mozgás jelentheti az élőhelymozaikban az egyedek közötti energiamérlegbeli különbségek kompenzálását. Azonban a megnövekedett mozgási aktivitás fokozott predációs nyomást eredmé-

nyezhet (GRÜM 1971b, ELEK *et al.* 2021), ami csökkenti a populáció sűrűségét, és hatással lehet az egyedek viselkedésére (RIECKEN & RATHS 1996). Így a ragadozót elkerülő viselkedés hatással van a mozgásaktivitás napi ritmusára (ELEK *et al.* 2021), valamint az élőhelyfoltok populációs sűrűségére. Mindezek arra utalhatnak, hogy az egyedek perspektívája a fiziológiai állapotra és a környező (mikro)környezet aktuális állapotára való reflexió megnyilvánulását jelentheti. Így az állatok környezetükkel való ilyen összetett kölcsönhatásai komplex mozgásmintázatokban tükröződhetnek, ami arra utal, hogy az egyedek válaszai döntések spektrumát tükrözi (OKUZAKI 2021, RŰŽIČKOVÁ & ELEK 2021a, b). Ezen következtetés levonásához azonban szükség van a bogarak tér-időbeli élőhelyhasználatának ismeretére, ami azt sugallja, hogy a 3D-makettek mellett más módszereket is alkalmazni kell, például a rádiótelemetriát. A prédák és ragadozók közötti kölcsönhatások változásának megértésére az egyes élőhelyeken, döntő fontosságú az élőhelyváltozásokra adott fajspecifikus válaszok jobb előrejelzése.

Köszönetnyilvánítás. Szeretném köszönetemet kifejezni azoknak a kollégáknak és szakmai szervezeteknek, akik segítettek ezen írás alapjául szolgáló kutatásokat: VIKTOR FARKAS, KOVÁCS BENCE, ÓDOR PÉTER, RIBAI ZSUZSANNA, JANA RUZICKOVÁ, VADKERTI ILDIKÓ, Nemzeti kutatásfejlesztési és Innovációs Hivatal (NKFH-K-18 128441, OTKA K 143270), Pilisi Parkerdő Zrt.

Irodalomjegyzék

- BAUHUS J., PUETTMANN K., MESSIER C. 2009. Silviculture for old-growth attributes. *Forest Ecology and Management*, 258: 525–537. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.01.053>
- BENGTSSON J., NILSSON S.G., FRANC A. & MENOZZI P. 2000. Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology and Management*, 132: 39–50. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(00\)00378-9](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00378-9)
- CADOTTE M., ALBERT C.H. & WALKER S.C. 2013. The ecology of differences: Assessing community assembly with trait and evolutionary distances. *Ecology Letters*, 16: 1234–1244. <https://doi.org/10.1111/ele.12161>
- CHRISTENSEN M. & EMBORG J. 1996. Biodiversity in natural versus managed forest in Denmark. *Forest Ecology and Management*, 85: 47–51. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(96\)03749-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(96)03749-8)
- DESENDER K., ERVYNCK A. & TACK G. 1999. Beetles diversity and historical ecology of woodlands in the Flanders. *Belgian Journal of Zoology*, 129: 139–156.
- DUFRENE M. & LEGENDRE P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345–366. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:SAASTJ\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAASTJ]2.0.CO;2)
- ELEK Z., DAUFFY-RICHARD E. & GOSSELIN F. 2010. Carabid species responses to hybrid poplar plantations in floodplains in France. *Forest Ecology and Management*, 260: 1446–1455. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.07.034>
- ELEK Z., RŰŽIČKOVÁ J. & ÓDOR P. 2021. Individual decisions drive the changes in movement patterns of ground beetles between forestry management types. *Biologia*, 76: 3287–3296. <https://doi.org/10.1007/s11756-021-00805-x>

- ELEK Z., RŰŽIČKOVÁ J. & ÓDOR P. 2022. Functional plasticity of carabids can presume better the changes in community composition than taxon-based descriptors. *Ecological Applications*, 32(1): 1–13. <https://doi.org/10.1002/eap.2460>
- EUROPEAN COMMISSION 2021. New EU Forest Strategy for 2030. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, New EU Forest Strategy for 2030: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52021DC0572> (last access: 25/05/2022).
- FYFE R.M., WOODBRIGDE J. & ROBERTS N. 2015. From Forest to Farmland: pollen-inferred land cover change across Europe using the pseudobiomization. *Global Change Biology*, 21: 1977–1212. <https://doi.org/10.1111/gcb.12776>
- GRŰM L. 1971a. Remarks on the differentiation in Carabidae mobility. *Ekologia Polska*, 19: 47–56.
- GRŰM L. 1971b. Spatial differentiation of the Carabus L. (*Carabidae*, *Coleoptera*) mobility. *Ekologia Polska*, 19: 1–34.
- HEIKKALA O., SEIBOLD S., KOIVULA M., MARTIKAINEN P., MÜLLER J., THORN S. & KOUKI J. 2016. Retention forestry and prescribed burning result in functionally different saproxylic beetle assemblages than clear-cutting. *Forest Ecology and Management*, 359: 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.09.043>
- HERMY M. & VERHEYEN K. 2007. Legacies of the past in the present-day forest biodiversity: a review of past land-use effects on forest plant species composition and diversity. In: NAKASHIZUKA T. (ed.): *Sustainability and Diversity of Forest Ecosystems*. Tokyo: Springer, pp. 361–371. https://doi.org/10.1007/978-4-431-73238-9_1
- KOIVULA M.J., VENN S., HAKOLA P. & NIEMELÄ J. 2019. Responses of boreal ground beetles (Coleoptera, Carabidae) to different logging regimes ten years post harvest. *Forest Ecology and Management*, 436: 27–38. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.12.047>
- LANGROCK R., KING R., MATTHIOPOULOS J., THOMAS L., FORTIN D. & MORALES J.M. 2012. Flexible and practical modeling of animal telemetry data: Hidden Markov models and extensions. *Ecology*, 93: 2336–2342. <https://doi.org/10.1890/11-2241.1>
- LINDENMAYER D.B., LIKENS G.E., ANDERSEN A., BOWMAN D., BULL C.M., BURNS E., DICKMAN C.R., HOFFMANN A.A., KEITH D.A., LIDDELL M.J., LOWE A.J., METCALFE D.J., PHINN S.R., RUSSELL-SMITH J., THURGATE N. & WARDLE G.M. 2012. Value of long-term ecological studies. *Austral Ecology*, 37: 745–757. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2011.02351.x>
- LÖVEI G.L. & SUNDERLAND K.D. 1996. Ecology and behaviour of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual Review of Entomology*, 41: 231–256. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.41.010196.001311>
- MAGURA T. 2017. Ignoring functional and phylogenetic features masks the edge influence on ground beetle diversity across forest-grassland gradient. *Forest Ecology and Management*, 384: 371–377. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.10.056>
- MAGURA T. & LÖVEI G.L. 2019. Environmental filtering is the main assembly rule of ground beetles in the forest and its edge but not in the adjacent grassland. *Insect Science*, 26: 154–163. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12504>
- MORI A.S. & KITAGAWA R. 2014. Retention forestry as a major paradigm for safeguarding forest biodiversity in productive landscapes: A global meta-analysis. *Biological Conservation*, 175: 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.04.016>
- MURRAY B.D., HOLLAND J.D., SUMMERVILLE K.S., DUNNING J.B., SAUNDERS M.R. & JENKINS M.A. 2017. Functional diversity response to hardwood forest management varies across taxa and spatial scales. *Ecological Applications*, 27: 1064–1081. <https://doi.org/10.1002/eap.1532>

- NEGRO M., CASALE A., MIGLIORE L., PALESTRINI C. & ROLANDO A. 2008. Habitat use and movement patterns in the endangered ground beetle species, *Carabus olympiae* (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology*, 105: 105–112. <https://doi.org/10.14411/eje.2008.015>
- NIEMELÄ J., KOIVULA M. & KOTZE D.J. 2007. The effects of forestry on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in boreal forests. *Journal of Insect Conservation*, 11: 5–18. <https://doi.org/10.1007/s10841-006-9014-0>
- NOLTE D., SCHULDT A., GOSSNER M.M., ULRICH W. & ASSMANN T. 2017. Functional traits drive ground beetle community structures in Central European forests: Implications for conservation. *Biological Conservation*, 213: 5–12. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.06.038>
- OKUZAKI Y. 2021. Effects of body size divergence on male mating tactics in the ground beetle *Carabus japonicus*. *Evolution*, 75: 2269–2285. <https://doi.org/10.1111/evo.14302>
- PAILLET Y., ARCHAUX F., DU PUY S., BOUGET C., BOULANGER V., DEBAIVE N., GILG O., GOSSELIN F. & GUILBERT E. 2018. The indicator side of tree microhabitats: A multi-taxon approach based on bats, birds and saproxylic beetles. *Journal of Applied Ecology*, 55: 2147–2159. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13181>
- POMMERENING A. & MURPHY S. T. 2004. A review of the history, definitions and methods of continuous cover forestry with special attention to afforestation and restocking. *Forestry*, 77: 27–44. <https://doi.org/10.1093/forestry/77.1.27>
- RIECKEN U. & RATHS U. 1996. Use of radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* L. *Annales Zoologici Fennici*, 33: 109–116.
- RŮŽIČKOVÁ J. & ELEK Z. 2021a. Recording fine-scale movement of ground beetles by two methods: Potentials and methodological pitfalls. *Ecology and Evolution*, 11: 8562–8572. <https://doi.org/10.1002/ece3.7670>
- RŮŽIČKOVÁ J. & ELEK Z. 2021b. Unequivocal Differences in Predation Pressure on Large Carabid Beetles between Forestry Treatments. *Diversity*, 13: 484. <https://doi.org/10.3390/d13100484>
- RŮŽIČKOVÁ J., SÁNDOR B., SZLÁKVO A. & ELEK Z. 2021. Individual movement of large carabids as a link for activity density patterns in various forestry treatments. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 67(1): 77–86. <https://doi.org/10.17109/AZH.67.1.77.2021>
- SAPIA M., LÖVEI G.L. & ELEK Z. 2006. Effects of varying sampling effort on the observed diversity of carabid (Coleoptera: Carabidae) assemblages in the Danglebe Project, Denmark. *Entomologica Fennica*, 17: 345–350. <https://doi.org/10.33338/ef.84356>
- SCHIRMEL J., BLINDOW I. & BUCHHOLZ S. 2012. Life-history trait and functional diversity patterns of ground beetles and spiders along a coastal heathland successional gradient. *Basic and Applied Ecology*, 13: 606–614. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2012.08.015>
- THIELE H.U. 1977. *Carabid Beetles in Their Environments*. New York: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-81154-8>
- VANBERGEN A.J., WOODCOCK B.A., WATT A.D. & NIEMELÄ J. 2005. Effect of land-use heterogeneity on carabid communities at the landscape scale. *Ecography*, 28: 3–16. <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2005.03991.x>
- WOOTTON J.T. 1998. Effects of disturbance on species diversity: a multitrophic perspective. *The American Naturalist*, 152: 803–825. <https://doi.org/10.1086/286210>
- YAMANAKA S., YAMAURA Y., SAYAMA K., SATO S. & OZAKI K. 2021. Effects of dispersed broad-leaved and aggregated conifer tree retention on ground beetles in conifer plantations. *Forest Ecology and Management*, 489: 119073. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119073>

Beetles in the forest: long-term effects of habitat change on the structure of ground beetle assemblages, from community level to individual behaviour²

ZOLTÁN ELEK

Department of Biostatistics, University of Veterinary Medicine Budapest, 1078 Budapest, István utca 2., Hungary
E-mail: elek.zoltan@univet.hu

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 123–135.

Abstract. In a long-term study (2014–2018), I assessed the effects of four forest management treatments [clear-cutting area, retention tree group, preparation cutting (elements of the cutting regime) and gap-cutting (intervention of the evergreen forest regime)] on the structure of the ground beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae), based on taxon-based and functional diversity metrics, relative to untreated control stands. I also combined this research with tracking individual movement patterns to address the behavioural aspect of habitat use. I confirmed that the functional redundancy of the forest specialist gerbil community is a good characterization of the naturalness of forest stands, and that this group is also sensitive to changes in canopy closure. This approach can help to identify forest management strategies that can contribute to sustainable forest management.

Keywords: individual behaviour, sustainable forest management, community structure; Carabidae

Accepted: 17.11.2024

Published online: 29.11.2024

² Short outline of DSc dissertation (defended in 2023). The complete work can be accessed: <https://real-d.mtak.hu/1478/>

Skála – mintázat – élőhelyválasztás – életmenet: a szárazföldi ászkarákok (Isopoda, Oniscidea) ökológiája¹

HORNUNG ERZSÉBET

Állatorvostudományi Egyetem, Zoológiai Tanszék, 1077 Budapest, István utca 2.
E-mail: hornung.erszebet@univet.hu

Kivonat. Az ászkarákok (Isopoda) Oniscidea alrendjének fajai a szárazföldi élőhelyek legsikeresebb meghódítói a rákok osztályán belül. A szárazföldi adaptáció kiváló modelljei. Funkcionálisan a talaj-ökoszisztéma lebontó szervezetei. Az MTA doktori disszertációban összefoglalt legfontosabb eredmények és következtetések: A fajok eloszlásában – különböző skálákon, különböző háttér okok miatt kialakult – törvényszerűségek ismerhetők fel. Európában létezik egy latitudinális trend, amely a Mediterráneumtól északi irányba csökkenő fajszámot, a fajok életföldrajzi/ökológiai jellegének változását jelenti. A mediterrán régiókban a fajszám és az endemitás foka magas. Egy földrajzi régió élőhelyeinek jellege meghatározó annak fajgazdagságára, a fajok természetességére. A fajok és a közösségek minősítésére alkalmazható indexekkel bővítettük a fajgazdagsági és diverzitás indexek értelmezhetőségét. Egy élőhely és ászkafaunája között szoros összefüggés van. A fajok minősíthetőek élőhelyük, ökológiai igényeik és toleranciájuk alapján, ill. fordítva: egy habitat természetessége, zavartsága megítélhető az ott élő fajok alapján. A fajok terjedésében nagy szerepe van az emberi tevékenységnek. A behurcolt fajok megtelepedése a városokban rendszeres és meghatározó, biotikus homogenizációt előidézve. A fajok morfológiai jellege és ökológiai igényei között összefüggés áll fenn. A populációk intra- és interspecifikus dinamikája eltér életmenet stratégiájukban. A kulcs környezeti tényezők meghatározóak az aktivitási denzitás időbeni alakulására. A nőstény méret – utódszám szoros korrelációban van, a fekunditás időben a nőstény méretétől függetlenül csökken.

Kulcsszavak: eloszlási mintázat, tűrőképesség, természetesség, adaptáció, urbanizáció, homogenizáció, jellegek

Elfogadva: 2024.11.17.

Elektronikusan megjelent: 2024.11.29.

¹Akadémiai nagydoktori mű rövid ismertetése (védés éve: 2021). A teljes disszertáció elérése: <https://real-d.mtak.hu/1255/>

Bevezetés

Az ászkarákok Oniscidea alrendjének vizsgálata sok kérdést és kutatási lehetőséget felvet. A taxonhoz tartozó fajok a szárazföldi élőhelyek legsikeresebb meghódítói a rákok osztályán belül, így kiváló modellállatok a teresztrializáció megoldási lehetőségeinek, lépéseinek tanulmányozására, mind morfológiai, fiziológiai, mind ökológiai, funkcionális szempontokból (HORNUNG 2011).

Ökológiai igényeik szerint a szárazföldi ászkarákok meglepően sokfélék. Életerük a tengerek parti régiójától a szárazföld legtöbb élőhely típusáig terjed, sőt, több genus fajai a sivatagi körülményekhez is alkalmazkodtak, vagy éppen másodlagosan újra vízi (édesvízi) életmódra tértek át.

Az adaptáció lehetséges eltérő trendjeit felismerhetjük a ma élő fajokon. Ezek közül talán a legáltalánosabb jellemző minden fajnál a szaporodás időszakában megjelenő, az utódok fejlődéséhez elengedhetetlenül szükséges, „vízi” körülményeket biztosító költőtáska (marsupium), amely már a tengerieknél is jelen van. Hasonló célú alkalmazkodást jelent például a szárazföldi légzést lehetővé tevő, fehérszervnek is nevezett pszeudotrachea, és a kültakaró, a kutikula morfológiája. A szárazföldi ászkarákok viselkedésbeni adaptációinak sokszínű megoldásai segíti a szárazföldi létet. Köztük a populációs szinten jellemző napszakos, évszakos aktivitási mintázat, amelynek ritmusával követik a számukra fontos környezeti tényezők változásait. E tényezők közül kulcsfontosságú a víz valamilyen formájú jelenléte. Élőhelyük megválasztásában, „elviselésében” döntő fontosságú a mikrokörnyezetükben uralkodó páratartalom. Fiziológiai okokból (vízvesztés veszélye) főként éjszaka aktív állatok (WALLWORK 1970). Változatos életmenetük evolúciós stációjukkal, a szárazföldi viszonyokhoz való morfológiai, fiziológiai adaptáció fokával függ össze (WARBURG 1993).

A szárazföldi ászkarákok funkcionálisan is fontos guild. A teresztris életközösségeken belül a talaj ökoszisztémájának lebontó szervezetei (HASSALL *et al.* 1987). Valójában mindenevők, amelyek elsősorban elhalt növényi, olykor állati szervesanyaggal, gyakran gombákkal, baktérium bevonatokkal táplálkoznak, vagy éppen magevők, azaz tág értelemben vett predátorok (EDNEY *et al.* 1974, PARIS & SIKORA 1967, POBOZSNY 1978, RABATIN & STINNER 1989, SASKA 2008, SZLÁVECZ 1993). Tevékenységükkel az anyag körforgásában fontos láncszemet jelentenek („transformers”): részt vesznek az elhalt szervesanyag feltárásában, felaprításában („shredders”), és így felületének növelésében, hozzáférhetővé téve azt más lebontó organizmusok számára (pl. Collembola, Acarida, alsóbbrendű gombák, baktériumok). Van olyan tanulmány, miszerint elsősorban a bomló levelek gombabevonatát fogyasztják (GUNNARSON & TUNLID 1987), és ezáltal ürülékükkel terjesztik azok spóráit, elősegítve a gombák, így a mikorrhiza kolonizációját is (BRERETON 1957, RABATIN & STINNER 1989). Saját és más egyedek ürülékét is fogyasztják (PARIS 1963, HASSALL & RUSHTON 1982, HASSALL *et al.* 1987). Ennek jelentősége egyrészt a fecéssel kiürült létfontosságú réz (Cu) visszanyerése (HASSALL & RUSHTON 1982), a juvenilek esetében a közepbéli mirigyük (hepatopancreas) szimbionta baktériumainak felvétele (WANG *et al.* 2007), ill. a nőtények reprodukciós szinkronizációja (LEFEBVRE 2002) az ürülék ecdysteroid összetevői által. Ezek a vedlést, ill. a nőtényekben az ováriumban lezajló vitellogenezis utolsó fázisát befolyásolják (CAUBET *et al.* 1998).

Célkitűzések és kutatási kérdések

Az itt vázlatosan ismertetett disszertáció fő vezérfonala a különböző skálákon leírható mintázatok, az ezek mögött feltételezhető háttérmechanizmusok, a fajok/populációk eloszlása és egyes életmenet-jellemzők, stratégiák – elsősorban a szaporodás, ökológiai tolerancia, ökomorfológia – közötti összefüggések lehetséges feltárása, közvetlen vagy közvetett bizonyítása.

A cím kulcsszavai (skála, mintázat, élőhelyválasztás, életmenet) sokrétűen áthatják egymást. Egészen más eredményt kapunk, ha pl. a fajok/populációk/egyedek eloszlását vizsgáljuk a különböző geográfiai skálákon. Azaz minden eloszlást érintő kérdéshez megvan az ahhoz adekvát skála: populáció együttesek, vagy a populáció egyedeinek eloszlásához a habitatszintű, vagy azon belüli (mezo-, mikrohabitat) lépték, míg a fajok eloszlását az élőhely szint feletti nagyobb, regionális, vagy éppen biogeográfiai skálán van értelme elemezni (HORNUNG & WARBURG 1995, SFENTHOURAKIS & HORNUNG 2018). Bármely skálájú eloszlási mintázat mögött meg lehet találni azt a preferencia – tolerancia tartományt, és az azt magyarázó fiziológiai, ökomorfológiai adaptációt, amely ezt a tartományt behatárolja (CSONKA *et al.* 2012, 2013, 2018).

Feltehetően a funkció is skálázható: az átfogó „litter transformer”, „shredder”, szaprofita, dekomponáló, lebontó elnevezések mögött finomabb forrásfelosztás áll, függően az egyes taxonok és azokon belül a fajok mikro/mezo-élőhely adta lehetőségeitől, morfológiai adottságaitól.

A disszertációban célom volt a szárazföldi ászkarákokon (Oniscidea), mint modelltaxonon bemutatni

- a különböző skálákhoz tartozó eloszlásmintázatot;
- a fajok elterjedését, élőhelyválasztását alapul véve megvizsgálni felhasználhatóságukat fajok, élőhelyek minősítésére, természetvédelmi alkalmazhatóságukra;
- esettanulmányokon keresztül meghatározni az urbanizáció hatására megnyilvánuló általánosítható trendeket;
- ökomorfológiai jellegek és a faji populációk tolerancia tartománya, stressztűrése közti összefüggéseket;
- szemléltetni, hogy az egyes életmenet-komponensek – kiemelten a szaporodási jellemzők – befolyásolják az ászkarákfajok populációinak élőhelyszintű „sorsát”, ami a fajok megjelenésének hátterében áll. Mindez hogyan alakul egy együttes/közösség szintjén, hogyan kerülhetik el a térben, időben együtt élő populációk a forrásokért való kompetíciót.

Fő kérdéscsoportok az egyes fejezetekhez (1. ábra)

1. Mintázat különböző léptékben

1.1. Az *Oniscidea* taxon geográfiai mintázata (LDG – Latitudinal Diversity Gradient): a fajok európai eloszlása

Miként alakul az Oniscidea-fajgazdagság és annak térbeli mintázata Európán belül, mekkora az Oniscidea-faunák hasonlósága régiók, országok szintjén?

Milyen a régiónkénti/országonkénti faunák összetétele állatföldrajzi kategóriák szerint; található-e trend a fajok, ill. állatföldrajzi jellegük szerint azok európai eloszlásában; található-e diverzitási „hot-spot”-ok, és ha igen, hol?

Megjósolható-e valamilyen trend az eloszlás mintázatban a klímaváltozás és az urbanizáció várható hatásaként?

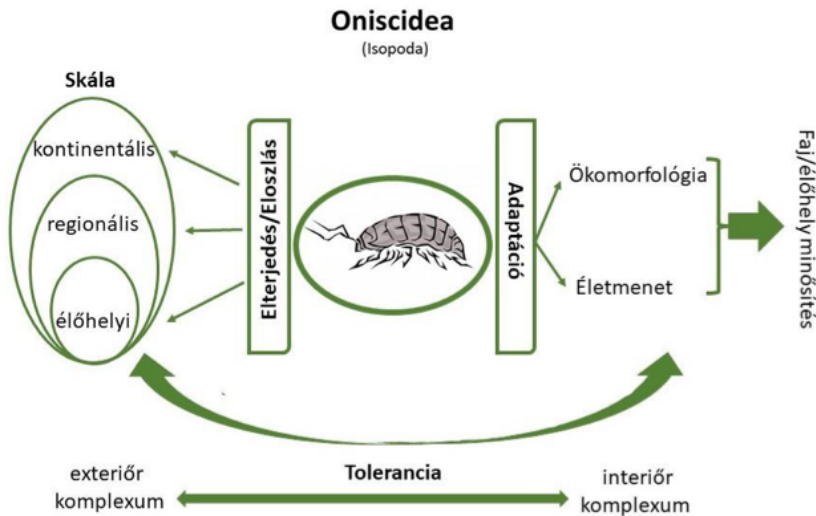
1.2. *Regionális fajgazdagság (Magyarország: Dunántúl)*

A nagyobb tájegységek skáláján kimutatható-e fajgazdagság-, fajösszetétel-beli, ill. életföldrajzi különbözőség, ill. hogyan oszlik meg a fajgazdagság (α -diverzitás) az élőhelytípusok összehasonlítása (β -diverzitás) szintjén?

1.3. *Habitatszintű és habitaton belüli fajeloszlás (habitat – mezohabitat – mikrohabitat)*

Milyen az élőhelyek fajgazdagsága („species richness”), valamint a fajok és abundanciájuk (dominancia viszonyaik) térbeli eloszlása különböző, habitat és azon belüli skálákon (mezo-, mikrohabitat)?

A fajok térbeli eloszlása és a környezeti háttértényezők kapcsolata: mely környezeti változók befolyásolják leginkább az ászkaegyüttesek diverzitását, térbeli mintázatát, az ászkaegyüttesek összetételét, a fajok dominancia-viszonyait?



1. ábra. A dolgozat felépítése, az egyes fejezetek témáinak kapcsolódásai (az összes ábra a disszertációból származik; <https://real-d.mtak.hu/1255/>)

Figure 1. The structure of the thesis, the connections between the topics of each chapter (all figures come from the dissertation; <https://real-d.mtak.hu/1255/>)

2. Élőhelyválasztás – faj- és élőhelyminősítés – elterjedés – sikeres megtelepedés

2.1. Fajok és élőhelyek természetességi minősíthetősége

Lehetséges-e a fajok pontokban/indexekben kifejezhető természetességi minősítése élőhelyválasztásuk alapján, és ezek felhasználhatóak-e az egyes élőhelyek zavartsága/degradáltsága – természetessége minősítésére?

2.2 Antropogén hatások – behurcolás, sikeres megtelepedés

Mely életmenet jellemzők dominálnak a sikeresen terjedő/megtelepedő fajoknál? Milyen antropogén tényezők segíthetik a terjedésüket?

Hogyan viszonyul Budapest faunája az országos adatokhoz, ill. Budapesten belül a Duna által elválasztott, földrajzilag/biogeográfaiilag különböző két városrész a fajszám, a fajegyüttesek minőségi összetétele szempontjából?

3. Ökomorfológia – életmenet – szaporodási stratégia – tolerancia – mintázat

3.1. A hazai fajok ökomorfológiai tipizálása (ÖMT)

Hogyan értékelhető Magyarország ismert Oniscidea-faunájának összetétele ökomorfológiai típusok alapján, ill. összefüggésbe hozható-e az ökomorfológiai jellegek a fajok habitat-, mezohabitat-választásával?

Lehet-e magyarországi esettanulmányok ászka-együtteseinek alapján következtetéseket levonni a fajok élőhelyen belüli, ökomorfológiai, életmenet-stratégia szerinti megjelenésére, eloszlására?

3.2. Életmenet – Populációdinamikai történések a szaporodási jellemzők, stratégiák nézőpontjából

Van-e időbeni mintázat a szümpatrikusan élő abundáns fajok felszíni aktivitásában, valamint a szaporodás időzítésében, és az hogyan hozható össze az abiotikus környezeti tényezőkkel? [Pl. a talaj jellemzői, hőmérséklet, ill. a nedvességviszonyok (talajnedvesség, levegő relatív páratartalma) alakulásával.]

Megfigyelhető-e időbeli különbség a szümpatrikus helyzetű abundáns fajok különböző ivarú egyedeinek felszíni aktivitásában?

Mi jellemző az abundáns fajok szaporodási időszakára? Különbözik-e azok szaporodási időszaka (fekunditási időszak kezdete és hossza) időben, intenzitásban?

3.3. Adaptációk

Van-e különbség a vizsgált fajok kultakarójának szerkezetében, annak vastagságában (interspecifikus összehasonlítás), ill. felszíni morfológiájában, és különbözik-e a filogenetikailag közeli rokon, egy genusba (*Armadillidium*) tartozó fajok tergítvastagsága és morfológiája (intragenerikus összehasonlítás)?

A vizsgált fajok milyen típusú és felépítésű légzőszervvel rendelkeznek? Megjelennek-e különbségek a pszeudotrachea belső szerkezetében a különböző (mikro-/mezo-) élőhelyigényű,

ökomorfológiai típusú fajoknál? A légzőhám felületét összehasonlítva van-e kvalitatív/kvantitatív különbség, ill. felállítható-e valamilyen trend a fajok között?

A vízvesztésből adódó tömegvesztésben és a halálzási arányban fellelhetők-e faji különbségek? Összefüggésben áll-e a kiszáradás türése az exoskeleton vastagságával és a tergít felszíni morfológiájával, a légzőszerv jellemzőivel?

Módszerek

Adatgyűjtési módszerek (terep, labor)

A fajok európai eloszlási adatai, valamint az elérhető országonkénti fajgazdagság adatok internetes adatbázisokból valamint publikációkból, személyes közlésekből származnak.

Elektronikus adatbázist állítottunk össze (fajok, biogeográfiai eloszlási típusaik, habitat-típusaik, környezeti háttérváltozók, UTM-előfordulás, előfordulási gyakoriság, ökomorfológiai típus = ÖMT); az adatokat felhasználtuk a fajsztű pontozási rendszerhez (TINI = „Terrestrial Isopod Naturalness Index”), és az együttesek/közösségek jellemzésére szolgáló ritkaságalapú indexekhez (pl. ARI = Average Rarity Index).

A dunántúli élőhely szintű alapadatok összeállítása háttér- és Oniscidea-faunaösszetétel alapján publikált adatok, saját felmérések, gyűjtések alapján történt. A populációdinamikai adatok saját gyűjtésekből (szezonális talajcsapdázás) származnak.

Feldolgozási módszerek (labor)

Faji szintű határozás, populációdinamikai adatok (gyűjtési periódusonkénti egyedszám, ivarány, reprodukciós állapot, potenciális utódszám), morfológiai jellegek (fejszélesség, testhossz), mérések (ImageJ program), hisztológiai módszerek (fixálás, PAS-, H-E-festés), fénymikroszkópos, pásztázó elektronmikroszkópos módszerek.

Értékelési módszerek

Az idők során a legkülönbözőbb elérhető számítógépes programokat használtuk az eredmények értékelésére az egyszerű, leíró statisztikáktól a sokváltozós modellekig. Felsorolás szintjén: általános lineáris modellek (GLM) (R program, [http1](http://)); hierarchikus cluster analízis (SynTax program, [http2](http://)); „maximum difference barriers” analízis (Barrier program, MONMONIER 2010); sokváltozós regressziós fa (MRT = multivariate regression tree) -analízis; IndVal analízis, diverzitás mutatók (rang-abundancia görbék, Shannon H-, Shannon J-, Simpson-, Berger–Parker-indexek, Rényi-diverzitásprofilok. Sokváltozós statisztikai módszerek (főkomponens-analízis = PCA, redundancia-analízis = RDA).

MEFA ([http3](http://)), MVPART add-on, Vegan szoftvercsomagot (DE'ATH, 2002), valamint R (2006) szoftvert és programozó környezetet használtunk.

Eredmények és következtetések

1. Mintázat különböző léptékekben

1.1. Globális skála (Európa példáján)

Megállapítottuk, hogy az Oniscidea taxon európai eloszlásában felismerhető egy latitudinális eloszlási mintázat. Ez a Mediterráneumtól északi irányba haladva csökkenő fajszámot, és a fajok életföldrajzi/ökológiai jellegének változását jelenti. A mediterrán régiókban a fajszám és az endemitás foka magas, ami az ott történő speciációra, ill. a jégkorszaki refugiumterületekre utal. A latitudinális fajgazdagsági grádiens a családok szintjén is következetes, fokozatos csökkenést mutat észak felé minden nagyobb család esetén. Hasonló trendet ismertünk fel a nyugat-európai, atlanti hatás alatt álló területek és a keleti, száraz, sztyepphatás alatt álló régiók között tekintet nélkül a fajok taxonómiai hovatartozására.

Biogeográfiai szempontból is felállítható egy latitudinális grádiens: a Mediterráneum faunája elkülönül, míg az ezen kívüli európai területeken a kelet-nyugati irányú különbség is kimutatható volt. Az Alpok, Kárpátok vonalától északra nem találunk endemikus taxont. Ehelyett a széles elterjedésű európai fajok az uralkodók, ill. megjelennek a behurcolt, főként szünantróp fajok, amelyek aránya észak felé nő. A fajok terjedésének további alakulását a klímaváltozás függvényében első fokon azok fiziológiai határai szabhatják meg (SFENTHOURAKIS & HORNUNG 2018). A mintázat mögött álló magyarázó tényezők, evolúciós, valamint történeti, szétterjedési és antropogén terjesztési okokkal magyarázhatók.

1.2. Regionális fajgazdagság (Magyarország: Dunántúl)

Bebizonyítottuk, hogy egy földrajzi régió belül (Magyarország: Dunántúl és Budapest agglomerátuma) az élőhelyek jellege (vegetáció, nedvességviszonyok, zavartság, antropogén hatás) meghatározó a habitatok fajgazdagságára, a közösségek fajösszetételének természetességére. Ehhez létrehoztunk egy adatlapot (SÓLYMOS *et al.* 2008). Eredményeinkkel igazoltuk, hogy a fajok előfordulási adatai és az élőhelyi kategóriák adatbázisa megfelelő térinformatikai, ökológiai háttérváltozókkal kapcsolatban biztos alapul szolgálhat a biogeográfiai, konzervációbiológiai és ökológiai kérdéseket felvető elemzésekhez (HORNUNG *et al.* 2008).

1.3. Habitatszintű és habitaton belüli fajeloszlás (habitat – mezohabitat – mikrohabitat)

Megállapítottuk, és esettanulmányokon keresztül bizonyítottuk, hogy Oniscidea-közösségeink élőhelyen belüli finomabb skálán (mezo-, mikro-) is reflektálnak a háttérváltozók heterogenitására, ami mögött faji szintű tolerancia-preferencia és életmenet-jellemzők állnak (CSONKA *et al.* 2012, 2013, 2018).

2. Élőhelyválasztás – faj- és élőhelyminősítés – elterjedés – sikeres megtelepedés

2.1. Faj- és élőhelyminősítés

A magyar Oniscidea-fauna tagjait azok eloszlási adatai (globális, regionális elterjedés) és habitatpreferenciájuk alapján jellemeztük, fajminősítési pontrendszerrel és indexeket dolgoztunk ki: fajok (természetességi index = TINI – Terrestrial Isopod Naturalness Index).

A fajok TINI-indexére alapozva – az egyes fajok jelenlétét, gyakoriságát felhasználva – a közösségek minősítésére, azaz az élőhelyek természetességi állapotának értékelésére alkalmas indexeket dolgoztunk ki (ritkasági index = ARI – Average Rarity Index). Így az eddig használatos fajgazdagsági és diverzitás-indexek értelmezhetőségét kibővítettük egy természetességet/zavartságot jelző aspektussal, ami használható élőhelyek természetvédelmi minősítésére, monitorozására (HORNUNG *et al.* 2007).

2.2. Antropogén hatások, urbanizáció – behurcolás, sikeres megtelepedés

Az urbanizációval járó, és a biodiverzitást veszélyeztető egyik legnagyobb hatás a biotikus homogenizáció, ami a városok talajfaunájának globális léptékű konvergenciájával jár. Több város példáján bemutattuk, hogy a közös, homogenizáló fajok részaránya rendszerint meghaladja a lokális fauna 50%-át. Az urbanizáció következményeként a nagyvárosok faunája világszerte homogenizálódik taxonómiai és/vagy életmenet-stratégia tekintetében (SZLAVECZ *et al.* 2018). A behurcolt fajok megtelepedése a városokban rendszeres és meghatározó, míg természetes közösségekben nem mutatható ki. Budapest esetében bizonyítottuk, hogy a budai magánkertek és a botanikus kertek kiemelkedő fontosságú behurcolási gócpontoknak tekinthetők, valamint, hogy a budapesti élőhelyek ászkafaunájának minőségi összetétele negatív összefüggésben van az urbanizáció fokával (UI = urbanizációs index) (VILISICS & HORNUNG 2008, 2009, SERESS *et al.* 2014). Kimutattuk, hogy Budapesten mind a budai, mind a pesti oldalon a fajegyüttesek természetességi mutatója az urbanizáció növekedésével csökken.

3. Ökomorfológia – életmenet – szaporodási stratégia – toleranciamintázat

3.1. Ökomorfológiai jellegek

SCHMALFUSS (1984) felosztása alapján besoroltuk a magyar Oniscidea-fauna tagjait (HORNUNG *et al.* 2007). Az összesen 6 ismert típusból a Magyarországon előforduló fajok öt formába sorolhatók.

Példa-genusok az egyes hazai típusokra:

A) futó („runner” = Ru) pl. *Hyloniscus*, *Ligidium*;

B) tapadó („clinger” = Cl) pl. *Porcellium*, *Porcellio*, *Orthomethopon*;

C) gömbölyödő („roller” = Ro) pl. *Armadillidiidae*, *Cylisticus*, *Reductoniscus*;

D) nonkonformista („non-conformist” = Nc) pl. *Platyarthus*;

E) beásó („creeper” = Cr) pl. *Androniscus*, *Haplophthalmus*.

[A hiányzó „tüskés” típust („spiny form”) trópusi klímaterületek habitataiban, erdők aljnövényzetében élő taxonok képviselői jelentik.]

Az ászkarák-együtteseinkben általában a „futó”, a „tapadó” és a „gömbölyödő” ökomorfológiai típusok a dominánsak, ami megfelel a mérsékelt övi klímaterület általános képének. A magyarországi fajok élőhelytípusok zavartsági foka szerinti felosztásban kiugróan magas értéket mutat a „futó” típus természetközeli erdős területeken, míg az „ásó” kategóriába tartozók alulreprezentáltak az agrárterületeken és a természetközeli nyílt élőhelyeken.

3.2. *Életmenet-stratégia*

A populációk dinamikájának finom skálájú fajon belüli és fajok közötti összehasonlítása alapján kimutattuk azok eltéréseit életmenet-stratégiájukban (pl. ivararány, szaporodás időzítése) szümpatrikus helyzetekben (is).

Bizonyítottuk az alapvető környezeti tényezők (talajhőmérséklet, -nedvesség) meghatározó hatását az aktivitási denzitás időbeni alakulásában. Ezek a különbségek lehetőséget adnak a fajok kompetíció nélküli együttélésére.

Igazoltuk a nőstény méret – utódszám szoros korrelációját (HORNUNG *et al.* 2015), valamint azt az új felismerést, hogy egy populáción belül időben (az idő szezonális előrehaladtával, a kedvezőtlen mikroklimatikus változásokkal) a nőstény méretétől függetlenül csökken a fekunditás.

A fajok kis- és nagyskálájú összehasonlítására bevezettük a „reprodukción potenciál” indexét.

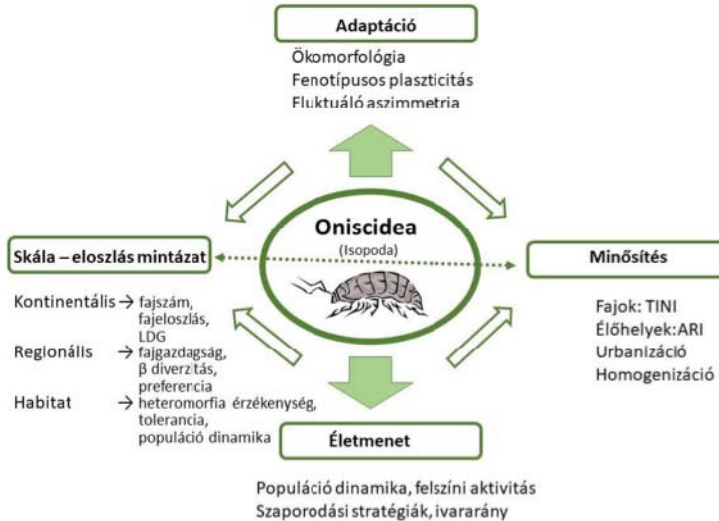
3.3. *Adaptációs lehetőségek*

A kültakaró és a légzőszerv példáján számos fajon bemutattuk és igazoltuk a fajok morfológiai jellege és ökológiai igényei közötti szoros összefüggést, ami a szárazföldi élőhelyekhez való alkalmazkodás evolúciós folyamatának eredményeként alakulhatott ki.

Kiemelten foglalkoztunk a fajok kiszáradástűrésével, ami összefüggésbe hozható élőhely-preferenciájukkal, elterjedtségükkel („Trait-based ecology”). A pszeudotrachea légzőfelszínének objektív morfológiai méréséhez új módszert dolgoztunk ki. A morfológiai jellegek és a kiszáradástűrés összevetésével megállapítottuk, hogy a fajok eltérő mezo- és mikro-élőhely-preferenciája mögött igazolható morfológiai jellegek (kutikulavastagság, felszíni struktúrák, pszeudotrachea-szerkezet) és élettani (kiszáradástűrés) különbségek állnak; mindez összefüggésbe hozható az ökomorfológiai típussal, az endo-, epigeikus életmóddal; a nagyobb testtömeg és a vastagabb kültakaró szignifikánsan csökkenti a vízvesztés mértékét (CSONKA *et al.* 2018). A talajnedvesség meghatározza a fajok előfordulását a kiszáradástoleranciát meghatározó jellegeken keresztül. Azaz a funkcionális jellegek általánosan használhatók az ászkaegyüttesek összetételének prediktálására a terepi nedvességviszonyok ismeretében.

Összefoglalás

Elmondható, hogy a szárazföldi ászkarák (Isopoda, Oniscidea) fajai kiváló modellként szolgálhatnak a terasztrializáció lehetséges morfológiai, fiziológiai, ökológiai és viselkedésökológiai megoldásainak vizsgálatára és bemutatására a gerinctelenek körében. Emellett helyhűségük, gyakran egyszerű kezelhetőségük, elterjedtségük okán indikátorokként felhasználhatók akár a gyakorlati természetvédelemben is (2. ábra).



2. ábra. A disszertáció eredményeinek összefoglalása és a témák kapcsolódásai
Figure 2. Summary of the results of the dissertation and the connections between the topics

Irodalomjegyzék

- BRERETON J.L.G. 1957. The distribution of woodland isopods. *Oikos*, 8: 85–106. <https://doi.org/10.2307/3564994>
- CAUBET Y., JUCHAULT P. & MOCQUARD J-P. 1998. Biotic triggers of female reproduction in the terrestrial isopod *Armadillidium vulgare* Latr. (Crustacea Oniscidea). *Ethology, Ecology & Evolution*, 10: 209–226. <https://doi.org/10.1080/08927014.1998.9522853>
- CSONKA D., HALASY K., MRAK P., ŠTRUS J. & HORNUNG E. 2012. Armadillidium-fajok (Isopoda: Oniscidea) élőhelyi adaptációjának morfológiai háttere. *Természetvédelmi Közlemények*, 18: 115–126.
- CSONKA D., HALASY K., SZABÓ P., MRAK P., ŠTRUS J. & HORNUNG E. 2013. Eco-morphological studies on pleopodal lungs and cuticles in *Armadillidium* species (Crustacea, Isopoda, Oniscidea). *Arthropod Structure & Development*, 42(3): 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.asd.2013.01.002>
- CSONKA D., HALASY K., BUCZKÓ K. & HORNUNG E. 2018. Morphological traits - desiccation tolerance – habitat characteristics: a possible key for distribution in woodlice (Isopoda: Oniscidea). *Zookeys*, 801: 481–499. <https://doi.org/10.3897/zookeys.801.23088>
- DE'ATH G. 2002. Multivariate regression trees: a new technique for modeling species-environment relationships. *Ecology* 83: 1105–1117. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2002\)083\[1105:MRTANT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2002)083[1105:MRTANT]2.0.CO;2)
- EDNEY E.B., ALLEN W. & MCFARLANE J. 1974. Predation by terrestrial isopods. *Ecology*, 55: 428–433. <https://doi.org/10.2307/1935231>

- GUNNARSON T. & TUNLID A. 1987. Recycling of fecal pellets in isopods: microorganisms and nitrogen compounds as potential food for coprophagous *Oniscus asellus* L. In: STRIGANOVA B.R. (ed.): *Soil Fauna and Soil Fertility. Proc. 9th Int. Coll. on Soil Zoology, Moscow*, 1985. Nauka, Moscow, p. 71.
- HASSALL M. & RUSHTON S.P. 1982. The role of coprophagy in the feeding strategies of terrestrial isopods. *Oecologia* (Berl), 53: 374–381. <https://doi.org/10.1007/BF00389017>
- HASSALL M., TURNER J.G. & RANDS M.R.W. 1987. Effects of terrestrial isopods on the decomposition of woodland leaf litter. *Oecologia*, 72: 597–604. <https://doi.org/10.1007/BF00378988>
- HORNUNG E. 2011. Evolutionary adaptation of oniscidean isopods to terrestrial life: Structural – physiological – behavioural aspects. *Terrestrial Arthropod Reviews*, 4(2): 95–130. <https://doi.org/10.1163/187498311X576262>
- HORNUNG E. 2020. *Skála – mintázat – élőhelyválasztás – életmenet: a szárazföldi ászkarák (Isopoda, Oniscidea) ökológiája*. Akadémiai nagydoktori mű, Állatorvostudományi Egyetem, 155 pp. <https://real-d.mtak.hu/1255/>
- HORNUNG E. & WARBURG M.R. 1995. Isopod distribution at different scaling levels. In: ALIKHAN M.A. (ed.) *Terrestrial isopod biology Crustacean Issues 9*, Balkema Publ., Rotterdam, pp. 83–95.
- HORNUNG E., VILISICS F. & SZLÁVEZ K. 2007. Szárazföldi ászkarák (Isopoda, Oniscidea) fajok tipizálása hazai előfordulási adatok alapján (különös tekintettel a sikeres megtelepedőkre). *Természetvédelmi Közlemények*, 13: 47–57.
- HORNUNG E., VILISICS F. & SÓLYMOS P. 2008. Low alpha and high beta diversity in terrestrial isopod assemblages in the Transdanubian region of Hungary. In ZIMMER M., CHARFI-CHEIKHROUHA & TAITI S. (eds): *Proceedings of the International Symposium of Terrestrial Isopod Biology, ISTIB-7*. Shaker Verlag, Aachen, Germany, pp. 1–12.
- http1: <https://www.r-project.org>: R: The R Project for Statistical Computing – utolsó elérés 2024. 11. 24. – utolsó elérés: 2024. 11. 24.
- http2: <https://podani.web.elte.hu/SYN2000.html> – utolsó elérés: 2024. 11. 24.
- http3: <http://mfa.r-forge.r-project.org> – utolsó elérés: 2024. 11. 24.
- LEFEBVRE F. 2002. *Stratégies de reproduction chez les crustacés Isopodes terrestres*. Rapport de thèse. Université de Poitiers. 161 pp.
- MONMONIER M. 2010. Maximum-Difference Barriers: An Alternative Numerical Regionalization Method. *Geographical Analysis*, 5(3): 245–261. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1973.tb01011.x>
- PARIS O.H. 1963. The ecology of *Armadillidium vulgare* (Isopoda: Oniscoidea) in California grassland: food, enemies and weather. *Ecological Monograph*, 33: 1–22. <https://doi.org/10.2307/1948475>
- PARIS O.H. & SIKORA A. 1967. Radiotracer analysis of the trophic dynamics of natural isopod populations. In: PETRUSEWICZ K. (ed.): *Secondary productivity of terrestrial ecosystems (principles and methods), vol. II*. Institute of Ecology, Polish Academy of Sciences, Warsaw, pp 741–771.
- POBOZSNY M. 1978. Nahrungsansprüche einiger Diplopoden- und Isopoden-Arten in mesophilen Laubwäldern Ungarns. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 24: 397–406.
- RABATIN S.C. & STINNER B.R. 1989. The Significance of Vesicular–Arbuscular Mycorrhizal Fungal–Soil Macroinvertebrate Interactions in Agroecosystems. *Agriculture, ecosystems & environment*, 27(1–4): 195–204. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(89\)90085-6](https://doi.org/10.1016/0167-8809(89)90085-6)
- SASKA P. 2008. Granivory in terrestrial isopods. *Ecological Entomology*, 33(6): 742–747. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2008.01026.x>

- SCHMALFUSS H. 1984. Eco-morphological strategies in terrestrial isopods. *The Biology of Terrestrial Isopods. Symposia of Zoological Society London*, 53: 49–63.
- SFENTHOURAKIS S. & HORNUNG E. 2018. Isopod distribution and climate change. *ZooKeys* 801: 25–61. <https://doi.org/10.3897/zookeys.801.23533>
- SÓLYMOS P., VILISICS F. & HORNUNG E. 2008. Terepi adatlap a hazai epigeikus makrogerinctelenek elterjedésének és élőhelyi preferenciájának vizsgálatára. *Allattani Közlemények*, 98(2): 39–46.
- SZLAVECZ K. 1993. Needle litter consumption by two terrestrial isopods, *Protracheoniscus amoenus* (C.L.Koch), and *Cylisticus convexus* (de Geer) (Isopoda, Oniscidea). *Pedobiologia*, 37: 57–64. [https://doi.org/10.1016/S0031-4056\(24\)00086-6](https://doi.org/10.1016/S0031-4056(24)00086-6)
- SZLAVECZ K., VILISICS F., TÓTH Z. & HORNUNG E. 2018. Terrestrial isopods in urban environments: an overview. *ZooKeys*, 801: 97–126. <https://doi.org/10.3897/zookeys.801.29580>
- VILISICS F. & HORNUNG E. 2008. A budapesti szárazföldi ászkará fauna (Isopoda: Oniscidea) kvalitatív osztályozása. *Allattani Közlemények*, 93(2): 3–16. <https://doi.org/10.1007/s11252-009-0097-8>
- VILISICS F. & HORNUNG E. 2009. Urban areas as hot-spots for introduced and shelters for native isopod species. *Urban Ecosystems*, 12: 333–345.
- WALLWORK J.A. 1970. *Ecology of Soil Animals*. McGraw-Hill, New York, 283 pp.
- WANG Y., BRUNE A. & ZIMMER M. 2007. Bacterial symbionts in the hepatopancreas of isopods: diversity and environmental transmission. *Microbiol Ecology*, 61: 141–152. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2007.00329.x>
- WARBURG M.R. 1993. *Evolutionary biology of land isopods*. Springer, Berlin-Heidelberg, 159 pp. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-21889-1>

Scale – pattern – habitat choice – life history: ecology of terrestrial isopods (Isopoda, Oniscidea)²

ELISABETH HORNUNG

University of Veterinary Medicine Budapest, Department of Zoology, 1077 Budapest István utca 2.
E-mail: hornung.erszebet@univet.hu

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 137–149.

Abstract. Species of the suborder Oniscidea (Isopoda) are the most successful invaders of terrestrial habitats within the crustacean class. They are excellent models of terrestrial adaptation. Functionally, they are decomposers of the soil ecosystem. The most important results and conclusions summarized in the MTA doctoral dissertation: Regularities can be recognized in the distribution of species – developed on different scales and due to different background reasons. There is a latitudinal trend in Europe, which means a decreasing number of species north of the Mediterranean and a change in the biogeographical/ecological character of the species. The number of species and the degree of endemism are high in Mediterranean regions. The nature of the habitats of a geographical region determines its species richness and the naturalness of the species. We have expanded the interpretability of the species richness and diversity indices with indices that can be used to classify species and communities. There is a close relationship between a habitat and its isopod fauna. Species can be classified based on their habitat, ecological needs and tolerance, or vice versa: the naturalness and disturbance of a habitat can be judged based on the species living there. Human activity plays a major role in the spread of species. The settlement of introduced species in cities is regular and decisive, causing biotic homogenization. There is a correlation between the morphological character of species and their ecological needs. The intra- and interspecific dynamics of populations differ in their life history strategies. Key environmental factors determine the temporal development of activity density. Female size and number of offspring are closely correlated, fecundity decreases over time regardless of female size.

Keywords: distribution pattern, tolerance, naturalness, adaptation, urbanization, homogenization, traits

Accepted: 17.11.2024

Published online: 29.11.2024

² Short outline of DSc dissertation (defended in 2021). The complete work can be accessed: <https://real-d.mtak.hu/1255/>

Vízirovarok polarizációérzékelése, poláros ökológiai csapdák¹

KRISKA GYÖRGY^{1,2}

¹ Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Szakmódszertani Csoport, 1117 Budapest, Pázmány sétány 1/C.

² HUN-REN Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, Lendület Folyóvízi Ökológia Kutatócsoport, 1113 Budapest, Karolina út 29-31.

E-mail: kriska.gyorgy@ttk.elte.hu

Kivonat. Az áttekintő tanulmányban bemutatott kutatások egyrészt új adatokat eredményeztek különböző vízirovartaxonok polarizációérzékelésével és ennek biológiai szerepével kapcsolatban, másrészt bemutatták különböző mesterséges poláros fényforrások és polarizációs mintázatok vízirovarokra kifejtett hatásait. Az első részben ismertetett kutatások a kérészek (Ephemeroptera), a szitakötők (Odonata), az árvaszünnyogok (Chironomidae) és a bögyölők (Tabanidae) körében tártak fel olyan fénypolarizáció-érzékelésen alapuló viselkedésmintákat, amelyek meghatározó szerepet töltenek be az egyes taxonok túlélésében. A második tematikai egységbe sorolt kutatások nyomán vált egyértelművé, hogy a polarotaktikus vízirovarok tojásrakásra sokszor a vízfelszínnel szemben előnyben részesítenek olyan, élőhelynek teljesen alkalmatlan mesterséges felületeket, melyek erősen és vízszintesen poláros fényt vernek vissza. Az ilyen mesterséges felületek közelében gyakorta megfigyelhető szembeszökő mértékű rovarpusztulás fontos szerepet játszott az ökológiai csapda fogalmának tudományos meghatározásában. Az ökológiai csapdák speciális formája a vízirovarokat fenyegető poláros fényszennyezés, melynek tipikus forrásai a kőolaj- és pakuratak, az aszfaltutak, a mezőgazdaságban használatos fekete műanyag fóliák, az üvegházak és épületek üvegfelületei, az autók karosszériája, fekete sírkövek, a napelemek és napkollektorok. Ha egy polarotaktikus vízirovar választhat e vízszintesen polarizáló felületek és egy vízfelület között, akkor az előbbieket szupernormális polarizációs jele miatt nem a vizet választja. E jelenségnek a feltárása vezetett el az ökológiai fényszennyezés egy új válfajának, a poláros fényszennyezésnek a felismeréséhez és meghatározásához.

Kulcsszavak: kompenzációs repülés, polarizációlátás, polarotaxis, *Palingenia longicauda*, *Ephoron virgo*, *Hydropsyche pellucidula*, *Sympetrum*

Elfogadva: 2024.11.17.

Elektronikusan megjelent: 2024.11.22.

¹ Akadémiai nagydoktori mű rövid ismertetése (védés éve: 2021). A teljes disszertáció elérhetősége: <https://real-d.mtak.hu/1254/>

Bevezetés

RUDOLF SCHWIND a Regensburgi Egyetem Állattani Intézet professzorának felfedezése (SCHWIND 1983a, b, 1984a, b, 1985a, b, 1989, 1991, 1995), miszerint a vízben és nedves anyagokban élő rovarok szeme képes érzékelni a fénypolarizációt, és ezek a rovarok a vízfelszínről visszatükröződő vízszintesen poláros fény segítségével találják meg életterüket, felhívta a figyelmet arra, hogy az egyes vízirovarfajok szaporodási és kolonizációs viselkedésének értelmezéséhez elengedhetetlen a vizes élőhelyek optikai környezetének fénypolarizációs feltárása és a vízirovarok polarotaktikus viselkedésének részletes tanulmányozása. E felismerés nyomán közel 20 éve alkalmaztuk kutatásainkban és esetenként tovább is fejlesztettük (MIZERA *et al.* 2001, EGRI *et al.* 2018) az optikai környezet polarizációs mintázatát feltáró képpalkotó polarimetriát (HORVÁTH & VARJÚ 1997), valamint vizsgáljuk és értelmezzük az egyes polarizációs mintázatok vízirovarokra gyakorolt hatásait. Kutatásaink bizonyították, hogy a repülő polarotaktikus vízirovarok távérzékelésük során felhasználják a vizes élőhelyek és a vérszívó bögölyök esetében a gazdaállatok fénypolarizációs mintázatából eredő információkat, amelyek meghatározó jelentőségűek lehetnek a szaporodási, kolonizációs és táplálkozási viselkedésükben.

Az elmúlt 20 évben számos alkalommal igazoltuk, hogy egyes globálisan elterjedt mesterséges objektumok (pl. aszfaltutak, üvegépületek, napelemek) optikai sajátásaik folytán jelentős mértékű vízirovar-pusztulások okozói lehetnek, így az édesvizek biológiai sokféleségének megőrzése szempontjából is kitüntetett figyelmet kell fordítani az antropogén eredetű fénypolarizációs jelenségek és az általuk kiváltott polarotaktikus viselkedésformák feltárására. Munkánk fontos hatásának tartom, hogy eredményeink hozzájárultak az ökológiai csapda fogalmának meghatározásához (KOKKO & SUTHERLAND 2001, SCHLAEPFER *et al.* 2002, ROBERTSON & HUTTO 2006) és lehetőséget adtak arra, hogy leírjuk az ökológiai fényszennyezés egy új típusát, a poláros fényszennyezést (HORVÁTH *et al.* 2009).

A jelen összefoglaló első részében azokat a kutatásainkat mutatom be, amelyek célja a polarotaxis kimutatása, jellemzőinek és biológiai szerepének vizsgálata különböző vízirovarfajoknál. Itt ismertetem a kérészek (Ephemeroptera), az árvaszúnyogok (Chironomidae) és a bögölyök (Tabanidae) polarotaxisával valamint több taxon polarotaxis polarizációfok ingerküszöbének vizsgálatával kapcsolatos eredményeinket.

Az összefoglaló második része tartalmazza mesterséges poláros fényforrások és polarizációs mintázatok vízirovarokra gyakorolt hatásának vizsgálatára vonatkozó eredményeinket. Itt mutatom be a különböző színárnyalatú gépkocsik, a pernyemezők, a folyóparti üvegépületek, a fényes fekete sírkövek és a hidak vízirovarokra gyakorolt hatásait. E helyen kerül ismertetésre az előbb felsorolt, valamint más, itt részletesen nem kifejtett kutatások egyfajta szintézisaként, a poláros fényszennyezés, mint a környezeti ártalom egy újonnan felismert formája; a poláros fényszennyezés kivédésének, ill. hasznosításának lehetőségei.

Eredmények

1. *Polarotaxis kimutatása, jellemzőinek és biológiai szerepének vizsgálata különböző vízirovar-taxonoknál*

1.1. A tiszavirág (Palingenia longicauda) polarotaktikus viselkedése

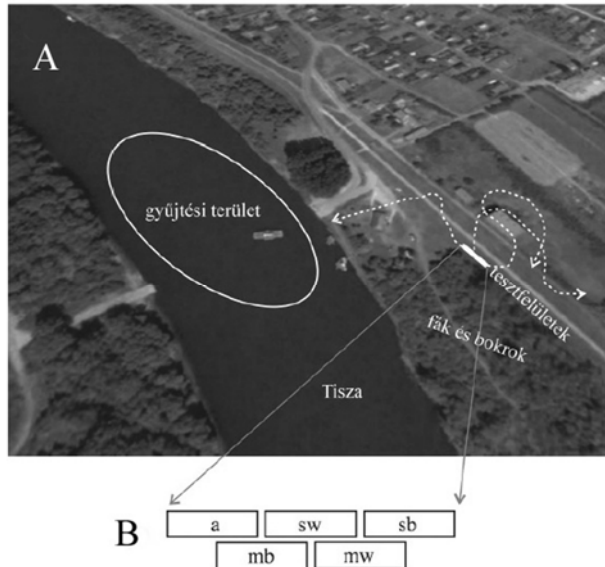
A tiszavirág (*Palingenia longicauda* (OLIVIER, 1791)) imágói rajzásuk során a Tisza fölött repülnek. Mivel rajzáskor vízszintes irányban nem távolodnak el jelentősebb mértékben a víztől, a repülő egyedeknek a sikeres szaporodáshoz nincsen feltétlenül szükségük a víz fénypolarizáción alapuló érzékelésére. Mindezek alapján fölmerül a kérdés, hogy a patakklakó kérészfajokhoz hasonlóan a *P. longicauda* is rendelkezik-e polarotaxissal? A kérdés megválaszolása érdekében terepkísérleteket végeztünk a tiszavirág rövid rajzási periódusa alatt (1. ábra). A terepkísérletben használt különböző polarizációs sajátságú tesztfelületek fölött a *P. longicauda* két, egymástól jelentősen különböző repülési viselkedését sikerült megfigyelni. Az egyik a vízkereső, a másik pedig a vízfelszín fölött kialakuló, vízkövető repülés volt. A vízkereső repülés megkezdésekor a rovarok egyenes vonalban vagy egy nagyobb ív mentén, akár 15–30 m magassáig emelkedve repülnek, majd nagy magasságban szállnak mindaddig, amíg nem érzékelnek egy nagyobb kiterjedésű, vízszintesen polarizáló felületet, ami kiváltja a vízkövető repülést. Ez utóbbi viselkedést alacsony repülési magasság (10–50 cm) és cikk-cakkos, a vízfelszín fölötti, vagy esetünkben a fólia egyik szélétől a másikig haladó röppálya jellemzi.

A nagyméretű, vízszintesen poláros fényt visszaverő felület érzékelése mind a hím, mind pedig a nőstény imágók esetében nagy jelentőséggel bírhat az állatok repülésének irányításában. A hím szubimágóknál ez biztosítja az imágóvá vedlést követően a folyó sodorvonalához való visszatérést, a nőstényt kereső hím egyedeknél pedig lehetővé teszi, hogy a folyóba torkolló kisebb csatornák és ártéri állóvizek által megtévesztett állatok visszatérhessenek a folyó fölé, vagy megakadályozza, hogy e mellékvizek rossz irányba vezessék az állatokat. A nőstény tiszavirágoknál elsősorban a a folyásiránnyal szembeni, néhány kilométeres kompenzációs repülés során fontos a folyó nagy kiterjedésű és vízszintesen polarizáló felülete, ami a nagyobb magasságban repülő kérésznőstények számára is biztos támpontot jelent.

Összefoglalva megállapítható, hogy a tiszavirág rajzásakor két viselkedésforma (vízkövető és vízkereső repülés) jellemző az állatokra, amelyek kiváltásában az erősen és vízszintesen poláros, megfelelően nagy kiterjedésű felület megléte vagy hiánya jelenti a kulcsingert (KRISKA *et al.* 2007).

1.2. Polarotaxis az árvaszúnyogoknál: a nőstény árvaszúnyogok vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez.

Különböző optikai sajátságú tesztfelületek alkalmazásával sikerült igazolnunk több árvaszúnyogtaxon esetében a pozitív polarotaxis meglétét. Kísérleteinkben a nőstény árvaszúnyogok gyakorlatilag csak a fekete folyadékcspadához vonzódtak, amely erősen és vízszintesen poláros fényt tükrözött Brewster-szögben. Mindezek alapján megállapítható, hogy a vizsgált árvaszúnyogfajok nőstényei, más vízirovarokhoz hasonlóan, pozitív polarotaxissal rendelkeznek.



1. ábra. (A) Légi fotó (forrás: Google Earth – Imagery ©2005 Digital Globe) a Tisza azon szelvényéről, ahol a terepkísérletünk folyt. Ellipszis jelöli azt a folyószakaszt, ahol a tiszavirágokat gyűjtöttük. Fehér négyzet jelzi a tesztfelületek helyét a gátoldalban. A szaggatott görbék a műanyag fóliákat elhagyó kérészek három jellegzetes röppályáját ábrázolják. (B) A tesztfelületek elrendezése. a: alumínium fólia, mb: matt fekete vászon, mw: matt fehér vászon, sw: fényes fehér műanyag fólia, sb: fényes fekete műanyag fólia. (Az ábra forrása: KRISKA GY. (2020) Vízirovarok polarizációérzékelése, poláros ökológiai csapdák. MTA doktori értekezés)

Figure 1. (A) Aerial photograph (source: Google Earth— Imagery ©2005 Digital Globe) about the section of river Tisza where our field experiment was performed with *P. longicauda* mayflies. The ellipse represents the river area where the mayflies were collected. The white rectangle shows the position of the test surfaces on the shore, from which the water surface was not visible due to trees and bushes. Dotted curves represent three typical paths of mayflies leaving the plastic sheets. (B) Arrangement of the test surfaces; a: aluminium foil, mb matt black cloth, mw matt white cloth, sw shiny white plastic sheet, sb shiny black plastic sheet (Original figure in: KRISKA GY. (2020) Polarization vision of aquatic insects, polarized ecological traps. DSc dissertation)

Eredményeink szerint az árvaszúnyogoknál általánosnak tekinthető a polarotaxis. Az ismert polarotaktikus árvaszúnyogfajok száma háromról (LERNER *et al.* 2008, 2011, MELTNER *et al.* 2008) több mint a duplájára nőtt kutatásunk eredményeként (HORVÁTH *et al.* 2011).

1.3. Bögölyök polarotaktikus viselkedésének vizsgálata

1.3.1. Polarotaxis kísérleti bizonyítása bögölyöknél: a polarizációlátás lehetséges szerepe a bögölyök szaporodási és táplálkozási viselkedésében

Vizsgálataink során arra kerestük a választ, hogy a bögölyök érzékeli-e a poláros fényt, és ha igen, szemüknek melyik részével. Kísérleteink során bebizonyítottuk, hogy a bögölyök szemének ventrális része érzékeli a vízszintesen poláros fényt, de az összetett

szem frontális, laterális és dorzális része nem érzékeny a lineárisan poláros fényre. Ennek oka az, hogy a természetben vízszintesen poláros fényt kizárólag vízfelszínnek vernek vissza, amit a bögölyök a szemük ventrális régiójában elhelyezkedő ommatidiumokkal érzékelnek.

Korábban már több, vízbe tojást rakó rovarcsoportról kiderült, hogy egyes fajaik vízdetekciója a vízfelszínről visszavert vízszintesen poláros fény érzékelésén alapszik (KRISKA *et al.* 1998, HORVÁTH & VARJÚ 2004). Míg azonban a vízibogarak, vízipoloskák, tegzesek, kérészek és szitakötők polarotaktikusan a víztestet keresik, hogy tojásaikat közvetlenül abba rakják, addig a bögölyök más okból kutatják polarizációlátásukkal a vizet, például azért, hogy a vízfelszín megtalálása után fölleljék a tojásrakásra alkalmas vízparti növényeket és köveket, ahonnan a lárvák kikelésük után esnek/másznak a vízbe. Kutatásaink alapján a polarizációlátásra épülő forráskeresésnek két formája különböztethető meg: (1) A forrás (pl. vízi tojásrakóhely) pozitív polarotaxissal közvetlenül megtalálható. Ez a helyzet számos vízirovarnál, melyek közvetlenül a vízbe rakják tojásaikat. (2) A forrás (pl. vízparti tojásrakóhely vagy gazdaállat) közvetett módon található meg polarotaxissal. A nőstény bögölyök először a vizet észleli távolról, majd a vízparti tojásrakóhelyet vagy az itatónál megjelenő gazdaállatot találja meg. A hím bögölyök polarotaktikus vízdetekciója ugyancsak előnyös lehet, mert azok így a polarotaxissal a vízhez odavonzott nőstényekkel találkozhatnak és párosodhatnak.

A vérszívó rovarok közül a bögölyök az elsők, melyeknél sikerült kimutatni a pozitív polarotaxist, ami lehetőséget nyújt olyan optikai alapon működő, új rovarcspadák kifejlesztésére, amelyek a fény erős és vízszintes lineáris polarizációja révén fejtik ki jelentős vonzó és csapdázó hatásukat (HORVÁTH *et al.* 2008, KRISKA *et al.* 2008a, EGRI *et al.* 2013).

1.3.2. A gazda kültakaró optikai sajátosságainak hatása a bögölyök gazdaválasztására. A leginkább „bögölyálló” ló depolarizáló fehér szőrű.

A bögölyökkel Szokolyán (Börzsöny-hegység, 47°52' É, 19°00' K) 2008 nyarán folytatott terepkísérletünk során véletlenül sikerült megfigyelnünk egy szabadtéri karámban, hogy a sötétbarna színezetű lovakat a bögölyök jól láthatóan sokkal nagyobb számban támadják, mint a fehéreket. Ez a megfigyelés vetette fel annak a vizsgálatnak a létjogosultságát, amely a lovak kültakarójának optikai sajátosságait vizsgálná a bögölyvonzóképeség tekintetében.

A kutatás eredményeként sikerült bizonyítani, hogy a fehér lovak a bögölyök számára kevésbé vonzóak, mint a sötétebb színűek. Kísérletekkel és képalkotó polarimetriai vizsgálatokkal sikerült alátámasztani, hogy e jelenség a testfelület fénypolarizáló képességével és a bögölyöknél általunk fölfedezett pozitív polarotaxissal (HORVÁTH *et al.* 2008, HORVÁTH *et al.* 2010a) magyarázható.

A témához kapcsolódva egy további kutatás során sikerült bizonyítanunk, hogy a bögölyök polarotaktikus gazdadetekciója során a poláros jel a polarizáció iránytól függetlenül is képes kiváltani a bögölyök vonzását (EGRI *et al.* 2012a). Tehát sikerült fölfedeznünk a bögölyök esetében egy újfajta polarotaxist, amely eltér a korábban leírt polarotaktikus vízdetekciótól (HORVÁTH *et al.* 2008), és amelynek kiváltó ingere csak a vízszintesen poláros fény lehet.

További, a bögölyökkel kapcsolatos kutatásaink eredményeként igazoltuk a csíkos és foltos mintázatú kültakaró és az emberi bőr bögölytaszító hatását is (EGRI *et al.* 2012b, BLAHÓ *et al.* 2012a, HORVÁTH *et al.* 2019). A tapasztalt jelenség egyértelműen a bögölyök

polarotaktikus gazdadetekciójához volt köthető. A bögolytaszító hatás megjelent a fényintenzitás tekintetében homogén, ugyanakkor a polarizációirány mintázat vonatkozásában inhomogén tesztfelületek esetében is. Kutatásaink szerint a kültakaró inhomogén polarizációs mintázatának kiemelt szerepe van a bögolytaszító hatás elérésében, ami akkor is képes kifejteni a hatását, ha bögolyöket vonzó kémiai anyagok (pl. ammónia, szén-dioxid) vannak jelen (BLAHÓ *et al.* 2013).

1.4. A polarotaxis polarizációfok ingerküszöbének vizsgálata különböző vízirovarfajoknál

Egy víztest fényessége (a vízből érkező fény intenzitása) nem érzékelhető a vízfelszínhez viszonyított alacsony látószög esetében, mert a vízből érkező fényt elnyomja a vízfelszínről tükröződő fény. Eképpen a víztestek világosságának távérzékelésében a vízből érkező fény p polarizációfokának lehet jelentősége. A fénypolarizáló mesterséges tárgyak vízirovarokra kifejtett hatásának mértéke függ a tárgyfelület érdességétől, megvilágításától, a megfigyelés irányától és az adott vízirovarfaj p^* polarizációs ingerküszöbétől. A fajspecifikus és hullámhosszfüggő p^* a p lineáris polarizációfok azon minimális értékét jelenti, amely még képes pozitív polarotaxist kiváltani.

Kutatásunk fő célkitűzése az volt, hogy kísérleti alapon szolgáltatassunk adatokat a szitakötők, a kérészek és a bögolyök p^* -értékeiről. A spektrum vörös, zöld és kék tartományában elvégzett képalkotó polarimetriai mérésekkel és választásos terepkísérletekkel sikerült kimérni olyan szitakötők, kérészek és bögolyök ventrális szemrészének p^* -értékét (KRISKA *et al.* 2009), amelyek pozitív polarotaxisának igazolása már korábban megtörtént (kérészek: KRISKA *et al.* 1998, 2007, szitakötők: WILDERMUTH 1998, HORVÁTH *et al.* 1998, 2007, BERNÁTH *et al.* 2002, bögolyök: HORVÁTH *et al.* 2008). A vízirovarok p^* -értékeinek ismerete lehetőséget ad arra, hogy az ember alkotta optikai környezetben mérjük és monitorozzuk azokat a mesterséges felületeket, amelyek vízszintesen poláros fényt visszaverve megteveszthetik a vizet kereső különböző vízirovar fajokat.

1.5. A kérészek számára kedvezőtlen élőhelyek elkerülése polarotaktikus viselkedés révén. A kérészek legkevésbé a függőlegesen poláros fényhez vonzódnak.

A víz fölött rajzó kérészfajok, mint például az *Ephoron virgo* (OLIVIER, 1791) és a *Palingenia longicauda* esetében a pozitív polarotaxisnak meghatározó szerepe van abban, hogy rajzás közben e rovarok végig a vízfelszín fölött repüljenek (KRISKA *et al.* 2007, MÁLNÁS *et al.* 2011, SZÁZ *et al.* 2015, FARKAS *et al.* 2016). A kérészfajok egy része rajzáskor több mint egy kilométerre is eltávolodhat a víztől (BRODSKIY 1973), náluk a pozitív polarotaxis segítheti a nőstények visszatérését a vízhez, ahol lerakhatják tojászsomóikat.

Az előzmények nyomán fölmerülhet a kérdés, hogy a függőlegesen poláros fény gyakorol-e valamilyen hatást a kérészek rajzási viselkedésére? Ennek megválaszolása érdekében öt terepkísérletben vizsgáltuk az *E. virgo* és *Caenis robusta* EATON, 1884 viselkedését vízszintesen és függőlegesen poláros, valamint polarizálatlan fényt kibocsátó lámpákkal.

Az eredmények arról tanúskodnak, hogy a két vizsgált kérészfaj egyedei kevésbé vonzódnak a függőlegesen poláros fényhez, mint a polarizálatlanhoz. A különbség a vízszintesen poláros és a függőlegesen poláros fény között még kifejezettebb: az előbbi sokkal vonzóbb, mint az utóbbi. E viselkedés jelentősége abban áll, hogy a kérészek vízfelszíni repülésükkor visszafordulnak azon felszínrészekről, amelyek függőlegesen vagy nem-vízszintesen poláros fényt tükröznek, így jelezve a kérészek rajzása és tojásrakása szempontjából alkalmat-

lan partrészeket. Egy különleges következménye e viselkedésnek a kompenzációs repülésben részt vevő kérészek visszafordulása a hidaknál, ahol a híd vízre vetülő árnyékánál és tükörképénél gyakran függőlegesen poláros fény tükröződik (MÁLNÁS *et al.* 2011).

A dunavirág és a *C. robusta* fajok esetében a függőlegesen poláros fény minimális vonzásának oka és egyben jelentősége abban rejlik, hogy a vízparti növényzet árnyéka és tükörképe a vízfelszín szélén gyengén ($p < 25\%$) és nem vízszintesen poláros (FARKAS *et al.* 2016). A vízpartokon gyakran kialakul egy vízszintes, sötét, iszapos sáv, amely általában vízszintesen poláros fényt reflektálva vízfelszín utánózik a polarotaktikus vízirovarok számára. Ha a vízfelszín szélén nem alakulna ki a vízparti növényzet függőlegesen poláros árnyéka és tükörképe, amely távol tartja a kérésznöstyényeket az iszapfelszíntől, akkor azok lerakhatnák tojászsomóikat a lárvák kifejlődésére alkalmatlan területre.

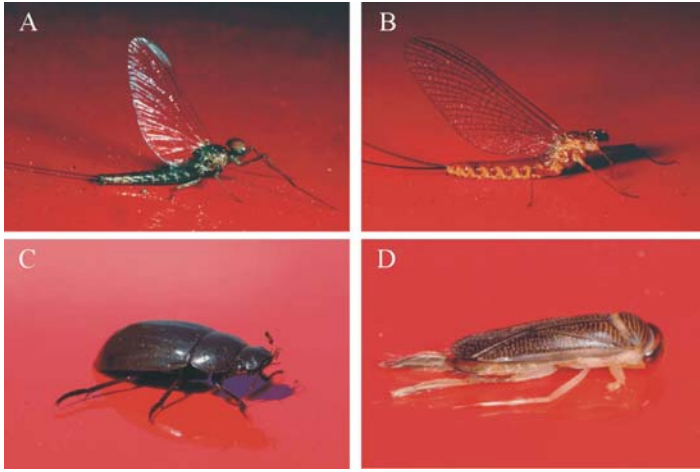
A folyóalakó kérészek kolonizációjában fontos szerepe lehet a pozitív polarotaxisnak, amely a folyó és mellékfolyó vízszintesen poláros jele alapján vezeti a kérésznöstyényeket az alkalmas élőhelyekre. Másrészről a folyóba torkolló kisebb csatornák és ártéri kisvizek alkalmatlan helyei lehetnek a lárvák kifejlődésének, ezért kifejezetten előnyös lehet, hogy ezek kisebb mérete miatt a vízfelszínen kialakuló teljes vagy majdnem teljes árnyékoltság, és a növényzet tükröződése miatt kialakuló, nem vízszintes polarizáció távol tartja a kérésznöstyényeket.

2. Mesterséges poláros fényforrások és polarizációs mintázatok hatása vízirovarokra

2.1. Különböző színárnyalatú gépkocsik polarotaktikus vízirovarokra gyakorolt hatásának vizsgálata

Terepi tapasztalataink és irodalmi adatok is arra utaltak, hogy a gépkocsik vízszintes, sötét színárnyalatú karosszériaelemei és a ferde szélvédők vonzzák a polarotaktikus vízirovarokat (2. ábra) (WYNIGER 1955, SVIHLA 1961, WATSON 1992, WILDERMUTH 1998, STEVANI *et al.* 2000a, b, BERNÁTH *et al.* 2001a, GÜNTHER 2003, TORRALBA & OCHARAN 2003, WILDERMUTH & HORVÁTH 2005), aminek feltételezhetően az áll a háttérben, hogy ezek a részek vízszintesen poláros fényt tükröztek. Mindezek nyomán a kutatás alapvető célkitűzése az volt, hogy választ kapjunk a kérdésre, miért vonzódnak a vízirovarok a piros színű és más sötét színárnyalatú gépkocsikhoz?

Kutatásainkkal bizonyítottuk, hogy a gépkocsik vonzó hatásának háttérben a rovarok fénypolarizáció-érzékelésen alapuló vízkeresése áll (KRISKA *et al.* 2006a). A sötét színű, különösen a fekete és piros gépkocsik fényes felületéről erősen és vízszintesen poláros fény verődik vissza, amely a polarotaktikus rovarok számára vizet jelez. Ez az oka annak, hogy a repülő rovarok rászállnak a gépkocsik karosszériájára, és gyakran a tojásaikat is erre a felületre rakják le a víz helyett. A fejlődésükben vízhez kötődő rovarok elsősorban a vizes élőhelyek közelében repülnek nagy számban, ezért a piros és fekete gépkocsik ezeken a területeken jelenthetik rájuk a legnagyobb veszélyt.



2. ábra. Vörös gépkocsi tetejére leszállt, fejlődésükben vízhez kötött rovarok. (A) Teleszkópszemű kérész (Baetidae sp.) (B) Erezett kérész (Heptageniidae sp.). (C) Kis csibor (*Hydrochara caraboides*). (D) Búvárpoloskafaj (*Sigara striata*). A rovarokat 2005 áprilisában és májusában figyeltük meg és fényképeztük le Magyarországon, ugyanazon piros autó (Daewoo Matiz) tetején. (Az összes ábra forrása: KRISKA GY. (2020): Vízirovarok polarizációérzékelése, poláros ökológiai csapdák. MTA doktori értekezés)

Figure 2. Insects associated with water landing on the roof of a red car. (a) A mayfly, Baetidae sp. (b) Another mayfly, Heptageniidae sp. (c) A water beetle, *Hydrochara caraboides*. (d) A water bug, *Sigara striata*. The insects were observed and photographed in April and May of 2005 in Hungary on the roof of the same red car (Daewoo Matiz). (All figures in: KRISKA GY. (2020) Polarization vision of aquatic insects, polarized ecological traps. DSc dissertation)

2.2. Pernyemezők polarotaktikus vízirovarokra gyakorolt hatásának vizsgálata

Minden erősen és vízszintesen polarizáló természetes vagy mesterséges felület vonzza a repülő, vízkereső rovarokat, amelyek a vizet pozitív polarotaxissal találják meg (HORVÁTH & VARJÚ 2004, HORVÁTH & KRISKA 2008). Ezek alapján logikus volt a feltevés, hogy az erősen polarizáló fekete pernyemezők szintén vonzóak lehetnek a repülő polarotaktikus vízirovarok számára. Azonban terepen azt tapasztaltuk, hogy a fekete hamuval borított föld egyáltalán nem vonzó a vízirovarok számára, a visszavert fény magas lineáris polarizációfoka ellenére sem. Kutatásunk során megállapítottuk, hogy ezt a tapasztalatot a hamurétegről visszavert fény polarizációirány-mintázatának sajátjaival lehet magyarázni: a pernyemező hamurétege durva felszínű a megperzselt szalmaszálak véletlenszerű irányultsága miatt. Minden érdes felszínre jellemző, hogy a róla visszavert fény polarizációiránya mindig merőleges a visszaverődés síkjára (KÖNNEN 1985, HORVÁTH & VARJÚ 2004). A napfényrel megvilágított pernyemezőknél a visszaverődés síkja átmegy a megfigyelőn, a Napon és a hamuréteg megfigyelt pontján. A visszaverődés síkja függőleges a szoláris meridián (SM) és az antiszoláris meridián (ASM) irányában, és ferde bármely más megfigyelési irányban. Ez a magyarázata azon eredményünknek, miszerint a pernyemezőkről visszavert fény átlagos polarizációs iránya közel vízszintes a SM és az ASM irányokban, és ferde bármely más megfigyelési irányban. A hamuról visszavert fény polarizációirányának nagy szórása a megperzselt szalmaszálak véletlenszerű irányával magyarázható.

Ezért tehát, bár a fekete pernyemezők erősen lineárisan polárosak, a szoláris és antiszoláris meridián irányától eltekintve a róluk visszaverődő fény átlagos polarizáció-iránya nem vízszintes, és a polarizációirány szórása mindig nagy (KRISKA *et al.* 2006b). Következésképpen az általában nem vízszintesen poláros fekete pernyemezők nem vonzóak a polarotaktikus vízirovarok számára, amelyeket csak a közel vízszintesen poláros fény vonz.

2.3. Folyóparti üvegépületek *Hydropsyche pellucidula*-imágókra gyakorolt hatásának vizsgálata

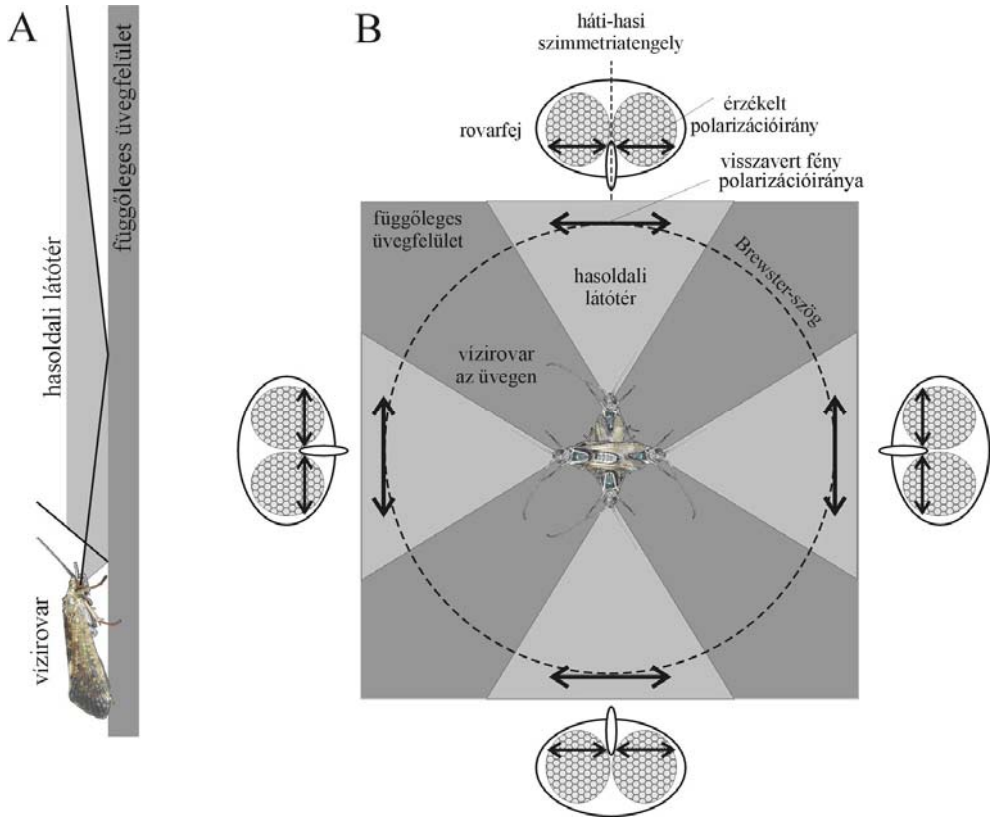
Kutatásaink során a dunai tömegtegzés (*Hydropsyche pellucidula* (CURTIS, 1834)) üvegezett falú épületek melletti szaporodási viselkedését tanulmányoztuk a budapesti Dunaparton. A legintenzívebb rajzási időszakban számoltuk az épület fényes fekete és fehér függőleges üvegtábláin tartózkodó tegzesek számát, és a tömegtegzések polarotaxisának vizsgálatára választásos laboratóriumi kísérleteket végeztünk. A tesztfelületek, az épület és ez utóbbi függőleges üvegfelületei fénypolarizálóképességét képpalkotó polarimetriával mértük a spektrum vörös, zöld és kék tartományában.

Laboratóriumi kísérletekkel sikerült igazolnunk, hogy a nőtény *H. pellucidula*-egyedek tojásrakásukkor előnyben részesítik az erősen és vízszintesen poláros fényt tükröző tesztfelületeket a csak gyengén és nem vízszintesen poláros fényt visszaverő tesztfelületekkel szemben. Ebből egyértelműen következik a tegzesek pozitív polarotaxisa (KRISKA *et al.* 2008b).

Képpalkotó polarimetriai vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy az üvegfelületekkel fedett függőleges épületfalaknak mindig vannak olyan részei, melyek a röpködő polarotaktikus *H. pellucidula*-egyedek számára vonzó polarizációjú fényt tükröznek. Ezzel magyarázható, hogy a Dunából kirepülő tegzesek előbb-utóbb a Duna-parti épületek függőleges üvegfelületeihez vonzódnak, s ott folytatják a rajzásukat a napállás és az égbolt felhőzettségétől függetlenül. Másrészt pedig miután e tegzesek leszálltak a függőleges üvegfelületekre, azok jó része megint a számukra vonzó polarizációjú fényt ver vissza (3. ábra), ami a többi érzékszervük által szolgáltatott jelzéseket elnyomva szupernormális ingerként, vizet utánozva ott marasztalja őket (MALIK *et al.* 2008). Így a rovarok egyes mesterséges ingerek hatására kialakuló ökológiai csapdák eredményeként olyan torz viselkedésmintákat követnek, amelyek populációik hanyatlásához, vagy akár kipusztulásához is vezethetnek (BATTIN 2004, KOKKO & SUTHERLAND 2001, SCHLAEPFER *et al.* 2002). Erre láthattunk példát a *H. pellucidula* folyóparti üvegépületeknél történő tömegrajzása esetén is.

2.4. Temetőben vizet kereső polarotaktikus *Sympetrum szitakötők* viselkedése a fényt polarizáló fekete sírköveknél

A szitakötők vizeknél fellépő természetes viselkedése egyes antropogén eredetű, optikai tulajdonságaival vizet utánozó felületeknél (például fekete agrofóliáknál, nyíltfelszínű olajtározóknál és sötét színű gépkocsiknál) is megjelenik (WILDERMUTH & SPINNER 1991, WILDERMUTH 1993, 1998, HORVÁTH & ZEIL 1996, HORVÁTH *et al.* 1998, BERNÁTH *et al.* 2001a, WILDERMUTH & HORVÁTH 2005). Ugyanezt tapasztaltuk a kiskunhalasi református ótemetőben: a *Sympetrum* szitakötőnem számos fájának egyedei nagy számban vonzódnak a temető fekete, polírozott sírköveinek vízszintes felületeihez, ahol pontosan olyan viselkedést mutatnak, mint a vizek esetén (4. ábra).



3. ábra. (A) Egy függőleges üvegfelületre leszállt vízirovar szemének hasoldali látótérébe a környezetből jövő fény jut az üvegről történő tükröződés után. (B) Bárhogyan is irányul a függőleges üvegfelületre leszállt rovar feje, az üvegről Brewster-szögben visszaverődő fény kettősfejú nyilakkal jelzett rezgéssíkja mindig merőleges a rovar háti-hasi szimmetriásíkjára. Ezért az üvegről tükröződő fény rovar által érzékelt polarizációiránya is mindig „vízszintesnek” tűnik, ami vonzó a rovarnak.

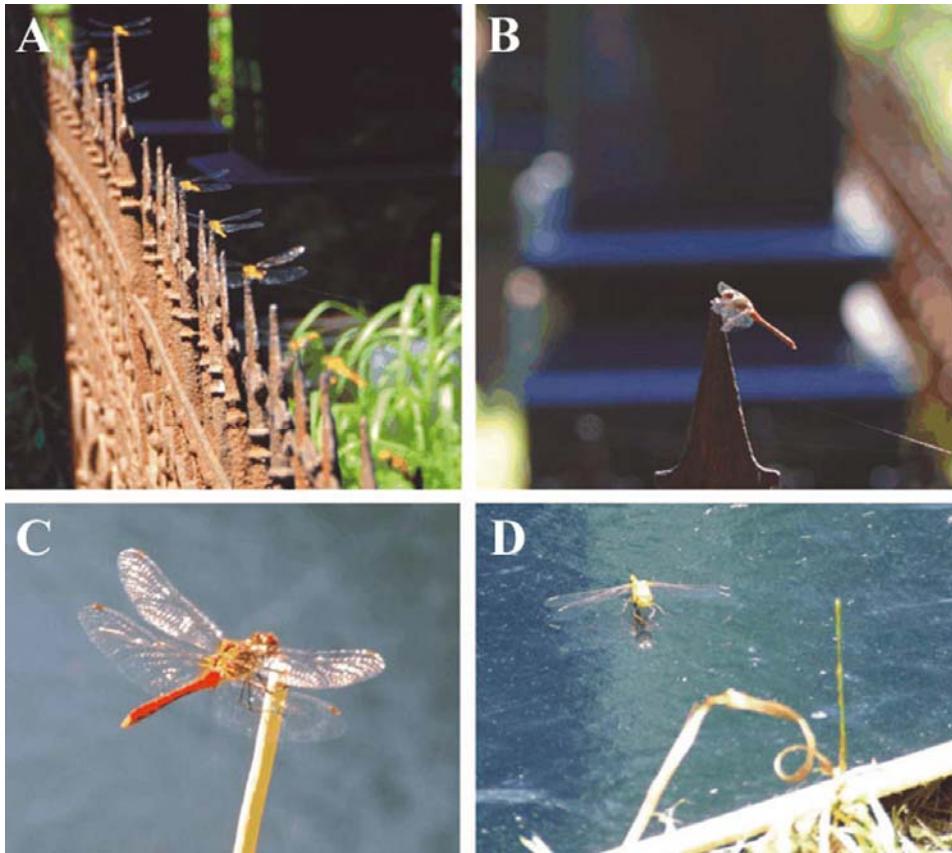
Figure 3. (A) Side view of a light beam (light gray) reflected from a vertical glass surface and received by the ventral eye region of an insect landed on the glass. (B) How a polarization-sensitive insect landed on a vertical glass surface and looking into different directions (here only four such directions are shown) perceives the direction of polarization (double-headed arrows) of light reflected from the glass at the Brewster angle (dashed circle). Since the perceived direction of polarization is always perpendicular to the insect's dorsoventral symmetry axis (independently of the direction of view), the light reflected from the Brewster angle is always attractive to a polarotactic aquatic insect landed on the glass.

Korábbi kutatások kimutatták, hogy egyes szitakötők polarotaktikusak, azaz a vizet a felszínéről tükröződő vízszintesen poláros fény alapján ismerik föl (HORVÁTH *et al.* 1998, WILDERMUTH 1998). Ennek alapján föltételeztük, hogy a temetői szitakötők különös viselkedésében is fontos szerepe lehet a fekete sárkővek fénypolarizációs sajátosságainak, a rovarok polarizációlátásának. Ezért hipotézisünk bizonyítása érdekében képkalkító polarimetriával mértük a sárkővek tükröződési-polarizációs mintázatait, és választásos terepkihátrétegekkel

igazoltuk azt, hogy a fekete sírkövekhez vonzódó *Sympetrum* szitakötőfajok is pozitív polarotaxissal rendelkeznek (HORVÁTH *et al.* 2007).

A képalkotó polarimetriai mérések igazolták, hogy a fényes fekete, hozzátétőlegesen vízszintes felületű sírkövek a környezetükkel és más sírkövekkel ellentétben erősen és vízszintesen poláros fényt tükröznek (HORVÁTH *et al.* 2007).

A szitakötőket vonzó sírkövek hatására megvalósulhatnak egy ökológiai csapda kialakulásának feltételei (SCHLAEPFER *et al.* 2002): megtévesztik a tojásrakáshoz készülő szitakötő nőstényeket, melyek így a sírkövekre rakják le a tojásaikat. A tojások a szárazon rövid idő alatt kiszáradnak és elpusztulnak.



4. ábra. (A–B) Hím és nőstény *Sympetrum* szitakötők ülőágként használják egy fekete síremlék vaskerítésének tartóoszlopait a kiskunhalasi temetőben. (C) Hím *Sympetrum* szitakötő egy ülőág csúcán egy fekete síremlék mellett. (D) Nőstény *Sympetrum* szitakötő érinti meg a fényes fekete tesztfelületet.

Figure 4. (A) Male and female dragonflies (*Sympetrum* sp.) perching on the tips of sunlit iron railings in a cemetery in the Hungarian town Kiskunhalas. (B, C) Males of *Sympetrum* sp. perching near polished black tombstones. (D) A female *Sympetrum* sp. displaying touching behaviour at the shiny black plastic sheet used in the double-choice experiments.

2.5. A tiszavirág és a dunavirág rajzási viselkedésének módosulása a környezet természetes polarizációs mintázatának megváltozására

2.5.1. A tivadari Tisza-híd (48°03' É, 22°31' K) hatása a tiszavirág (*Palingemia longicauda*) kompenzációs repülésére

A kutatás alapját az a megfigyelés adta, miszerint a tivadari Tisza-hídnál a tiszavirág nőstények vízfolyással szembeni kompenzációs repülését megállította a híd, ezért a tojásrakás közvetlenül a híd előtt következett be. A repülő nőstények nem a híd mechanikai hatása miatt álltak meg, mert még azelőtt megszakították továbbhaladó repülésüket, mielőtt fizikai kontaktusba kerültek volna a híddal. Mivel a tiszavirággal folytatott korábbi kutatásainkkal igazoltuk, hogy a nőstények vízfolyással szembeni kompenzációs repülését a folyófelszín vízszintesen poláros jele irányítja (KRISKA *et al.* 2007), logikusnak tűnt az a feltételezés, hogy az ingermozgás megállítását a vezérlő polarizációs jel híd általi megváltozása, eltűnése okozhatja. Ezt a feltételezést támasztotta alá az a tény is, hogy a kompenzációs repülés folytatásának nem volt mechanikai akadálya, hiszen a kérészek a híd alatt, vagy afölött átrepülve is folytathatták volna előrehaladásukat, mindezt azonban csak az egyedek igen kis hányada tette meg. A tiszavirág tivadari Tisza-hídnál tapasztalt különleges viselkedésének okát a jelenség részletes dokumentálásával, valamint a környezet polarizációs mintázatainak kimérésével és kiértékelésével tártuk fel.

A polarizációs mintázatok kiértékelése alapján megállapítható volt, hogy a vízfelszín mérsékeltén és vízszintesen poláros égboltfényt és napfényt reflektál. Ez a két hatás egy polarizációs csatornát képez, amely szűkebb, mint a folyó teljes szélessége, és irányítja a hímek vízkövető, valamint a nőstények kompenzációs repülését (KRISKA *et al.* 2007). Ezzel szemben a folyóparti növényzettel árnyékolt vízfelszín alacsony polarizációfokú függőlegesen poláros fényt ver vissza. A híd szürke betonelemei és zöld fémszerkezete gyakorlatilag polarizálatlan fényt tükröz. A vízfelszínről a híd árnyékában szintén polarizálatlan fény érkezik. A polarizálatlan fényt tükröző felületek megszakítják a folyó korábban folytonos polarizációs csatornáját, amely a kérészek mozgását irányítja. Ez végsősoron megzavarja a tiszavirág nőstények kompenzációs repülését, amelyek többsége nem képes tovább haladni a híd alatt vagy fölött, a folyó középvonalát követve.

Kutatásaink eredményeként igazoltuk, hogy a hidak optikai gátat (barriert) jelentenek a *P. longicauda* kérészek számára, amely akadályát jelentheti a faj kolonizációjának és a populáció ivararányának megváltozását okozhatja (MÁLNÁS *et al.* 2011).

2.5.2. A dunavirág (*Ephoron virgo*) foto- és polarotaxisán alapuló komplex ökológiai csapda

A dunavirág (*Ephoron virgo*) tömegrajzása közel 40 év óta először 2012-ben jelent meg a budapesti Duna-szakaszon, ami együtt járt a védett kérészfaj tömeges pusztulásával a kivilágított hidakon (5. ábra). A jelentős természetvédelmi kárt okozó jelenség vizuális ökológiai hátterének feltárására és a dunavirág polarizációérzékelésének megismerésére helyszíni megfigyeléseket, választásos terepkísérleteket és képpalkotó polarimetriai méréseket végeztünk.

A dunavirág sötétedés utáni rajzásakor az első nimfa-imágó átalakulások után 30–60 perccel a nőstények laza szerkezetű rajokba szerveződve megkezdik kompenzációs repülésüket a Duna középvonala fölött, a folyásiránnyal szemben. Mozgásuk során természetes viszonyok között a dunavirágok nem közelítik meg a partot, ugyanakkor azokat a parton lévő mesterséges fényforrások erőteljesen vonzzák, így elhagyva a folyó középvonalát a partra



5. ábra. (A–D) Az *Ephoron virgo* éjszakai tömegrajzása a Dunán átívelő hídon Tahitótfalunál. (A) A rajzás során a híd alatti folyószakasz partjáról megfigyelhető volt, hogy a kompenzációs repülésben résztvevő nőstény kérészek fölrepültek a hídhöz. (B) A híd fölé érő nőstények egy része le szállt tojást rakni a hídon futó aszfaltútra, míg a többi kérész az utat megvilágító lámpáknál kialakuló tízezres rajokhoz csatlakozott. (C) A dunavirág tömegrajzásának előrehaladtával a tojásrakó nőstények egyre nagyobb tömegben borították be a híd aszfaltútját. Az úton nagy kiterjedésű fehér foltokat alkottak a már elpusztult és a még tojást rakó egyedekből álló kérésztömegek. (D) Az aszfaltfelszínen látszó fehér kérésztömegben jól fölismerhetők a sárga tojászsomók is, amelyek egyenként több ezer tojásból állnak.

Figure 5. (A) Mass swarming of *Ephoron virgo* mayflies at night in Tahitótfalu (northern Hungary) at a bridge overarching the river Danube. (B) During the swarming we could observe that female mayflies performing their compensatory flight, flew up to the bridge-lamps. One part of females reaching the bridge landed on the asphalt road to oviposit, whereas the others joined to the swarm of several thousands individuals around the bridge-lamps. (C) With the progress of mass congregation the ovipositing females covered in greater and greater deal the asphalt road of the bridge. The mass of mayflies containing already perished and still ovipositing individuals formed large, extended, white stains. (D) The yellow egg batches are easy to recognise in the white crowd of mayflies, that consisted of several thousand eggs each.

repülnek és az ottani lámpák körül rajzanak a pusztulásukig. A kérészek e reakcióját pozitív fototaxisuk okozhatja, amelyet akár egy gyengébb fényű kézilámpával is ki lehet váltani.

A dunavirághoz hasonló életmódot folytató és vele azonos élőhelyen is élő tiszavirág (*P. longicauda*) esetében a nőstények kompenzációs repülésének a folyófelszín vízszintesen poláros jele általi polarotaktikus vezérlését korábban már igazoltuk (KRISKA *et al.* 2007, MÁLNÁS *et al.* 2011). Mindezek alapján föltételezhető, hogy a dunavirág víz fölötti rajzásában és folyó fölötti kompenzációs repülésének irányításában is fontos szerepe van a pozitív

polarotaxisnak. A kompenzációs repülést végző nőtény dunavirág egyedek útjába eső intenzív mesterséges fényforrások a vízfelület által kiváltott pozitív polarotaxist elnyomva, magukhoz vonzották e rovarokat. Ugyanakkor e fototaxis nem hatástalanította teljesen a vízfelszínről visszavert vízszintesen poláros fény által a dunavirágokban kiváltott polarotaxist, mert csak a folyó közeli/fölötti mesterséges fényforrások vonzották magukhoz tömegesen a kérészeket. A hidak lámpáinak fénye által megvilágított aszfaltútjára tojást rakó nagyszámú nőtény jelentős hányada nem a lámpák fénykörében szállt le, hanem távol attól. Ezekre nyilván nem a fototaxis hatott, hanem aktívan szálltak az út kisebb fényintenzitású, de erősen és vízszintesen poláros fényt visszaverő részeire. Ily módon tehát a dunavirág hidaknál megfigyelt tömegrajzásában a domináns fototaxis mellett fontos szerepet játszott az alárendelt polarotaxis is. A pozitív fototaxis eredményezte a kérészek hidlámpákhoz való tömeges vonzódását, míg a pozitív polarotaxis pedig az aszfaltútra leszállást és tojásrakást, ami egy foto- és polarotaktikus ökológiai csapda kialakulását eredményezte.

A naplemente környékén, de még világosban rajzó tiszavirág (MÁLNÁS *et al.* 2011) és az éjjel rajzó dunavirág hidaknál tapasztalt viselkedését összehasonlítva megállapíthatjuk, hogy mindkét kérészfaj esetében egy híd megállítja a nőtények kompenzációs repülését, ugyanakkor a feltorlódott kérésztömeg a tiszavirág esetében a híd előtti folyószakasz fölött, míg a dunavirágnál a híd fölött jelenik meg. Ily módon a híd előtt feltorlódó tiszavirág nőtények végül a vízbe hullva a vízbe rakják tojásaikat, míg a dunavirágnak a hidlámpák fénycsapdájába került nőtényei tojásaikkal együtt a híd aszfaltútjára hullanak. A tojáscsomók kiszáradás miatti elpusztulásával az utódgeneráció is károsodik, így a dunavirág foto- és polarotaxisán alapuló ökológiai csapda alakul ki.

Vízszintesen poláros és polarizálatlan fényforrásokkal folytatott kísérleteink során sikerült kimutatnunk, hogy a vízszintesen poláros fény szignifikánsan, általában egy nagyságrenddel több, kompenzációs repülésben résztvevő nőtény kérészt vonz, mint a polarizálatlan fényű fényforrás. Ennek az lehet a magyarázata, hogy bár mindkét fényforrás képes volt pozitív fototaxissal magához vonzani a kompenzációs repülésben résztvevő rovarokat, a vízszintesen poláros fény a pozitív fototaxis mellett pozitív polarotaxist is kiváltott, miáltal sokkal több kérészt tudott magához vonzani (SZÁZ *et al.* 2015).

A dunavirág-egyedek tömeges pusztulása a természetvédelmi károkozás mellett veszélyes helyzetek kialakulását is okozhatja. A kérésztömeg megjelenése miatt romlanak a látási viszonyok a hidak útjain, miközben a rovartetemek miatt csúszóssá, balesetveszélyessé válnak az aszfalt útburkolatok. Közegészségügyi szempontból pedig az elpusztult kérészeket fogyasztó patkányok megjelenése jelenthet veszélyt. Mindezek alapján megállapítható, hogy több ok miatt is fontos csökkenteni a kialakult ökológiai csapda károkozását.

A fentiekben ismertetett kettős hatáson alapuló ökológiai csapda káros hatásainak méréséklésére kérészvédő fénysorompót fejlesztettünk ki (EGRI *et al.* 2017), melynek első példánya 2019. április 24-én került felszerelésre a tahitótfalui Tildy Zoltán Kis-Duna hidra.

2.6. A poláros fényszennyezés a környezet ártalmak egy új fajtája

Az elmúlt húsz évben végzett vizuális-ökológiai és környezetbiofizikai kutatásokra (HORVÁTH & ZEIL 1996, HORVÁTH *et al.* 1998, KRISKA *et al.* 1998, HORVÁTH & VARJÚ 2004, WILDERMUTH & HORVÁTH 2005, CSABAI *et al.* 2006, KRISKA *et al.* 2006a, 2006b, HORVÁTH *et al.* 2007, HORVÁTH & KRISKA 2008, KRISKA *et al.* 2008b, MALIK *et al.* 2008) alapozva mutattunk rá az ökológiai fényszennyezés (ÖF) egy új formájára, a poláros fény-

szennyezésre (PF). PF alatt szűkebb értelemben a sima (fényes) mesterséges felületekről visszaverődő, erősen és vízszintesen poláros fénynek a polarotaktikus vízirovarokra (beleértve minden rovar, melynek lárvái a vízben fejlődnek) kifejtett káros hatásait értjük.

A PF fizikai, viselkedési és ökológiai alapjai a következők: az Umow-szabály szerint, minél sötétebb egy felület a spektrum adott tartományában, annál nagyobb a róla visszaverődő fény lineáris polarizációfoka. Mivel a durva (matt) felületekről való visszaverődés depolarizációt eredményez, ezért minél simább egy felület, annál polárosabb a visszavert fény. Mivel a sima felszínű nem-fémes anyagokról visszavert fény polarizációiránya mindig merőleges a visszaverődés síkjára, ezért, ha e sík pontosan vagy közel függőleges, akkor a visszavert fény pontosan vagy közel vízszintesen poláros. Mindebből következik:

(1) Függőleges visszaverődési sík mellett a sima és fekete felületek erősen és vízszintesen poláros fényt tükröznek. (2) Minél polárosabb a fény és minél kevésbé tér el a polarizáció iránya a vízszintestől, annál vonzóbb a polarotaktikus vízirovaroknak. (3) Pontosan/közel függőleges visszaverődési sík esetén a sima és fekete felületek többé/kevésbé vonzóak a polarotaktikus rovarok számára. (4) Az erősen és vízszintesen polarizáló száraz felületekhez vonzott vízirovarok kiszárthatnak, a felületekre rakott tojásaik pedig óhatatlanul elpusztulnak (HORVÁTH & ZEIL 1996, HORVÁTH *et al.* 1998, KRISKA *et al.* 1998, HORVÁTH & VARJÚ 2004, WILDERMUTH & HORVÁTH 2005, CSABAI *et al.* 2006, KRISKA *et al.* 2006a, HORVÁTH *et al.* 2007, HORVÁTH & KRISKA 2008, KRISKA *et al.* 2008b). (5) Az erősen és vízszintesen polarizáló mesterséges felületek poláros ökológiai csapdák lehetnek a tojásrakó vízirovarok számára, mivel az odavonzott polarotaktikus rovaroknak e felületekre rakott tojásai elpusztulnak (ROBERTSON & HUTTO 2006, HORVÁTH & KRISKA 2008).

A fentiek alapján a következő tézis fogalmazható meg: Sima és sötét mesterséges felületek pontosan/közel függőleges visszaverődési sík esetén többé/kevésbé vonzóak a polarotaktikus vízirovarok számára, ezért e rovarok poláros ökológiai csapdáiként működnek, miáltal a poláros fényszennyezés egyik legfőbb forrásainak számítanak.

A poláros fényszennyezés egyes gerincesekre és pókokra gyakorolt hatásai

A PF polarotaktikus rovarokat megtévesztő elsődleges hatása mellett a másodlagos hatásai akár előnyösek is lehetnek, mikor bizonyos állatok (például pókok, madarak, denevérek) azokkal a polarotaktikus rovarokkal táplálkoznak, melyeket a poláros fényszennyező források például földre terített mezőgazdasági fényes fekete műanyag fóliák (BERNÁTH *et al.* 2001b, 2008), aszfaltutak (KRISKA *et al.* 1998) vagy a budapesti Duna-part épületeinek üvegfelületei (KRISKA *et al.* 2008b) vonzottak magukhoz.

A rowarevő madarak számára első közelítésben előnyt jelent a poláros fényszennyező forrásokhoz odavonzott polarotaktikus rovarok tömege, amely időszakos és térben jól körülhatárolt, bő zsákmányforrást jelent. Másrészt viszont a tömegrajzó tegzesek miatt megjelenő fészekrabló szarkák és a városi környezettel együttjáró egyéb ragadozók, pl. kőbor macskák megnövekedett predációs veszélyt jelenthetnek rájuk. Ez utóbbi hatást tovább súlyosbíthatja, hogy az időszakosan (a tegzesrajzáskor) megjelenő táplálékhiány elmúltával a madarak nem találnak a területen elegendő táplálékot a fiókáik felneveléséhez. Ezáltal tehát egy kezdetben előnyösnek tűnő élőhely egyes madárfajok esetében később kifejezetten hátrányosnak bizonyulhat az utódnemzedék túlélése szempontjából, ami egy tipikus ökológiai csapda (ROBERTSON & HUTTO 2006, HORVÁTH & KRISKA 2008, ROBERTSON *et al.* 2010, PERESZLÉNYI *et al.* 2017) kialakulását eredményezheti.

A polarotaxissal történő vízdetektálást zavaró természetes tényezők

A polarotaxissal történő vízdetektálást zavaró mesterséges hatások mellett természetes tényezőket is megemlíthetünk. Az ősi aszfaltmocsarak esetében például a föld mélyén felhalmozódott kőolaj természetes módon került a felszínre és csapdázott polarotaktikus vízirovarokat (PILCHER & SEXTON 1993).

Miközben egy kutatásunk során arra kerestük a választ, hogy miért található jelentős mennyiségű vízirovar a borostyánban (WICHARD *et al.* 2009), egy újabb, a polarotaxissal történő vízdetektálást megzavaró természetes tényezőt sikerült felderítenünk. A balti borostyán alapanyagát az eocénben, mintegy 40–50 millió éve élt fák gyantatermelése adta. Kutatásunk során számos vízirovaraxon esetében valószínűsítettük, hogy a gyantás fatörzsek optikai sajátosságait utánzó ragacsos tesztfelületek bizonyos körülmények között a róluk visszavert erősen és vízszintesen poláros fény által megtévesztik, magukhoz vonzzák és csapdázzák a polarotaxissal vizet kereső rovarokat. Mindezek alapján feltételezhető, hogy a fentiekben leírt jelenségnek is szerepe volt abban, hogy a vízirovarok ilyen nagy számban foszilizálódtak a borostyánban (HORVÁTH *et al.* 2019).

A poláros fényszennyezés ellenszerei

A PF egyik lehetséges ellenszere, hogy az azt okozó tükröző felületeket tegyük olyan durvává, hogy a róluk visszaverődő s depolarizálódó fény polarizációfoka essen a polarotaktikus vízirovarok ingerküszöbe alá. A felületi durvaság további előnye, hogy a durva felszínről visszavert fény polarizációiránya általában nem vízszintes, miáltal nem vonzó a polarotaktikus vízirovarok számára.

Egy másik lehetőség a poláros fényszennyezés csökkentésére, hogy a fényt visszaverő felületeket minél világosabbá tesszük, mert az Umow-szabály szerint egy adott hullámhosszon egy felület annál kevésbé polarizálja a róla visszaverődő fényt, minél világosabb. Ennélfogva a fényes (sima) és fekete felületek a poláros fényszennyezés legerősebb forrásai, míg a matt (durva) és fehér felszínek a legkevésbé poláros fényszennyezők.

A napelemek terepkísérleti alkalmazása során figyeltünk fel egy, a poláros fényszennyezés elleni harcban fontos szerepet játszó új jelenségre: a napelemtáblák a vízirovarok számára akkor nem vonzóak, ha a felületükön fehér csikokból álló, a visszavert fényt depolarizáló rácsmintázat található. Erősen és vízszintesen polarizáló tesztfelületekkel igazoltuk, hogy ha ezeket olyan fehér ráccsozattal látjuk el, amely az egységes fényes, fekete felületet kisebb-nagyobb mértékben fölprózza, akkor ezekre akár harmincszor kevesebb vízirovar száll le, mint az azonos felületű ráccsozatlan tesztfelületekre (HORVÁTH *et al.* 2010b). A jelenség hátterében az áll, hogy a repülő vízirovarok vízszintesen poláros fényt tükröző olyan felületeket keresnek az optikai környezetükben, melyek kiterjedése egy fajra jellemző küszöbértéknél nem kisebb.

Napjainkban a gyorsan bekövetkező, globális szintű környezetváltozások miatt az ökológiai csapdák kialakulására egyre nagyobb az esély. A létező ökológiai csapdáknak ma még sajnos csak egy töredékét ismerjük, ezért az ökoszisztémára kifejtett káros hatások valószínűleg jóval nagyobb, mint azt eddig gondolták. Ezért is bír nagy jelentőséggel minden olyan módszer, amellyel csökkenthető az ökológiai csapdahatás.

A poláros fényszennyezés hasznosítása

A PF környezetbarát módszert kínál a haszonállattartásban igen káros, és az emberre is veszélyes betegségek kórokozóit terjesztő vérszívó bögölyök új típusú csapdába ejtésére. A szabadalmaztatott (HORVÁTH GÁBOR & KRISKA GYÖRGY (2007): Rovarcsapda, különösen bögölycsapda (701245/DO), Taba-NOid technológiának nevezett módszer kifejlesztését a bögölyök pozitív polarotaxisának felfedezése tette lehetővé, vagyis annak felismerése, hogy e vérszívó rovarok a poláros fényhez vonzódnak, ezért az ilyen fényt keltő alkalmas csapdaszerkezetekkel befoghatók és elpusztíthatók (HORVÁTH *et al.* 2008, KRISKA *et al.* 2008a, EGRI *et al.* 2012a).

Összefoglalás

A két tematikai egységre osztható cikkben bemutatott kutatásaink egyrészt új adatokat eredményeztek különböző vízirovar-taxonok polarizációérzékelésével és ennek biológiai szerepével kapcsolatban, másrészt bemutatták különböző mesterséges poláros fényforrások és polarizációs mintázatok vízirovarokra kifejtett hatásait.

[1] Kimutattuk, hogy a tiszavirág (*Palingenia longicauda*) más kérészfajokhoz hasonlóan rendelkezik pozitív polarotaxissal, amely ingermozgás jelentős szerepet játszik a hím és nőstény imágók rajzási viselkedésében (KRISKA *et al.* 2007).

[2] Bizonyítottuk, hogy a három korábban vizsgált melegévi árvaszúnyogfajon (LERNER *et al.* 2008, 2011, MELTSEY *et al.* 2008) túl további árvaszúnyogfajok rendelkeznek pozitív polarotaxissal (HORVÁTH *et al.* 2011). Az eredmények arra utalnak, hogy az árvaszúnyogoknál általánosnak tekinthető a polarotaxis. Ez az eredmény megalapozhatja vizuális alapon működő árvaszúnyogcsapdák kifejlesztését, amelyek a közegészségügyi vagy turisztikai szempontú árvaszúnyogritkítások megfelelő eszközei lehetnek.

[3] Igazoltuk a bögölyök ventrális polarizációlátását és pozitív polarotaxisát (HORVÁTH *et al.* 2008, KRISKA *et al.* 2008a). A kutatás eredményeként sikerült valószínűsíteniünk a polarotaxis meghatározó szerepét a bögölyök táplálkozási és szaporodási viselkedésében. A polarotaxis domináns tulajdonságként való igazolása a nőstény és a hím bögölyöknél lehetőséget ad e rovarok optikai alapon működő, nagy hatékonyságú csapdázására (BLAHÓ *et al.* 2012b, EGRI *et al.* 2013).

Megállapítottuk, hogy a fehér szűrő lovak a bögölyök számára kevésbé vonzóak, mint a sötétebb színűek (HORVÁTH *et al.* 2010a). Kísérletekkel és képkalkuló polarimetriai vizsgálatokkal alátámasztottuk azt, hogy e jelenség a testfelület fénypolarizáló képességével és a bögölyök pozitív polarotaxisával magyarázható. További, a bögölyök polarotaktikus gazdadetekciójával kapcsolatos kutatások eredményeként leírtunk egy újfajta polarotaxist (EGRI *et al.* 2012a), és kapcsolatot találtunk a potenciális gazdaállatok kültakaró-mintázata és bögölytaszító képessége között (BLAHÓ *et al.* 2012a, 2013, EGRI *et al.* 2012b).

[4] Képkalkuló polarimetriai mérésekkel és választásos terepkísérletekkel kimértük olyan szitakötők, kérészek és bögölyök ventrális szemrésznének polarizációfok ingerküszöb p^* -értékét, amelyek pozitív polarotaxisának igazolása már korábban megtörtént (KRISKA *et al.* 2009). Ez a munka nyújtott először kísérleti alapon p^* -értékeket a kérészek, szitakötők és

bögyök esetében. A vízirovarok p^* -értékeinek ismerete lehetőséget ad arra, hogy az ember alkotta optikai környezetben mérhető és monitorozhatóak legyenek azok a mesterséges felületek, amelyek vízszintesen poláros fényt visszaverve megtéveszthetik a vizet kereső különböző vízirovarfajokat.

[5] Megállapítottuk, hogy az *Ephoron virgo* és *Caenis robusta* kérészfajok egyedei kevésbé vonzódnak a függőlegesen poláros fényhez, mint a polarizálatlanhoz (FARKAS *et al.* 2016). A különbség a vízszintesen poláros és a függőlegesen poláros fény között még kifejezettebb: az előbbi sokkal vonzóbb, mint az utóbbi. Eredményeink szerint e viselkedés jelentősége abban áll, hogy a kérészek vízfelszíni repülésükkor visszafordulnak azon felszínrészektől, amelyek függőlegesen vagy nem vízszintesen poláros fényt tükröznek, így jelezve a kérészek rajzása és tojásrakása szempontjából alkalmatlan partrészeket. Egy különleges következménye e viselkedésnek a kompenzációs repülésben részt vevő kérészek visszafordulása a hidaknál, ahol a híd vízre vetülő árnyékánál és tükörképénél gyakran függőlegesen poláros fényt tükröződik.

[6] Meghatároztuk az ökológiai csapdák egy speciális formáját: a vízirovarokat fenyegető poláros fényszennyezést (HORVÁTH *et al.* 2009), melynek tipikus forrásai a kőolaj- és pakuratavak (BERNÁTH *et al.* 2001a), az aszfaltutak (KRISKA *et al.* 1998), a mezőgazdaságban használatos fekete műanyag fóliák (BERNÁTH *et al.* 2008), az üvegházak és épületek üvegfelületei (KRISKA *et al.* 2008b, MALIK *et al.* 2008), az autók karosszériája (KRISKA *et al.* 2006a), fekete sírkövek (HORVÁTH *et al.* 2007), a napelemek és napkollektorok (HORVÁTH *et al.* 2010b). Ha egy polarotaktikus vízirovar választhat e vízszintesen polarizáló felületek és egy vízfelület között, akkor az előbbieket szupernormális polarizációs jele miatt nem a vizet választja. A poláros fényt visszaverő pernyemező vizsgálata (KRISKA *et al.* 2006b) során viszont azt bizonyítottuk, hogy ez a mesterséges objektum nem képes pozitív polarotaxist kiváltani a vízirovarokból, ami azzal magyarázható, hogy bár az erősen polarizáló fekete pernyemezők magas lineáris polarizációfokú fényt vernek vissza, a szoláris és antiszoláris meridián irányától eltekintve a róluk visszaverődő fény átlagos polarizációiránya nem vízszintes, és a polarizációirány szórása mindig nagy.

[7] Kutatásaink eredményeként kimutattuk, hogy az ökológiai fényszennyezés különböző forrásai képesek összetett ökológiai csapdákat képezni, amelyek nagyobb területen fejtik ki hatásukat, és váratlanul nagy rovarpusztulásokat is okozhatnak (BODA *et al.* 2014, SZÁZ *et al.* 2015). Megállapítottuk, hogy az összetett fénypolarizációs ingerek által vezérelt ökológiai csapdák egyik típusa a polarotaktikus szívóhatással kiegészülő foto- és polarotaktikus ökológiai csapda. Ennél egy pozitív polarotaxissal bíró rovarömeget egy fénypolarizációs jel vezethet valamely mesterséges fényforrás közelébe, ahol a pozitív foto- és polarotaxisuk révén halálos ökológiai csapdába kerülhetnek. E jelenség első két példáját a dunavirág (*Ephoron virgo*) éjszakai tömegrajzása (SZÁZ *et al.* 2015) és a dán kérész (*Ephemera danica*), valamint a tarka kérész (*E. vulgata*) szaporodási viselkedése esetében sikerült dokumentálnunk (EGRI *et al.* 2017).

A vízirovarok polarotaxisának és fénypolarizációs csapdáinak alaposabb megismerését célzó kutatásaink során nagy hangsúlyt fektettünk a megszerzett ismeretek gyakorlati felhasználására is. A cikk részeként bemutatásra kerültek a poláros fényszennyezés és az összetett foto- és polarotaktikus ökológiai csapda hatását csökkentő/megszüntető eljárások, eszközök (KRISKA *et al.* 1998, 2006a, 2008b, HORVÁTH *et al.* 2009, 2010b, 2010c, SZÁZ *et al.* 2016).

A poláros fényszennyezés jelenségének gyakorlati hasznosítását jelentheti a közegészségügyi vagy gazdasági szempontból kártékonynak tekinthető polarotaktikus rovarokat, például a bögölyöket fénypolarizációs módszerrel csapdázó eszközök kifejlesztése. Az erre irányuló tevékenységünk eredményeként számos publikáció jelent meg, amelyek a jelenség elméleti hátterének feltárása (HORVÁTH *et al.* 2008, 2010a, KRISKA *et al.* 2008a, 2009, BLAHÓ *et al.* 2012a, EGRI *et al.* 2012a, 2012b) mellett a nagy hatékonyságú fénypolarizációs bögölycsapdák megvalósításához (BLAHÓ *et al.* 2012b, EGRI *et al.* 2013) is segítséget adnak.

Köszönetnyilvánítás. Hálás vagyok a következő magyar és külföldi kollégáimnak, társszerzőimnek és diákjaimnak a cikkben bemutatott kutatási eredmények eléréséhez történő nélkülözhetetlen hozzájárulásukért: ANDRIKOVICS SÁNDOR, ANTONI GYÖRGYI, BARTA ANDRÁS, BÁHIDSZKI LEA, BERNÁTH BALÁZS, BLAHÓ MIKLÓS, BODA PÁL, BRUCE ROBERTSON (USA), CSABAI ZOLTÁN, CZINKE LÁSZLÓ, DÉVAI GYÖRGY, EGRI ÁDÁM, FARKAS ALEXANDRA, FARKAS RÓBERT, GYURKOVSKY MÓNICA, HANSRUEDI WILDERMUTH (SVÁJC), HEGEDŰS RAMÓN, HERCZEG TAMÁS, HORVÁTH GÁBOR, HORVÁTH VIKTOR, LENGYEL SZABOLCS, MAJER JÓZSEF, MALIK PÉTER, MÁLNÁS KRISTÓF, MÉSZÁROS ÁDÁM, MOLNÁR GERGELY, MIZERA FERENC, MÓRA ARNOLD, NEUMANN LÁSZLÓ, POLYÁK LÁSZLÓ, PRILL ÉVA, SÁNDOR ANDRÁS, SERES ISTVÁN, SUHAI BENCE, SUSANNE AKESSON (SVÉDORSZÁG), SZÁZ DÉNES, SZEDENICS GÁBOR, SZIVÁK ILDIKÓ, TARJÁNYI NIKOLETT. Az Eu-FP7 kutatás-fejlesztési pályázat (TaBaNOid-232366) tette lehetővé számunkra a poláros bögölycsapda különböző prototípusainak kifejlesztését és terepen történő tesztelését, optimalizálását (BLAHÓ *et al.* 2012b, EGRI *et al.* 2013).

Irodalomjegyzék

- BERNÁTH B., SZEDENICS G., MOLNÁR G., KRISKA GY. & HORVÁTH G. 2001a. Visual ecological impact of "shiny black anthropogenic products" on aquatic insects: oil reservoirs and plastic sheets as polarized traps for insects associated with water. *Archives of Nature Conservation and Landscape Research*, 40(2): 89–109.
- BERNÁTH B., SZEDENICS G., MOLNÁR G., KRISKA GY. & HORVÁTH G. 2001b. Visual ecological impact of a peculiar waste oil lake on the avifauna: dual-choice field experiments with water-seeking birds using huge shiny black and white plastic sheet. *Archives of Nature Conservation and Landscape Research* 40(1): 1–28.
- BERNÁTH B., SZEDENICS G., WILDERMUTH H. & HORVÁTH G. 2002. How can dragonflies discern bright and dark waters from a distance? The degree of polarization of reflected light as a possible cue for dragonfly habitat selection. *Freshwater Biology*, 47: 1707–1719. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.2002.00931.x>
- BERNÁTH B., KRISKA GY., SUHAI B. & HORVÁTH G. 2008. Insectivorous birds as insect indicators on plastic sheets attracting polarotactic aquatic insects. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 54(1) (Suppl. 1): 145–155.
- BLAHÓ M., EGRI Á., BÁHIDSZKI L., KRISKA GY., HEGEDŰS R., AKESSON S. & HORVÁTH G. 2012a. Spottier targets are less attractive to tabanid flies: on the tabanid-repellency of spotty fur patterns. *PLoS ONE*, 7(8): e41138. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041138>
- BLAHÓ M., EGRI Á., BARTA A., KRISKA GY., ANTONI G. & HORVÁTH G. 2012b. How can horseflies be captured by solar panels? A new concept of tabanid traps using light polarization and electricity produced by photovoltaics. *Veterinary Parasitology*, 189: 353–365. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.04.016>

- BLAHÓ M., EGRI Á., SZÁZ D., KRISKA GY., ÅKESSON S. & HORVÁTH G. 2013. Stripes disrupt odour attractiveness to biting horseflies: Battle between ammonia, CO₂, and colour pattern for dominance in the sensory systems of host-seeking tabanids. *Physiology and Behavior*, 119: 168–174. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.06.013>
- BODA P., HORVÁTH G., KRISKA GY., BLAHÓ M. & CSABAI Z. 2014. Phototaxis and polarotaxis hand in hand: night dispersal flight of aquatic insects distracted synergistically by light intensity and reflection polarization. *Naturwissenschaften*, 101(5): 385–395. <https://doi.org/10.1007/s00114-014-1166-2>
- BRODSKIY A.K. 1973. The swarming behavior of mayflies (Ephemeroptera). *Entomological Review*, 52: 33–39.
- CSABAI Z., BODA P., BERNÁTH B., KRISKA GY. & HORVÁTH G. 2006. A ‘polarisation sun-dial’ dictates the optimal time of day for dispersal by flying aquatic insects. *Freshwater Biology*, 51: 1341–1350. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2006.01576.x>
- EGRI Á., BLAHÓ M., SÁNDOR A., KRISKA GY., GYURKOVSKY M., FARKAS R. & HORVÁTH G. 2012a. New kind of polarotaxis governed by degree of polarization: attraction of tabanid flies to differently polarizing host animals and water surfaces. *Naturwissenschaften*, 99: 407–416. <https://doi.org/10.1007/s00114-012-0916-2>
- EGRI Á., BLAHÓ M., KRISKA GY., FARKAS R., GYURKOVSKY M., ÅKESSON S. & HORVÁTH G. 2012b. Polarotactic tabanids find striped patterns with brightness and/or polarization modulation least attractive: An advantage of zebra stripes. *Journal of Experimental Biology*, 215: 736–745. <https://doi.org/10.1242/jeb.065540>
- EGRI Á., BLAHÓ M., SZÁZ D., BARTA A., KRISKA GY., ANTONI G. & HORVÁTH G. 2013. A new tabanid trap applying a modified concept of the old flypaper: Linearly polarizing sticky black surfaces as an effective tool to catch polarotactic horseflies. *International Journal for Parasitology*, 43: 555–563. <https://doi.org/10.1016/j.ijpara.2013.02.002>
- EGRI Á., SZÁZ D., FARKAS A., PERESZLÉNYI Á., HORVÁTH G. & KRISKA GY. 2017. Method to improve the survival of night-swarming mayflies near bridges in areas of distracting light pollution. *Royal Society Open Science*, 4: 171166, 9p. <https://doi.org/10.1098/rsos.171166>
- EGRI Á., KRISKA GY. & HORVÁTH G. 2018. Method to reduce motion artifacts of sequential imaging polarimetry: Long enough exposures minimize polarization blurs of wavy water surfaces. *Applied Optics*, 57: 7564–7569. <https://doi.org/10.1364/AO.57.007564>
- FARKAS A., SZÁZ D., EGRI Á., BARTA A., MÉSZÁROS Á., HEGEDÜS R., HORVATH G. & KRISKA GY. 2016. Mayflies are least attracted to vertical polarization: a polarotactic reaction helping to avoid unsuitable habitats. *Physiology and Behavior*, 163: 219–227. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.05.009>
- HORVÁTH G. & ZEIL J. 1996. Kuwait oil lakes as insect traps. *Nature*, 379: 303–304. <https://doi.org/10.1038/379303a0>
- HORVÁTH G., BERNÁTH B. & MOLNÁR G. 1998. Dragonflies find crude oil visually more attractive than water: multiple-choice experiments on dragonfly polarotaxis. *Naturwissenschaften*, 85: 292–297. <https://doi.org/10.1007/s001140050503>
- HORVÁTH G. & VARIJÚ D. 1997. Polarization pattern of freshwater habitats recorded by video polarimetry in red, green and blue spectral ranges and its relevance for water detection by aquatic insects. *Journal of Experimental Biology*, 200: 1155–1163. <https://doi.org/10.1242/jeb.200.7.1155>
- HORVÁTH G. & VARIJÚ D. 2004. *Polarized Light in Animal Vision – Polarization Patterns in Nature*. Springer-Verlag, Heidelberg–Berlin–New York. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-09387-0>
- HORVÁTH G., MALIK P., KRISKA GY. & WILDERMUTH H. 2007. Ecological traps for dragonflies in a cemetery: the attraction of *Sympetrum* species (Odonata: Libellulidae) by horizontally polarizing black gravestones. *Freshwater Biology*, 52: 1700–1709. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2007.01798.x>

- HORVÁTH G. & KRISKA G. 2008. Polarization vision in aquatic insects and ecological traps for polarotactic insects. In: LANCASTER J. & BRIERS R.A. (eds.): *Aquatic Insects: Challenges to Populations*. Wallingford, UK: CAB International Publishing, pp. 204–229. <https://doi.org/10.1079/9781845933968.0204>
- HORVÁTH G., MAJER J., HORVÁTH L., SZIVÁK I. & KRISKA GY. 2008. Ventral polarization vision in tabanids: horseflies and deerflies (Diptera: Tabanidae) are attracted to horizontally polarized light. *Naturwissenschaften*, 95: 1093–1100. <https://doi.org/10.1007/s00114-008-0425-5>
- HORVÁTH G., KRISKA GY., MALIK P. & ROBERTSON B. 2009. Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7(6): 317–325. <https://doi.org/10.1890/080129>
- HORVÁTH G., BLAHÓ M., KRISKA GY., HEGEDŰS R., GERICS B., FARKAS R. & ÅKESSON S. 2010a. An unexpected advantage of whiteness in horses: the most horsefly-proof horse has a depolarizing white coat. *Proceedings of the Royal Society of London B*, 277: 1643–1650. <https://doi.org/10.1098/rspb.2009.2202>
- HORVÁTH G., BLAHÓ M., EGRI Á., KRISKA GY., SERES I. & ROBERTSON B. 2010b. Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology*, 24: 1644–1653. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01518.x>
- HORVÁTH G., KRISKA GY., MALIK P., HEGEDŰS R., NEUMANN L., ÅKESSON S. & ROBERTSON B. 2010c. *Asphalt surfaces as ecological traps for water-seeking polarotactic insects: How can the polarized light pollution of asphalt surfaces be reduced?* Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, New York, USA
- HORVÁTH G., MÓRA A., BERNÁTH B. & KRISKA GY. 2011. Polarotaxis in non-biting midges: female chironomids are attracted to horizontally polarized light. *Physiology and Behavior*, 104(5): 1010–1015. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2011.06.022>
- HORVÁTH G., PERESZLÉNYI Á., ÅKESSON S. & KRISKA GY. 2019. Striped bodypainting protects against horseflies. *Royal Society Open Science*, 6: 181325. (<https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsos.181325>).
- HORVÁTH G., EGRI Á., MEYER-ROCHOW V.B. & KRISKA GY. 2019. How did amber get its aquatic insects? Water-seeking polarotactic insects trapped by tree resin. *Historical Biology*, 33(6): 846–856. <https://doi.org/10.1080/08912963.2019.1663843>
- KOKKO H. & SUTHERLAND W.J. 2001. Ecological traps in changing environments: ecological and evolutionary consequences of a behaviourally mediated Allee effect. *Evolutionary Ecology Research*, 3: 537–551.
- KÖNNEN G. P. 1985. *Polarized Light in Nature*. Cambridge University Press, Cambridge.
- KRISKA GY. 2020. *Vízirovarok polarizációérzékelése, poláros ökológiai csapdák*. MTA doktori értekezés (Polarization vision of aquatic insects, polarized ecological traps. DSc dissertation). 151 pp. https://real-d.mtak.hu/1254/10/dc_1715_19_doktori_mu.pdf
- KRISKA GY., HORVÁTH G. & ANDRIKOVICS S. 1998. Why do mayflies lay their eggs en masse on dry asphalt roads? Water-imitating polarized light reflected from asphalt attracts Ephemeroptera. *Journal of Experimental Biology*, 200: 2273–2286. <https://doi.org/10.1242/jeb.201.15.2273>
- KRISKA GY., CSABAI Z., BODA P., MALIK P. & HORVÁTH G. 2006a. Why do red and dark-coloured cars lure aquatic insects? The attraction of water insects to car paintwork explained by reflection-polarization signals. *Proceedings B of the Royal Society*, 273: 1667–1671. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3500>
- KRISKA G., MALIK P., CSABAI Z. & HORVÁTH G. 2006b. Why do highly polarizing black burnt-up stubble-fields not attract aquatic insects? An exception proving the rule. *Vision Research*, 46: 4382–4386. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2006.08.020>

- KRISKA GY., BERNÁTH B. & HORVÁTH G. 2007. Polarotaxis in a mayfly that needs not search for water: polarotactic water detection in *Palingenia longicauda* (Ephemeroptera). *Naturwissenschaften*, 94: 148–154. <https://doi.org/10.1007/s00114-006-0180-4>
- KRISKA GY., MAJER J., HORVÁTH L., SZIVÁK I. & HORVÁTH G. 2008a. Polarotaxis in tabanid flies and its practical significance. *Acta Biologica Debrecina, Supplementum Oecologica Hungarica*, 18: 101–108.
- KRISKA GY., MALIK P., SZIVÁK I. & HORVÁTH G. 2008b. Glass buildings on river banks as "polarized light traps" for mass-swarmed polarotactic caddis flies. *Naturwissenschaften*, 95(5): 461–467. <https://doi.org/10.1007/s00114-008-0345-4>
- KRISKA GY., BERNÁTH B., FARKAS R. & HORVÁTH G. 2009. Degrees of polarization of reflected light eliciting polarotaxis in dragonflies (Odonata), mayflies (Ephemeroptera) and tabanid flies (Tabanidae). *Journal of Insect Physiology*, 55: 1167–1173. <https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2009.08.013>
- LEE J.J. 2012. Mystery of zebra's stripes finally solved? *Science*: <http://news.sciencemag.org/2012/02/mystery-zebras-stripes-finally-solved>
- LERNER A., MELTNER N., SAPIR N., ERLICK C., SHASHAR N. & BROZA M. 2008. Reflected polarization guides chironomid females to oviposition sites. *Journal of Experimental Biology*, 211: 3536–3543. <https://doi.org/10.1242/jeb.022277>
- LERNER A., SAPIR N., ERLICK C., MELTNER N., BROZA M. & SHASHAR N. 2011. Habitat availability mediates chironomid density-dependent oviposition. *Oecologia*, 165: 905–14. <https://doi.org/10.1007/s00442-010-1893-9>
- MALIK P., HEGEDŰS R., KRISKA GY. & HORVÁTH G. 2008. Imaging polarimetry of glass buildings: Why do vertical glass surfaces attract polarotactic insects? *Applied Optics*, 47(24): 4361–4374. <https://doi.org/10.1364/AO.47.004361>
- MÁLNÁS K., POLYÁK L., PRILL É., HEGEDŰS R., KRISKA GY., DÉVAI GY., HORVÁTH G. & LENGYEL SZ. 2011. Bridges as optical barriers and population disruptors for the mayfly *Palingenia longicauda*: an overlooked threat to freshwater biodiversity? *Journal of Insect Conservation*, 15: 823–832. <https://doi.org/10.1007/s10841-011-9380-0>
- MELTNER N., KASHI Y. & BROZA M. 2008. Does polarized light guide chironomids to navigate toward water surfaces? *Boletim do Museu Municipal do Funchal (História Natural)*, 13: 141–149.
- MIZERA F., BERNÁTH B., KRISKA GY. & HORVÁTH G. 2001. Stereo videopolarimetry: measuring and visualizing polarization patterns in three dimensions. *Journal of Imaging Science and Technology*, 45(4): 393–399. <https://doi.org/10.2352/J.ImagingSci.Technol.2001.45.4.art00012>
- PERESZLÉNYI Á., HORVÁTH G. & KRISKA GY. 2017. Atypical feeding of woodpeckers, crows and redstarts on mass-swarmed *Hydropsyche pellucidula* caddisflies attracted to glass panes. *Urban Ecosystems*, 20: 1203–1207. <https://doi.org/10.1007/s11252-017-0672-3>
- PILCHER C.W.T. & SEXTON D.B. 1993. Effects of the gulf war oil spills and well-head fires on the avifauna and environment of Kuwait. *Sandgrouse*, 15: 6–17.
- ROBERTSON B.A. & HUTTO R.L. 2006. A framework for understanding ecological traps and an evaluation of existing evidence. *Ecology*, 87: 1075–1085. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2006\)87\[1075:AFFUET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2006)87[1075:AFFUET]2.0.CO;2)
- ROBERTSON B., KRISKA GY., HORVÁTH V. & HORVÁTH G. 2010. Glass buildings as bird feeders: Urban birds exploit insects trapped by polarized light pollution. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 56(3): 283–293.
- SCHLAEPFER M.A., RUNGE M.C. & SHERMAN P.W. 2002. Ecological and evolutionary traps. *Trends in Ecology and Evolution*, 17(10): 478–480. [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(02\)02580-6](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(02)02580-6)

- SCHWIND R. 1983a. Zonation of the optical environment and zonation in the rhabdom structure within the eye of the backswimmer, *Notonecta glauca*. *Cell and Tissue Research*, 232: 53–63. <https://doi.org/10.1007/BF00222373>
- SCHWIND R. 1983b. A polarization-sensitive response of the flying water bug *Notonecta glauca* to UV light. *Journal of Comparative Physiology*, 150: 87–91. <https://doi.org/10.1007/BF00605291>
- SCHWIND R. 1984a. Evidence for true polarization vision based on a two-channel analyser system in the eye of the water bug, *Notonecta glauca*. *Journal of Comparative Physiology A*, 154: 53–57. <https://doi.org/10.1007/BF00605390>
- SCHWIND R. 1984b. The plunge reaction of the backswimmer *Notonecta glauca*. *Journal of Comparative Physiology A*, 155: 319–321. <https://doi.org/10.1007/BF00610585>
- SCHWIND R. 1985a. Sehen unter und über Wasser, Sehen vom Wasser: Das Sehsystem eines Wasserinsektes. *Naturwissenschaften*, 72: 343–352. <https://doi.org/10.1007/BF00410595>
- SCHWIND R. 1985b. A further proof of polarization vision of *Notonecta glauca* and a note on threshold intensity for eliciting the plunge reaction. *Experientia*, 41: 466–467. <https://doi.org/10.1007/BF01966149>
- SCHWIND R. 1989. A variety of insects are attracted to water by reflected polarized light. *Naturwissenschaften*, 76: 377–378. <https://doi.org/10.1007/BF00366211>
- SCHWIND R. 1991. Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. *Journal of Comparative Physiology A*, 169: 531–540. <https://doi.org/10.1007/BF00193544>
- SCHWIND R. 1995. Spectral regions in which aquatic insects see reflected polarized light. *Journal of Comparative Physiology A*, 177: 439–448. <https://doi.org/10.1007/BF00187480>
- STEVANI C.V., PORTO J.S., TRINDADE D.J. & BECHARA E.J.H. 2000a. Automotive clearcoat damage due to oviposition of dragonflies. *Journal of Applied Polymer Science*, 75: 1632–1639. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4628\(20000328\)75:13<1632::AID-APP9>3.0.CO;2-M](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4628(20000328)75:13<1632::AID-APP9>3.0.CO;2-M)
- STEVANI C.V., FARIA D.L.A., PORTO J.S., TRINDADE D.J. & BECHARA E.J.H. 2000b. Mechanism of automotive clearcoat damage by dragonfly eggs investigated by surface enhanced Raman scattering. *Polymer Degradation and Stability*, 68: 61–66. [https://doi.org/10.1016/S0141-3910\(99\)00165-2](https://doi.org/10.1016/S0141-3910(99)00165-2)
- SVIHLA A. 1961. An unusual ovipositing activity of *Pantala flavescens* Fabricius. *Tombo*, 4: 18.
- SZÁZ D., HORVÁTH G., BARTA A., ROBERTSON B.A., FARKAS A., EGRI Á., TARIÁNYI N., RÁCZ G. & KRISKA GY. 2015. Lamp-lit bridges as dual light-traps for the night-swarming mayfly, *Ephoron virgo*: Interaction of polarized and unpolarized light pollution. *PLoS ONE*, 10(3): e0121194. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121194>
- SZÁZ D., MIHÁLYI D., FARKAS A., EGRI Á., BARTA A., KRISKA GY., ROBERTSON B. & HORVÁTH G. 2016. Polarized light pollution of matte solar panels: anti-reflective photovoltaics reduce polarized light pollution but benefit only some aquatic insects. *Journal of Insect Conservation*, 20: 663–675. <https://doi.org/10.1007/s10841-016-9897-3>
- TORRALBA-BURRIAL A. & OCHARAN F. J. 2003. Coches como hábitat para libélulas? Algunos machos de *Crocothemis erythraea* creen que sí. *Boletín de la Sociedad Entomología Aragonesa*, 32: 214–215.
- WATSON J.A.L. 1992. Oviposition by exophytic dragonflies on vehicles. *Notulae Odonatologicae*, 3: 137.
- WICHARD W., GRÖHN C. & SEREDSZUS F. 2009. *Aquatic Insects in Baltic Amber*. Verlag Kessel.
- WILDERMUTH H. 1993. Habitat selection and oviposition site recognition by the dragonfly *Aeshna juncea* (L.): an experimental approach in natural habitats (Anisoptera, Aeshnidae). *Odonatologica*, 22: 27–44.

- WILDERMUTH H. 1998. Dragonflies recognize the water of rendezvous and oviposition sites by horizontally polarized light: A behavioural field test. *Naturwissenschaften*, 85: 297–302. <https://doi.org/10.1007/s001140050504>
- WILDERMUTH H. & SPINNER W. 1991. Visual cues in oviposition site selection by the *Somatochlora arctica* (Zetterstedt) (Anisoptera: Corduliidae). *Odonatologica*, 20: 357–367.
- WILDERMUTH H. & HORVÁTH G. 2005. Visual deception of a male *Libellula depressa* by the shiny surface of a parked car (Odonata: Libellulidae). *International Journal of Odonatology*, 8: 97–105. <https://doi.org/10.1080/13887890.2005.9748246>
- WYNIGER R. 1955. Beobachtungen über die Eiablage von *Libellula depressa* L. (Odonata, Libellulidae). *Mitteilungen der Entomologischen Gesellschaft Basel (NF)*, 5: 62–63. <https://doi.org/10.5962/bhl.part.75438>

Polarization vision of aquatic insects, polarized ecological traps²

GYÖRGY KRISKA^{1,2}

¹ Group for Methodology in Biology Teaching, Biological Institute, Eötvös University, H-1117 Budapest, Pázmány sétány 1, Hungary

² HUN-REN Centre for Ecological Research, Institute of Aquatic Ecology, MTA-ÖK Lendület "Momentum" Fluvial Ecology Research Group, H-1113 Budapest, Karolina út 29, Hungary
E-mail: kriska.gyorgy@ttk.elte.hu

ÁLLATTANI KÖZLEMÉNYEK (2024) 109(1–2): 151–175.

Abstract. The research presented in this review paper provided new data on the polarization vision of different aquatic insect taxa and its biological role. It has also demonstrated the effects of different artificial polarized light sources and their polarization patterns on aquatic insects. In the first part we summarize the light polarization vision-based behaviour of mayflies (Ephemeroptera), dragonflies (Odonata), non-biting midges (Chironomidae) and horseflies (Tabanidae) that play a crucial role in the survival of each taxon. Research presented in the second thematic unit has shown that polarotactic aquatic insects often prefer artificial surfaces that are totally unsuitable as habitat and reflect strongly and horizontally polarized light, rather than the water surface. The striking levels of insect mortality frequently observed near such artificial surfaces have played an important role in the scientific definition of the term ecological trap. A specific form of ecological traps is polarized light pollution, which is a threat to aquatic insects, and whose typical sources are oil lakes, asphalt roads, black plastic sheeting used in agriculture, glass surfaces of greenhouses and buildings, car bodies, black tombstones, solar panels and solar collectors. If a polarotactic aquatic insect has a choice between these horizontally polarizing surfaces and a water surface, it will not choose water because of the supernormal polarization signal of the former. The exploration of this phenomenon has led to the recognition and definition of a new type of ecological light pollution, polarized light pollution.

Keywords: compensation flight, polarization vision, polarotaxis, *Palingenia longicauda*, *Ephoron virgo*, *Hydropsyche pellucidula*, *Sympetrum*

Accepted: 17.11.2024

Published online: 22.11.2024

² Short outline of DSc dissertation (defended in 2021). The complete work can be accessed: <https://real-d.mtak.hu/1254/>

Az Állattani Szakosztály ülései (2023. november 20. – 2024. október 9.)

TÓTH BALÁZS

Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, 1088 Budapest, Baross utca 13.
E-mail: toth.balazs@nhmus.hu

Az előadásokról videófelvetelek készülnek, amelyeket szerkesztés után feltöltünk a Szakosztály nyilvános YouTube-csatornájára. Ennek megfelelően a levezető elnök minden előadóülés elején bejelenti, hogy az előadások a továbbiakban videokamerával rögzítésre kerülnek, és a felvételeken történő megjelenést a hallgatóság tagjai az ülésen történő további részvétellel vállalják. A felvételek rögzítését, szerkesztését és feltöltését SÜLYÁN PÉTER végzi, akinek ezúton is köszönetemet fejezem ki, mert munkájával nagymértékben megkönnyítette jelen összefoglaló elkészítését.

Köszönettel tartozunk a társrendező Magyar Nemzeti Múzeum Közgyűjteményi Központ – Magyar Természettudományi Múzeumnak, amiért előadóüléseink helyszínét, a Semsey Andor előadótermet 2020-tól térítésmentesen a Magyar Biológiai Társaság rendelkezésére bocsátja, továbbá biztosítja az előadóülések megtartásához és rögzítéséhez szükséges technikai hátteret.

Helyesbítés

DEMETER ANDRÁS tagtársunk hívta fel a figyelmet arra, hogy az *Állattani Közlemények* 2022. évi 107(1–2). kötet előadóüléseinek jegyzőkönyvében az Állattani Szakosztály 1055. és a Magyar Rovartani Társaság 882. közös előadóülésének időpontja hibásan szerepel: nem 2020. szeptember 20-án, hanem 2021. november 19-én tartottuk. Így a 1056. ülést bevezető bekezdés sem helyes, miszerint 2021-ben csak online ülések lettek volna.

Köszönettel tartozom DEMETER ANDRÁSNAK a hiba jelzéséért.

1066. előadóülés, 2023. november 20-án

A VII. Herpetológiai Előadóülést 2023. november 20-án rendezte meg a Magyar Madár- és Természetvédelmi Egyesület Kétéltű- és Hüllővédelmi Szakosztálya, a Magyar Természettudományi Múzeum és a Magyar Biológiai Társaság Állattani Szakosztálya az MTM Semsey Andor előadótermében. A rendezvényen összesen 70 fő vett részt a hazai egyetemek, kutatóintézetek, nemzeti parkok és civil szervezetek képviselőiben. Az előadóülésről szóló részletes beszámoló és az absztraktkötet elérhető az MME honlapjáról: https://mme.hu/khvsz/7_herpetologiai_eloadoules_beszamolo

1067. előadórés, 2023. december 6-án

Az ülést LOKSA IMRE emlékének szenteltük, FARKAS JÁNOS elnök úr vezette le. Megnyitójában elmondta, hogy LOKSA IMRE klasszikus oktató volt, iskolateremtő és szemléletformáló hatással. Az egyetemi terepgyakorlatokon minden, elé került élőlényről tudott valamilyen információt átadni a hallgatóknak. Tevékenysége szöges ellentétben áll a mai viszonyokkal, ahol az egyetemi oktatókra is publikációs kényszer nehezedik.

1. KÁDÁR ILDIKÓ: *LOKSA IMRE emléktáblájának leleplezése a Lóczi-barlang látogatóközpontjában.*

Az emléktábla állítását az 1974-ben végzett évfolyam egykori hallgatói kezdeményezték. A helyszínét az a tény indokolta, hogy e barlang faunájának első kutatója LOKSA IMRE volt, aki három, tudományra új fajt írt le innen. Az emléktábla készítését és állítását közadakozásból és LOKSA IMRE fia, ISTVÁN adományából finanszírozták. Leleplezésére 2023. október 3-án 11:00-kor került sor. Az ünnepi beszédeket a Balaton-felvidéki Nemzeti Park Igazgatóság (BfNPI) munkatársai, egykori évfolyamtársak, FARKAS JÁNOS és LOKSA ISTVÁN tartották. Az előadásban fényképeket láthattunk a beszédekről és az emléktábla leleplezéséről. Az előadás végén SZIRÁKI GYÖRGY elmondta, hogy a BfNPI területén már ezelőtt is állt egy emléktábla, amely Nagygörbő határában a tanösvényen a bazaltfolyásnál, a Kovács-hegy oldalában tekinthető meg. Hozzászóló érdeklődését az ikerszelvényesek már középiszolás korában felkeltették; diplomamunkájában, majd doktori értekezésében is e csoporttal foglalkozott, témavezetője LOKSA IMRE volt.

2. TÖRÖK JÚLIA KATALIN: *Száz éve született LOKSA IMRE.*

Előadó személyes élménnyel kezdte előadását: 1988/1989 folyamán LOKSA IMRÉNÉL hallgatott állatrendszertant, már „az utolsó pillanatban”. Ezután tért rá LOKSA IMRE életútjának ismertetésére. Már tíz évesen jutalmat kapott gyűjteményéért. Neve először az 1946/1947. tanév egyetemi almanachjában bukkan fel, az 1947/1948. tanévben már proszemináriumi előadó. Az *Állatföldrajz* tárgy előadásait 1954-től, a *Kárpát-medence állatvilága* előadásait 1957-től tartotta; a *Rovarak rendszere* tárgyat 1959-től, a *Fejlődéstörténeti állatrendszertan* tárgyat 1966-tól oktatta. Szakbizottsági tag, emellett a Természettudományi Kari Tanács, valamint a Doktori Bizottság tagja volt. Az 1983/1984. tanévtől nyugdíjazásáig tanszékvezető egyetemi docens volt. A Trefort Ágoston Emléklapot 1992-ben kapta meg. Nevéhez összesen 104 közlemény fűződik, ebből 80-at egymaga jegyzett. Első publikációja még egyetemi hallgató korában jelent meg. Az általa leírt fajcsoportrangú taxonok közül nagyjából 80 ma is érvényes, melyek az ugróvillások, a pókok és a soklábúak közül kerülnek ki. Öt ezerlábú-genust is leírt. Jó rajztehetsége révén közleményeit maga illusztrálta. A bokorerdőkről írt kézikönyve nívódíjat kapott. A *Fauna Hungariae* sorozatban elkészítette a *Pókok I.* füzetet. Nevéhez fűződik az ikonikus „DUDICH–LOKSA” *Állatrendszertan* könyv, amely hat kiadást ért meg. Külföldi gyűjtőutakon is részt vett: 1965-ben Dél-Amerikában járt, 1968-ban pedig egy expedíció a mai Srí Lankán, Ausztráliában, Hawaii-on, majd Észak-Amerikában a Grand Canyonban és az Everglades mocsárvidékén gyűjtött. Segítőkéssz természetű volt, munkaidőn kívül is szívesen segített. Összesen 18 faj és 1 genust neveztek el róla, valamint az ő nevét viseli az ELTE TTK Déli Tömbjének Loksa Imre terme. Az előadás végén FARKAS JÁNOS elnök úr megjegyezte: LOKSA IMRE jó példa arra, hogyan lehetett az internet előtti világban nyomot hagyni. Nagyon szerette a macskákat és a zenét.

3. SZINETÁR CSABA: *LOKSA IMRE, az arachnológus.*

Ez az előadás az ülés meghívójához képest módosult sorrendben, a következő előadással felcserélt időpontban hangzott el. Előadó 1981-től 1984-ig volt LOKSA IMRE szakdolgozó hallgatója; LOKSA ekkor az Őrségben folytatta kutatásait. Előadó Szakosztályunkban az 1992. május 6-i ülésen tartotta első előadását, ez az alkalom volt LOKSA IMRE utolsó elnöklése. LOKSA IMRE első publikációját pókokról írta, ezután az 1940-es évek második felében BALOGH JÁNOS-sal közösen számos arachnológiai témájú közleményt készítettek. Huszonöt évvel mindenkit megelőzve ők sorolták először guildekbe a pókokat, közleményük 1948-ban jelent meg. Nemzetközi ismertségét viszont nem ezzel a munkájával, hanem a KASZAB ZOLTÁN által Mongóliában gyűjtött anyag feldolgozásával nyerte, melyből nyolc tudományra új fajt írt le. Dél-amerikai expedícióján egy új genus és három új faj példányait gyűjtötte, de a Hortobágyi Nemzeti Park területén is talált két, addig leíratlan fajt. LOKSA IMRÉ-től meg lehetett tanulni az élőlények szeretetét; tudott gyönyörködni bennük. Hangsúlyozta a precíz adatközlés fontosságát. A határozás folyamatára döntéshozatalként tekintett és elismerte, hogy nem minden nap hozunk jó döntéseket. Fontosnak tartotta, hogy ismerjük meg a faunát és így segítsük a természetvédelmet. Nevét egy pókfaj viseli, melyet Előadó egy társszerzővel írt le 2013-ban.

4. LAZÁNYI ESZTER, KORSÓS ZOLTÁN: *LOKSA IMRE és a soklábúak kutatása.*

Az előadást LAZÁNYI ESZTER tartotta. LOKSA IMRE egyidőben publikált pókokról, száz- és ezerlábúakról, sőt ugróvillásokról is. Közleményei vagy taxonómiai ill. szisztematikai, vagy zoocönológiai, populációbiológiai tárgyúak voltak. Cikkei közül 48 foglalkozik ezerlábúakkal. Hazai kutatási eredményei a barlangok ill. a nemzeti parkok faunájáról jelentek meg, külföldi témájú cikkeiben mások anyagainak feldolgozásával foglalkozott, saját gyűjtéseinek soklábú-anyagáról alig publikált. A százlábúak közül 40, az ezerlábúakból 45 fajcsoportrangú taxont írt le, utóbbiakból három genuscsoport-rangú taxont is felfedezett. Tenerifétől Kínáig és Kongóig számos helyszínről írt le tudományra új fajokat. Hagyatéka nagyjából 15 000 fiolát foglal magába, melyek nagyon változatos összetételű anyagokat tartalmaznak, nagy részük feldolgozásra vár, de típuspéldányok is találhatóak benne. Cédulázásuk foka is igen változatos. Az anyag néhány éve került az ELTE-ről a Magyar Természettudományi Múzeumba.

5. KORSÓS ZOLTÁN: *19. Soklábú Konferencia Kolumbiában.*

A Soklábú Konferenciákat régebben háromévente rendezték meg, helyszínük általában felváltva volt Európában és egy egzotikus országban. Résztvevőinek száma 110 fő körül alakul. Ezúttal Bogotában tartották, amely 2600 m-rel a tengerszint felett helyezkedik el, és 7 millió lakosa van. A konferenciának modern egyetemi épületek adtak otthont. A Külügyminisztérium ajánlásával ellentétben Előadó nem tapasztalt közbiztonsági problémát. Az egyetemi kampuszt bekerítették, a kapuknál ellenőrizték a belépő személyeket. Négy napot szántak a konferenciára, melyeket két terepnap egészített ki. Ötven előadás hangzott el 13 szekcióban, de párhuzamosan nem tartottak szekciókat. A karmos feregylábúak (Onychophora) is tárgyát képezték a konferenciának. Szenzáció volt 2021-ben az első olyan ezerlábúfaj felfedezése, melynek tényleg ezer (pontosabban 1306) lába van; a mindössze 10 cm hosszú példányt 60 m mély fúrásban találták meg. Az előadás további részében fényképeket vetített Előadó. Először a 3500 m magasban fekvő Matarrendonda park élővilágából láthattunk ízeltőt: broméliákat, cikászokat, orchideákat, korpafüvet (*Huperzia* sp.),

az állatok közül egy törpe tejut. Majd a Tenasucá rezervátum képei következtek. Ez egy indián közösség tulajdonában lévő esőerdő, 2500 m magasságban. Ezúttal főleg állatok szerepeltek a fényképeken: a már említett karmos féreglábúak egy faja mellett pajzsbogárban, gekkóban, nappali lepkében és kormos ibiszben gyönyörködhattünk. Az előadás végeztével FARKAS JÁNOS elnök úr lezárta az ülést és kellemes ünnepeket kívánt.

1068. előadózás, 2024. február 7-én

Ezt az előadózást FORRÓ LÁSZLÓ emlékének szenteltük. FARKAS JÁNOS elnök úr vezette le.

1. ZSUGA KATALIN, KORPONAI JÁNOS: *FORRÓ LÁSZLÓ hidrobiológus munkássága.*

Az előadózást ZSUGA KATALIN tartotta. FORRÓ LÁSZLÓ Szegeden kezdte egyetemi tanulmányait, ám az ELTE biológus szakán végzett 1978-ban. Még ebben az évben elhelyezkedett a Magyar Természettudományi Múzeum Állattárában. A Rákóc és egyéb vízi gerinctelenek gyűjteményének főmuzeológusa, később tárigazgató-helyettes, majd tárigazgató lett, nyugdíjba vonulása után önkéntesként maradt a múzeum kötelékében. Kandidátusi címet szerzett. A *Miscellanea Zoologica Hungarica* folyóirat szerkesztője volt. Az ágascsapú rákok (Cladocera) világspecialistája, 1985-ben életre hívta a Nemzetközi Cladocera Szimpóziumot, mely a mai napig a csoport szakértőinek legfontosabb találkozója. GULYÁS PÁLLal két hiánypótló határozókönyvet írt a hazai planktonikus rákokról, magyar nyelven. Részt vett a Nemzeti Biodiverzitás-monitorozó Rendszer kidolgozásában. Éveken át kutatta a Fertő és a Szigetköz rákfaunáját, ennek során hazánk faunájára új fajokat is talált. Különös figyelmet fordított a szikes tavak, ill. az időszakos kisvizek, tócsák vizsgálatára. Számos védett terület kistrákközösségét kutatta. Tanulmányozta a kistrákok táplálékhálózatokban betöltött szerepét éppúgy, mint a szubfosszilis kistrákok paleolimnológiai indikátor-értékét. Barlangok faunafeltárásában is közreműködött. Egyetemi óraadó, graduális és PhD-hallgatók témavezetője volt. Ismeretterjesztő könyveket fordított. Egy vakbolharákfajt neveztek el róla.

2. FORRÓ ANNA, GULYÁS BORBÁLA: *Népdalcsokor éneke és citerára.*

FORRÓ ANNA FORRÓ LÁSZLÓ lánya, ő énekelte; GULYÁS BORBÁLA, FORRÓ LÁSZLÓ unokája citerán kísérte. Három népdalt és egy zeneművet adtak elő.

3. KORPONAI JÁNOS, FORRÓ LÁSZLÓ, SELMECZY GÉZA, VADKERTI EDIT, PADISÁK JUDIT: *Invazív Copepoda: a Sinodiaptomus sarsi (RYLOV, 1923) (Copepoda, Calanoida) megjelenése és elterjedése Magyarországon.*

Az előadózást KORPONAI JÁNOS tartotta. Magyarország területén 70 tóból vettek vízmintát 2017-ben, ezek közül 15 víztestből mutatták ki később a *S. sarsi* fajt. Ez az állat a háti zászlajáról (hegyes nyúlvány) jól felismerhető, továbbá az V. lábpár alakja is jellegzetes. Európában sokáig csak Bulgáriából volt adata, majd a kelet-európai síkságon is megtalálták, a hazai mintavétellel nagyjából egy időben. Hazai előfordulási helyszíneinek fizikai-kémiai tulajdonságait és élővilágát elemezve kiderült, hogy a *S. sarsi* a melegebb vizeket kedveli, de a tápanyag-terhelt vizeket kerüli; képes befolyásolni az algaközösség összetételét. Az előadás után FARKAS JÁNOS elnök úr azt a kérdést tette fel, hogy próbálták-e laboratóriumban tenyésztetni a fajt. Előadó válasza szerint nem próbálkoztak tenyésztésével, viszont a korábban vizsgált vizekből azóta ismét előkerült, tehát a természetben továbbra is jelen van. JÁNOSSY LÁSZLÓ arról érdeklődött, hogy csak vízzel együtt terjed-e a faj, vagy mada-

rák is terjeszthetik. Előadó nem tartja kizártnak a madarak szerepét, ám mivel első európai adata egy halszállító tartályból származik, jelentősebbnek tartja a víz vagy halak általi terjedést, akár azok bélrendszerében. VAD CSABA kérdése arra irányult, hogy megfigyeltek-e interakciót a zooplankton fajaival, kiszorított-e más Calanoida-fajt. Előadó nem tudott egyértelmű választ adni, mert nem ismerte az adott víztest *S. sarsi* betelepülése előtti viszonyait. Egy víztestben általában egyetlen Calanoida-faj él. A püspökladányi tóban a *S. sarsi* volt az egyetlen rákfaj, és alig található benne alga.

4. BALÁZS GERGELY, DÁNYI LÁSZLÓ, SZINETÁR CSABA: *Niphargus forroi* KARAMAN G.S., 1986 és társai. *Jelentősen bővült a védett barlangi gerinctelen állatfajok köre.*

Az előadást SZINETÁR CSABA tartotta. Több kutatóval együtt felkérést kaptak egy angol nyelvű könyv összeállítására (*Caves and karst systems of Hungary*), aminek nyomdokán lehetőséget láttak arra, hogy több barlangi fajt védetté lehessen nyilvánítani. Bár a barlangok *ex lege* védett státusza talán önmagában elég lehet élőviláguk megóvásához, mégis a komplex ökológiai rendszerek szintjén erősebb lehet a védelem, ha azok fajai is védett státuszt kapnak. Minél több taxont igyekeztek bevonni az előterjesztésbe, végül 2022-ben 9 faj nyert védelmet (azelőtt mindössze 3 barlangi faj volt védett). A *Niphargus*-fajokról kevés ismeret volt eddig hazánkban, ám kiderült, hogy fajképződésük kulcsfontosságú területe a Kárpát-medence. A *N. forroi* első példányait 1981-ben gyűjtötték, hazai kutatók nem tudták meghatározni, végül az akkori Jugoszláviában élő kutató írta le. A faj típusanyaga sajnos elveszett, később viszont megtalálták a típuslelőhelyen és további barlangokban is. Más *Niphargus*-fajokkal együtt fordul elő, ám élőhelyük elkülönül, más típusú víztestekben honos. Az újonnan védetté nyilvánított fajok között találunk egy gyűrűsféreg-, egy ugróvillás-, két ászka-, két soklábú-, egy szálfarkú- és egy pókfajt. Összesen 75 fajcsoportrangú taxonnak hazai barlang a típuslelőhelye, ebből 49 taxon magyarországi endemizmus.

5. G. TÓTH LÁSZLÓ, VÖRÖS LAJOS: *A Balaton-víz betöményedésének és a vezetőképesség növekedésének hatása a zooplanktonra.*

Az előadást G. TÓTH LÁSZLÓ tartotta. A Balaton az utóbbi időben jelentős vízvesztést szenvedett el; 2001 és 2003 között víztömegének egyharmadát elvesztette. A szalinitás négy fő anion és kation koncentrációja. Az édesvizek szalinitása egész Európában nő; a Balatoné az 1970-es évek közepe óta meredeken emelkedik. A vezetőképesség is drasztikusan emelkedik a Balatonban, akár csak a klorid-ion koncentrációja; ez utóbbi az urbanizációnak tudható be. A magnézium-ion koncentrációja szintén jelentősen nőtt, vagyis nagyon megváltozott az ionok összetétele a Balatonban. Mindezek fő oka az utak sózása, a szennyvizek és műtrágyák beszivárgása, valamint a bányászat és a kőolaj kitermelése. Szerzők bepárlásos kísérletet végeztek a Balaton vizével, a víz térfogatának 99%-át elpárologtatva. A folyamat során jelentősen nőtt a vezetőképesség, a pH viszont nem változott. Egyre több ion ment csapadékfázisba. A zooplankton-kísérletekhez három víztestből összesen 7 faj egyedét gyűjtötték, és Balaton-vízből készített hígítási sorozat elemeibe helyezték ezeket. Három hetes inkubáció után értékelték az eredményeket. Azok a fajok viselték jól a töményebb vizeket, amelyek időszakos víztestekben is előfordulnak. Az *Eudiaptomus gracilis*, amely a Balaton karakterfaja az evezőlábú rákok (Copepoda) között, a kétszeres töménységű Balaton-vizet még elviselte, a töményebb vízben elpusztult. Az előadást követően KORPONAI JÁNOS hozzászólásában megerősítette, hogy a klorid-ion valóban emberi eredetű, főleg az útsózás miatt jut a vizekbe. Felvetette, hogy vizsgálni kellene az újabb technológia hatásait, pl. a mosogatógépeket, melyekbe só (NaCl) teszünk. A hallgatóságból erre többen megjegyezték, hogy

kálium-hidroxidnak is lennie kell ezekben a gépekben, mert lúgos kémhatás elérése a cél. KORPONAI JÁNOS hozzátette még, hogy az útsózás már nem NaCl felhasználásával történik hazánkban. FARKAS JÁNOS elnök úr örömét fejezte ki, hogy a tihanyi kutatóintézet újra képviseltette magát az előadói ülésen; régebben teljes üléseket kitöltöttek az ott dolgozó kutatók előadásai. Továbbá a régi előadói ülésekre szerte az országból eljöttek. G. TÓTH LÁSZLÓ hozzáfűzte, hogy jó lenne, ha a fiatal generációk személyesen részt vennének a hasonló alkalmakon, találkozónak egymással és más kutatókkal. FARKAS JÁNOS válaszában megjegyezte, hogy nagy a publikációs kényszer, és előadásra nem adnak impakt faktort.

6. VAD CSABA: *Kisvizek, mint ökológiai és evolúciós modell-rendszerek.*

A kisvizek hosszú ideig kimaradtak a limnológiai kutatásokból. A táj-szintű biodiverzitást jelentősen növelik, és élőhelyhálózatként működnek. Szerző kisvizek öko-evolúciós dinamikáját kutatta: hogyan hatnak egymásra az ökológiai és az evolúciós folyamatok. Kutatói területe az apaji bombatólcsérek és a fertőzégi szikes tavak vidéke volt. Olyan kovámoszatot talált az előbbi területen, amely azelőtt csak Chiléből volt ismert. Mindkét területen az egyes víztestek jelentősen különbözhetnek egymástól. A szikes tavak sósabbak, nagyobb felületűek, sekélyebbek és időjárásuk szelesebb a bombatólcsérekhez képest. *Daphnia magna* egyedeket gyűjtöttek összesen 21 víztestből, nyolc elemű sógradienst hoztak létre, ezek edényeibe helyezték az állatokat. Nézték, hogy mekkora sókoncentrációnál pusztul el az állatok fele (effektív koncentráció, EC_{50}). Azt találták, hogy a bombatólcsérből származó állatok kevésbé tolerálták a sót, mint a szikes tavak egyedei. Ugyanakkor az egyes bombatólcsérek egyedei közt jelentős különbségek voltak a sótűrést tekintve, míg a szikes tavak állatainál nem mutatkozott ilyen lokális eltérés. Továbbá 5 bombatólcsér vizébe telepítettek különböző sótűrésű *Daphnia*-populációkat két hónapra. A magas sótartalmú bombatólcsérben három hét múlva a helyi populáció denzitása sokszorosra volt az egyéb vizekből származó állományokénak, az alacsony sótartalmú tölcsérben jóval kisebb különbségeket figyeltek meg. Egyéb Cladocera-fajokat nem találtak a helyi *Daphnia*-állomány mellett. Vagyis egymáshoz igen közeli élőhelyeken lokális genetikai adaptáció zajlott. Az előadás után BAKONYI GÁBOR megkérdezte, hogy a laboratóriumban a mortalitást mérték-e. Előadó igennel válaszolt. BAKONYI GÁBOR: Ha mortalitást mértek, akkor nem az EC_{50} -t kapták meg – az származtatott érték –, hanem letális koncentrációt, vagyis LC_{50} -t. G. TÓTH LÁSZLÓ: A szikes tavak évezredek óta megvannak, hasonlóan alakultak ki, *Daphnia*-állományaiknak sok ideje volt adaptálódni. A bombatólcsérek viszont sokkal fiatalabbak, élőviláguk számos helyről származhat. Ebből a szempontból lehet-e új következtetést levonni az eredményekből? VAD CSABA: Akár ez is szerepet játszhat, ám a *Daphnia*-állományok akár két hónap alatt is képesek új hatásokhoz adaptálódni. KORSÓS ZOLTÁN a bombatólcsérek eredete után érdeklődött, MATSKÁSI ISTVÁN szerint szovjet lóter volt a terület. VAD CSABA: Ennek ellentmond, hogy a szovjet csapatok érkezése előtt már megvoltak a bombatólcsérek. KORPONAI JÁNOS: A kiskunsági és a fertőzégi szikes tavak kovaalgái igen hasonlóak. Hány literes edényeket használtak a terepi vizsgálatokhoz? VAD CSABA: Hétiliteres edényekben tartották az állatokat. KORPONAI JÁNOS: Hogyan akadályozták meg, hogy a *Daphnia*-egyedek teljesen elfogyasszák az algákat? VAD CSABA: Nem akadályozták meg. Egy idő után állandósult az állatok egyedsűrűsége. KORPONAI JÁNOS: Hasonló, saját kísérletükben az állatok teljesen elfogyasztották az algákat, és összeomlott az állományuk. VAD CSABA: Más volt a kísérleti elrendezés, ők nem tapasztaltak összeomlást. A kérdések után FARKAS JÁNOS elnök úr lezárta az előadói ülést.

1069. előadóiülés, 2024. március 6-án

Az ülésre az Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium Invázióbiológiai Divíziójával közös megrendezésben került sor. A tematikus előadóiülés az inváziós emlősfajok kutatása köré szerveződött. FARKAS JÁNOS elnök úr vezette le.

1. KATONA KRISZTIÁN, HORVÁTH ZSOLT, GALAMBOS LÁSZLÓ, SZABÓ LÁSZLÓ, MÁRTON MIHÁLY, BIRÓ ZSOLT: *A mosómedve fészekpredációjának bizonyítása Magyarországon.*

Az előadást KATONA KRISZTIÁN tartotta. Az Egészségbiztonság Nemzeti Laboratórium 2022-ben létesült egy Európai Unió projekt keretén belül. A mosómedvék természetes környezetben is előfordulnak már, Európa-szerte megtalálhatók, több hullámban érkeztek. Ragadozók, betegségeket terjesztenek, könnyen urbanizálódnak. Egész évben vadászható. Nálunk az 1980-as évek óta jelen van, de az utóbbi években erősödött meg az állománya; gócpontja az ország középső részén található. Európában alig kutatták az őshonos élővilágra gyakorolt hatásait. Szerzők vizsgálati területe Ócsa környékén volt. Kameracsapdákat és műfészkeket helyeztek ki tyúktojásokkal, talajra, bokrokra és fákra. A mosómedve már az első kutatási napon megjelent a fészeknél, később minden vizsgálati időszakban feltűnt; főleg a talajon, de egy-egy észlelés volt bokron és fán is. Szinte mindig éjszaka látogatta a fészkeket, egy-egy fészekhez többször visszatért addig, amíg talált benne elfogyasztható táplálékot. Ám nemcsak a mosómedve látogatta a fészkeket, hanem a nyuszt és a vaddisznó, sőt fakopáncsok is. Egerek is gyakran feltűntek a fészeknél, meg is rágták a tojásokat. Ezzel bizonyítást nyert a mosómedve fészekpredációja, ám ennek mértéke még nem tűnik veszélyesnek, még visszaszorítható a faj. Azonban kiemelt figyelmet érdemel, mert kezelés hiányában robbanásszerűen elszaporodhat. Gyérítéséhez többlet-támogatást lenne érdemes adni. Felhívják a hallgatóság figyelmét a <https://invazivadak.uni-mate.hu/> honlapra, ahol idegenhonos vadászható fajok előfordulását be lehet jelenteni. JÁNOSSY LÁSZLÓ beszámolt arról, hogy a Kis-Svábhegyen látott mosómedvét. Arról érdeklődött, hogy a tyúktojás nem volt-e túlságosan nagyméretű a mosómedvének, nem lett volna-e érdemes kisebb tojást alkalmazni, valamint hogy a nutria mennyire elterjedt hazánkban. Előadó válasza szerint pontosabb eredményt adott volna, ha valódi fészkeket figyeltek volna meg, ugyanakkor fontosnak tartották, hogy egyformák legyenek a fészkek. Ehhez a tyúktojás volt a legkönnyebben elérhető. JÁNOSSY LÁSZLÓ: Rövid ideig a Fővárosi Állatkertben dolgozott, ezalatt egy alkalommal szabadultak ki mosómedvék a kifutójukból, de még az Állatkert területén befogták az összeset. KATONA KRISZTIÁN: Szökött egyedek gyakran képesek új populációt alapítani. FUISZ TIBOR megjegyezte, hogy hasonló vizsgálatok eredményére a fészket kihelező személy szaga hatással lehet, és kérdezte, hogy ezt tudták-e kontrollálni. KATONA KRISZTIÁN elmondta, hogy nem foglalkoztak ezzel a hatással. Az emberszag mindenhol jelen van a területen. FUISZ TIBOR: Már az első napon volt látogatás, amikor legerősebb a tojások emberszaga, és elképzelhető, hogy ezt követve a mosómedvék hamar megtalálják az összes fészket. KATONA KRISZTIÁN nem tudta megcáfolni a felvetést, de szerinte emberi jelenlét esetén a mosómedve inkább menekül.

2. BIRÓ ZSOLT, HORVÁTH ZSOLT, GALAMBOS LÁSZLÓ, SZABÓ LÁSZLÓ, MÁRTON MIHÁLY, BÓCSI BALÁZS, KATONA KRISZTIÁN: *A magyarországi mosómedvék populációs paramétereinek vizsgálata.*

Az előadást BIRÓ ZSOLT tartotta. Kutatásukban igyekeztek kideríteni, mennyire alkalmazkodtak a mosómedvék a hazai környezethez. Közép-Európában robbanásszerűen elszaporodtak, nálunk még nem ilyen súlyos a helyzet. Uniós kötelezettségünk az inváziós fajok monitorozása és kezelése. A mosómedve olyan parazita férget hordoz, amely emberbe is átmehet. A mosómedve szökött egyedei és utódaik gyakran már nem tartanak az embertől, padlásra is felmehetnek. Szerzők az egyedek kondícióját vizsgálták a testméretek, tömeg, belső testi tulajdonságok révén, és kutatták a szaporodási mutatóikat. Ezeket összehasonlították más országok populációival. Vizsgált testparaméterek: testtömeg, törzshossz, farokhossz, hátulsó láb hossza, talphossz, koponyahossz, -szélesség. Genetikai és virológiai mintát is vettek az egyedekből. Kiszámolták a vesezsír- és a testtömeg-indexet. A szaporulatot a placentahegek számolásával állapították meg. A hímek kicsit nehezebbek a nőstényeknél, de testméretek átfednek. A németországi állományoktól nem térnek el jelentősen a testparamétereik, és a kanadai populációk testtömege ugyanolyan, mint a hazai állományoké. A vesezsír-index nem tér el a két ivar között, de értéke alacsony. A testtömeg-indexben nincs különbség a hazai és a japán példányok között. Az átlagos utódszám 3,6; szintén összhangban van a japán értékekkel. Ezek alapján elmondható, hogy a hazai állomány is képes a robbanásszerű elszaporodásra. JÁNOSSY LÁSZLÓ arra volt kíváncsi, van-e hazánkban a mosómedvének ellensége, tud-e védekezni fára mászással, visszatamadással. BIRÓ ZSOLT: A mosómedve harap, emberre is támadhat szorult helyzetben. Az aranyakáőről tudja elképzelni a sikeres elejtést, a róka már túlságosan kisméretű. A mosómedve által kedvelt élőhelyeken nem igazán fordul elő nagyobb ragadozó, ezért nem tudják korlátozni az egyedszámot. DEMETER ANDRÁS arról érdeklődött, hogy az állami természetvédelem milyen intézkedéseket hozott / tervez hozni a mosómedve kordában tartására. BIRÓ ZSOLT szerint külön intézkedés nincs rá; hangsúlyozta, hogy többlet-forrást kellene biztosítani a faj gyéritésére, mert most még megelőzhető a tömegszaporodása. FARKAS JÁNOS elnök úr tette fel az utolsó kérdést: jelenleg a legoptimálisabb élőhelyeken fordul-e elő nálunk a mosómedve, és miért éppen azokon a helyszíneken él, hiszen hasonló élőhelyek országszerte léteznek. BIRÓ ZSOLT szerint az ócsai élőhely optimális, mert sok területe zavarmentes, nehezen hozzáférhető. Várható a vízmenti erdők benépesülése a mosómedvék által. Hazai elterjedése most még a kiszökések / elengedések helyszíneivel függ össze. Tartása 2011-ig legális volt. Az ócsai populáció egyedei közeli rokonságban állnak egymással.

3. BÓCSI BALÁZS, BIRÓ ZSOLT, KATONA KRISZTIÁN: *A nutria (Myocastor coypus) -terjeszkedés háttértényezőinek vizsgálata.*

Az előadást BÓCSI BALÁZS tartotta. A faj dél-amerikai eredetű, még a spanyol gyarmatosítók hozták Európába. A „nutria” spanyol szó, vidrát jelent; a bennszülöttek „coypu”-nak nevezték. Prémjiért tenyésztették, és a prémipar hanyatlásával a tenyésztők szélnek eresztették állataikat. Ma már hazánkban tilos tartani, kereskedni is tilos vele. Állategészségügyi, mezőgazdasági, vízügyi és természetvédelmi kockázatokat hordoz, a vízparti növényzetet károsítja, a vízparti madárfészkeket feldúlja. A töltésekben, egyéb vízügyi műtárgyakban kotorekókat készít. A Szigetközben szélesen elterjedt, a Duna, a Rába és a Dráva mentén is előfordul. Szerzők azt vizsgálták, mennyire alkalmazkodtak a nutriák az új környezetükhöz, milyen a kondíciójuk, milyen szaporodási tulajdonságaik vannak. Vizsgálati területük Szlovákiában volt, mert a nutria ott vadászható, míg hazánkban nem. A Vág folyó és a belé futó vízfolyások

mentén kutattak. Élvefogó csapdákat helyeztek ki és lőfegyverrel egyeltek. Összesen 53 egyedet gyűjtöttek. Az előző előadásban ismertetett testparamétereket jegyezték fel a nutria-egyedeken is. Eredményeik szerint az egyedek kondíciója jó volt, nem tért el a dél-amerikai őshonos és más országokban élő betelepült állományoktól. Szaporodóképességük is jó volt, egyik példányban 11 magzatot találtak. Márciustól októberig képes szaporodni. Alátámasztották, hogy ellés után néhány nappal a faj már vemhessé válhat. Szaporulatot megfigyeltek Magyarországon az Ipoly mentén is. Javaslatuk: a nagyközönség jobb megismertetése a nutriával (az ország északnyugati részén urbanizálódott, a városokban élő egyedeket etetik, ez helyi látványosság). Vadászhatóvá tétele kérdéseket vet fel a mezőgazdasági kártétel esetleges kompenzációja miatt, talán jobb lenne a közösségi szinten jelentős fajok közé sorolni, egyéb gyérítési módszereket alkalmazni. Előadó felhívta a figyelmet az előző előadásban elhangzott honlapra, ahol az inváziós fajok adatait gyűjtik. FARKAS JÁNOS elnök úr arról érdeklődött, milyen csalétket használtak a csapdában. Előadó elmondta, hogy főleg almával és kukoricával csalogattak, szórókat is létesítettek különféle zöldségek maradványaival. FARKAS JÁNOS kérdezte még, hogy a csapdázott egyedeket túlatatással ölték-e meg. BÓCSI BALÁZS: Lőfegyverrel pusztították el, ezt kíméletesebbnek és az emberre veszélytelenebbnek ítélték meg. FARKAS JÁNOS: Élelmezési célokra használható-e, tenyészették-e ilyen célokra? BÓCSI BALÁZS: Próbálkoztak vele, ma már ilyen célú tenyésztése is tilos. Íze talán a nyúléhoz áll közel. FARKAS JÁNOS: Patkányra emlékeztető megjelenése miatt előítéletek élnek fogyasztásával szemben. BÓCSI BALÁZS: Prémeket és koponyákat hoztak, melyek az előadások után megtekinthetők. DEMETER ANDRÁS személyes élményével támasztotta alá, hogy a nutriahús íze nyúlhoz hasonlít. Inváziós fajok emberi táplálékként történő hasznosításával ugyan próbálkoznak, de ez állategészségügyi kérdéseket vet fel. Angliában a szürke mókus húsát értékesítik. Véleménye szerint a lehető legrosszabb állapot, hogy a nutria nem vadászható, de gyérítésére sem hoztak intézkedéseket. JÁNOSSY LÁSZLÓ azt hallotta, alátámasztani nem tudja, hogy egyszer egy gyorséteremlánc csirkehúsként árulta a nutriahúst. BÓCSI BALÁZS számára anekdotának hangzik. PÉCSI LÁSZLÓ Tatán figyelt meg két példányt. Felvetette, hogy lődíj kitűzésével lehetne rávenni a vadászokat a nutria gyérítésére. BÓCSI BALÁZS: A mosómedvének van dűvadjele, fizetnek érte.

4. MÁRTON MIHÁLY, SCHALLY GERGELY, KATONA KRISZTIÁN, BIRÓ ZSOLT, CSÁNYI SÁNDOR: *A mosómedve és a nyestkutya hazai elterjedésének tér- és időbeli jellemzése.*

Az előadást MÁRTON MIHÁLY tartotta. Az inváziós fajok terjesztése az emberhez köthető. Állományaik monitorozása kötelességünk. A mosómedve a prêmes- és hobbiállattenyésztéssel került Magyarországra, először 1948-ban ejtették el hazánkban, Mór környékén (vadmacskának nézték). A nyestkutya Kelet-Ázsiából érkezett, prémjéért tenyésztették, onnan szabadult ki. Első alkalommal a Lónyai-erdőben, 1961-ben lőtték, egy év múlva már egy párt ejtettek el. Mindkét faj egész évben vadászható. Vizsgálatukhoz az Országos Vadgazdálkodási Adattár terítékadataiból indultak ki. Azonban a teríték hiánya nem jelenti a faj hiányát. A vadgazdálkodási egységek határa változott az idők során, ezért UTM-hálóval dolgoztak. A nyestkutya terítékének mennyisége korábban növekedett, de az utóbbi tíz évben stagnál. A mosómedvéé viszont már-már az exponenciális görbe kezdeti felfutását mutatja. Az UTM-négyzetek száma, ahol az adott fajt lőtték, mind a mosómedve, mind a nyestkutya esetén nő (a tényleges elterjedési területük ennél is nagyobb lehet), de még mindig 1% alatt van az ország egész területéhez viszonyítva. A mosómedvénél két gócpont figyelhető meg: Budapest környékén és Bács-Kiskun vármegyében. A nyestkutya

viszont főleg az északkeleti országrészből terjed, jelentős gócpontja a Hortobágyi Nemzeti Park; a Dunántúlon alig történt elejtés. E két faj terjedésére pozitív hatással van, hogy generalista fajok, táplálkozásuk rugalmas, vadászatuk nem számottevő; eseti elejtések fordulnak elő. Hazánk klímája hasonlít a két faj eredeti áréájához. Veszélyeztethetik az apróvad- és védett fajainkat, versenghetnek az őshonos ragadozóinkkal, továbbá számos betegséget terjeszhetnek. Következő lépésként az élőhelyeik jellemzése képzelhető el, ami által előre jelezhető további előfordulásaik helyszíne. A dúvadjel a vadászt illeti, a vadásztársaság fizeti, ezért szükséges lenne külső forrást is bevonni a gyérítés elősegítésére. Habár elejtésük bejelentés-köteles, ennek nem mindig tesznek eleget. FUISZ TIBOR tréfásan felvetette, hogy inváziós állatok prémjéből készült öltözéket egyenruhává lehetne tenni állami szerveknél. FARKAS JÁNOS elnök úr jó ötletnek tartotta, és megemlítette, hogy patások egyedszámát a terítéknél jobban mutatja a gázolások száma. A szóban forgó két fajra nem talált ilyen adatot, de érdemesnek tartja utánanézni, mert új előfordulások deríthetők fel. Előadó alátámasztotta, hogy e fajok nem igazán jelennek meg utak közelében, továbbá elmondta, hogy számottevő a téves határozások mennyisége, még elejtések esetén is. JÁNOSSY LÁSZLÓ szerint a teríték-adatokból teljesen kimaradnak a belterületi előfordulások; arról érdeklődött, hogyan lehetne ezeket felderíteni. MÁRTON MIHÁLY kiegészítő adatgyűjtést tart szükségesnek, aminek teret ad az adatgyűjtő honlapjuk. FARKAS JÁNOS kérdezte, van-e kapcsolatuk a *Vadonleső* csapatával; ha szükséges, megadja az elérhetőségüket.

5. UJVÁRI ZSOLT: *Kisvizek világa. Fotóbemutató.*

Erre az előadásra eredetileg az előző, 1068. ülésen került volna sor, ám technikai problémák miatt csak a jelen előadóülésen tudtuk megtartani. Dömörkapu környékén, a Bükkös-pataokban élő kövi rákokat megfigyelve fogalmazódott meg Előadóban a vízi élővilág megörökítésének igénye saját közegükben. Először egy akváriumot vásárolt, abba helyezte fényképezőgépét, így merítette a patakba. Felfigyelt a Békásmegyeren élő vörös mocsárrákokra (*Procambarus clarkii*). Akvakultúrákból szökött meg, és állattartók szándékosan elengedték. A rákpestis hordozója, de ő maga nem betegszik meg tőle. Az aljzatba járatokat fúrnak, egészen átalakíthatják környezetüket. Később sikerült kövi rák nőtényt fényképeznie, amely petéit a potroha alatt hordozta. Láthattunk kis szentjánosbogár rajzásáról készített fényképeket, majd kérés- és álkérészlárvákat; utóbbiakat helyszínen berendezett stúdióban fényképezte. A bolharákokról fekete háttér előtt készített felvételt, majd erre fényképezte rá természetes élőhelyük háttérét. Alföldi vizekben talált pontytetveket, amelyek halakon élősöködő, vérszívó rákfajok; betegségeket terjesztenek. Szikes vízben tócsarákokat fényképezett; ezek kitarító petéik révén vészlik át a kisvizek kiszáradását. Bemutatott barna varangyokat és planktonikus rákokat: kandicsokat, vízibolhákat. A szúnyoglárvák már az előadás időpontjában nagy számban voltak jelen a vizekben, akár mesterséges vízállásokban: virágvázákban, tálakban, fémcsövekben. Hasonló élőhelyeken fejlődik az ázsiai tigrisszúnyog (*Aedes albopictus*). Kórokozókat terjeszt, ám ezek még nem honosak nálunk – valószínűleg csak idő kérdése, hogy megjelenjenek. Az előadás után KORSÓS ZOLTÁN arról érdeklődött, hogy Előadó fotózott-e medveállatkát. UJVÁRI ZSOLT: Nem keresett; nehéz őket észrevenni a természetben. DEMETER ANDRÁS azt szerette volna megtudni, hány fénykép közül választott ki egy-egy bemutatott felvételt. UJVÁRI ZSOLT: Változó, hogy mennyi sikerül, rákoknál elég sok, repülő rovarokról jóval kevesebb. Az itt bemutatott fényképekhez több tízezer felvételt kellett készítenie. FARKAS JÁNOS elnök úr lezárta az előadóülést, ezután lehetőség nyílt nutriaprémek, -koponyák megtekintésére, kézbevitelére.

1070. előadónál, 2024. április 10-én

Az előadónál témáját „*A farkastól a kutyáig!*” mottó fejezte ki. Levezette FARKAS JÁNOS elnök úr.

1. SÜTŐ DÁVID: *A nagyragadozókat övező ember-vadvilág konfliktusok – A WWF Magyarország és partnerei közös munkája a nagyragadozó-védelem területén.*

A WWF nemzetközi szinten is sikeres és ismert zöld szervezet. A hazai irodának 35–40 alkalmazottja van. A nagyragadozók egy funkciós csoportot alkotnak: más nagytestű emlősöket fogyasztanak, a táplálékhálózat csúcán helyezkednek el. Európa négy nagyragadozó-fajából hazánkban három fordul elő viszonylag rendszeresen. A XX. században erősen visszaszorultak, egyik menedékterületük lett a Kárpátok hegylánc. Innen lassan elkezdtek szétterjedni a XX. század közepétől, ebben társadalmi változások és a szemléletváltás is szerepet játszottak. Indikátorfajok: jelenlétük az ökoszisztéma megfelelő működését jelzi. Prédafajaik elkerülik azokat a helyeket, ahol könnyen zsákmányul esnének; ott csökken legelési nyomásuk. A nagyragadozók mérséklék a közepes testű ragadozók nyomását, az inváziós fajokat is visszaszorítják. Ugyanakkor a haszonállatokat is fogyasztják, nehezítik a vadgazdálkodást, és félelmek kapcsolódnak hozzájuk. Medvetámadásból 15 év alatt mintegy 300 eset történt az Európai Unió területén, legtöbb Romániában. Társadalmi viták kapcsolódnak a nagyragadozókhöz, melyek gyakran feloldatlanok maradnak, ilyenkor az emberek saját kezükbe veszik az irányítást (lásd a Svájcban érkezett jeladós farkas esetét). Meg kell találni az érdekcsoportok kapcsolódási pontjait, pl. a hivatásos vadászból lett természetvédelmi őrt, aki mindkét oldalba belelát. A konfliktusok megoldásához eszközöket adnak pl. villanypásztor vagy kutyákat; tartják a gazdákkal a kapcsolatot, bevonják őket a monitorozó munkába. A WWF pályázatokból működteti programjait. A hétköznapi híreikben ellentétes információk szerepelnek. Tájékoztató anyagokkal igyekeznek elkerülni az ember–nagyragadozó találkozások negatív kimenetelét. A nagyragadozók fennmaradása nagyrészt az emberek toleranciáján múlik. Az előadás után DEMETER ANDRÁS elmondta, hogy szerepe volt egy európai szintű párbeszéd kialakításában, amely a hasonló konfliktusok feloldását célozta. Végső nyugópont sose lesz, lokális és időleges megoldásokat lehet létrehozni. Ma már a nagypolitika is meglovalgolja a nagyragadozók kérdését. SÜTŐ DÁVID szerint érzelmekkel terhelt ez a téma, ami megnehezíti a tisztánlátást. Minden probléma egyedi hozzáállást igényel. FARKAS JÁNOS elnök úr arról érdeklődött, hogy mennyire kapnak állami támogatást. Előadó válasza: uniós társfinanszírozás esetén kapnak ilyet. FARKAS JÁNOS kiemelte, hogy SÜTŐ DÁVID első alkalommal tartott előadást a Szakosztályban.

2. GOMBKÖTŐ PÉTER, PAPP FERENC, NÉMETH BÁLINT, LANTOS ISTVÁN, KLESZÓ ANDRÁS, MLAKÁR PÉTER, ÉZSÖL TIBOR, ILLYÉS EVELIN, BARTHA CSABA, BARÁTH ZOLTÁN ZSOLT, PÉNTÉK ISTVÁN, DOMBORÓCZKI GÁBOR, BARTHA ATTILA, PONGRÁCZ ÁDÁM, URBÁN LÁSZLÓ, MOLNÁR MÁRTON, CZIKORA JÁNOS: *Nagyragadozók a Bükk Nemzeti Park Igazgatóság működési területén.*

Az előadást GOMBKÖTŐ PÉTER tartotta. A korábbi évszázadokban Magyarország északi részét is benépesítették a nagyragadozók. Forráspopulációik a Kárpátok területén vannak. Állományaik helyzetének ismerete törvényi kötelezettségekből fakad, de segítséget ad a nagyragadozók által okozott problémák kezeléséhez is. Évente már ezres nagyságrendben keletkeznek adatok a Bükk Nemzeti Park Igazgatóság területén. Helyenként a farkas szaporodik is a területen, ugyanakkor 2022 óta jelentős állománycsökkenés figyelhető meg.

Elképzelhető, hogy az Alföldön is kialakulnak farkascsaládok. A gazdálkodók monitoringba történő bevonása segít eloszlatni a több száz farkas jelenlétéről szóló, megalapozatlan híreszteléseket. A vadgazdálkodók számára elmondható, hogy a vadászható fajok állománya nem csökkent, hanem még nőtt is. Évente átlagosan 3,4 olyan káreseményt jelentenek be gazdálkodók, melyeket maguk farkasnak tulajdonítottak. Ezek többségéhez a farkasnak nincs köze: kutyák, egyéb ragadozók, betegségek, más haszonállatok okozták. Állami és alapítványi forrásból adnak villanypásztor és kutyát a gazdáknak, ez a védekezési mód igen hatékonynak bizonyult. Ha a prédából nincs elfogyasztva nagyobb mennyiségű hús, azt szinte biztos, hogy nem farkas ejtette el. Nagyragadozó-telepítésről szóló szakértői anyagokban is előfordulnak tényyszerű tévedések, amelyek a szakértelem hiányára vezethetők vissza. Fontos lenne protokollt kialakítani az észlelt káresetek bejelentésére, kivizsgálására. Előfordulnak olyan esetek, amikor az eljáró hatóság egyértelműnek tűnő jelek (lőtt seb a farkastetemen, közelben töltényhüvely stb.) ellenére bűncselekmény hiányára hivatkozva megszünteti az eljárást. Találtak farkascsapára kihelyezett mérgezett vagy megfertőzött csalifalatokat. Néha gázolás is előfordul. A kameracsapdák adatai alapján rendellenesen sok a sérült példány, az idősek hiányoznak. Természetfotósok „rátelepülnek” egy-egy kotorékra. Az előadás végén sérült farkasokról láthattunk videofelvételeket: a sérülések a lábakat érintették. FARKAS JÁNOS elnök úr megkérdezte, hogy az aranysakál hatását hogyan próbálják kivédeni. Előadó válasza szerint az aranysakál vadászható faj, egészen más az életmódja. Táplálékának majdnem harmadát rágcsálók jelentik – ezzel nincsenek tisztában azok, akik pocokinváziót emlegetnek.

3. PONGRÁCZ PÉTER: *Kutyafajták viselkedésének vizsgálata ökológiailag valid módszerekkel.*

Nincs egyetértés abban, hogy mi a házikutya őse. Nemcsak a farkassal képes kereszteződni. Az Etológiai Tanszéken a gazdával rendelkező kutyákkal foglalkoznak. A modern kutyatenyésztés nem idősebb 200 évnél, de a munkakutyák több típusa már az ókori Egyiptomban kialakult. Ez viszont nem jelenti, hogy a mai fajták között több ezer évesek is lennének. A hobbikutyatartás ma felívelőben van, főleg társnak és nem munkakutyának tartják. A fajták közti különbségek még mindig megvannak. Ezeket a különbségeket rengeteg tényező befolyásolja. Két fő csoport különíthető el: a folytonos instrukciók alapján dolgozó (kooperatív) és az önállóan dolgozó fajták. Vizsgálatuk során szociális tanulást igénylő feladatokat is alkalmaztak: a kutyának egy személy megmutatja a feladat megoldását. Feltételezték, hogy az önálló fajták az önálló feladatban, a kooperatív fajták a szociális tanulást igénylő feladatban ügyesebbek. Minél több fajtát igyekeztek bevonni a vizsgálatba. Az önálló megoldás során egyik csoport sem volt ügyesebb a másiknál. A demonstrációs feladatnál viszont az önálló fajták nem váltak hatékonyabbá, míg a kooperatív fajták igen. FARKAS JÁNOS elnök úr megkérdezte, hogy mit értünk kutyánál hibrid alatt. Előadó szerint nincs egyetértés a kutya faji rangjában sem. Az ELTE-n fajnak tartják, hibridnek a más kutyaféllel kereszteződött példányt nevezik.

4. DOBOS PETRA: *Hozzám szóltál? A munkakutya-fajták szelekciós múltja alapvető hatással lehetett a kutyák beszédérzékenységére.*

A kutyák folyamatosan hallják az emberi beszédet. Külön-külön dolgozzák fel a beszéd érzelmi töltetét, és egyes szavak jelentését. Létezik kifejezetten kutyák felé közvetített beszédstílus: osztENZÍV beszéd – megszólítás, figyelemfelhívó szavak, magas hangszín használata. Kísérletükben a semleges és az osztENZÍV beszéd hatását hasonlították össze. Vizs-

gálták, hogy a kutya nézi-e a demonstrátort. A lakásban tartott kutyákhoz képest ügyesebbek voltak az önálló problémamegoldásban azok a kutyák, melyek kertben lehetnek. A kooperatív kutyáknak nem volt fontos a beszédstílus, míg az önálló kutyák kicsit jobban teljesítettek osztrák beszédnél. Előbbi csoport kutyái többet figyelték a demonstrátort, mint az önálló kutyák. Azok, amelyek többet figyelték a demonstrátort, gyorsabban oldották meg a feladatot. Az univerzálisnak gondolt szocio-kognitív képességeket több szempontból érdemes vizsgálni, mert a fajtaszelekció és a domesztikáció hatásait sokszor nem lehet egymástól elkülöníteni, és kölcsönösen hatnak egymásra. GOMBKÖTŐ PÉTER arról érdeklődött, hogy a demonstrátor és a kutya ugyanazon az útvonalon haladtak-e; a kutya nem a szaglását használta-e a megoldás során. DOBOS PETRA válasza szerint más vizsgálatokban, ahol csak a szagnyom volt jelen, és a kutya nem láthatta a demonstrátort, ott nem követte a szagot. Az ő kísérletükben változó volt, hogy a demonstrátor nyomvonalát, vagy a saját korábbi útvonalát követte. FARKAS JÁNOS elnök úr megkérdezte, hogy a kutyáknál a szöveg tartalma vagy hangsúlyozása számít-e inkább. Előadó szerint mindkettő fontos, és akkor reagáltak leghevesebben, amikor a kettő ugyanarra utalt.

5. LUGOSI CSENGE ANNA: *Független, ám figyelmes – az önállóságra szelektált kutyák hatékonyabban tanulnak fajtársaiktól, mint az emberrel együttműködő fajták.*

A kutya ősei zárt csoportban együttműködve vadásztak, ez feltehetően az emberre is igaz. Ritkán vizsgált jelenség, hogy a kutyák hogyan tanulnak egy fajtárstól, Előadó kísérlete éppen erre a témára irányult. Az első próbában nem történt demonstráció. A második próbában kutya mutatta meg a megoldást. Összesen 19 önálló és 14 kooperatív fajtát vizsgáltak, mind 1 évesnél idősebb, és gazdájuk egyetlen kutyája volt. A kooperatív fajták gyakrabban néztek gazdájukra, mint az önálló, de az ismétlések során mindkét csoportban csökkent a visszanézés gyakorisága, mert sikeresebbek lettek. A kooperatívok gyakrabban is mentek vissza gazdájukhoz, akik többet biztatták őket. Az önálló gyorsabban oldották meg a feladatot kutya-demonstrátor láttán, mint a kooperatívok. Lehetséges magyarázat: az önálló kutyáknak többet kellett a fajtársukra figyelni, mint a kooperatívoknak. DEMETER ANDRÁS gratulált az elhangzottakhoz, mivel még KONRAD LORENZ után ötven évvel is szép eredményeket lehet elérni a kutya-etológiában. Arról érdeklődött, hogy a hadseregek éles körülmények között milyen feladatokra használják a kutyákat. Előadó szerint robbanóanyagot erősítenek rájuk, így közelítik meg az ellenséges tankot, amelyet felrobbantanak. Ilyen feladatra az önálló fajták alkalmasabbak. FARKAS JÁNOS elnök úr végül elmondta, hogy a macskák is teret kaptak volna az előadások témái között, összehasonlítva a két háziállatfajt; ám a kutyák önmagukban kitöltötték az előadóülés idejét. A macskák számára másik ülést tervez. Ezután lezárta az előadóülést.

1071. előadóülés, 2024. június 12-én

Az ülést ezúttal is FARKAS JÁNOS elnök úr vezette le. Felhívta a figyelmet az *Állattani Közleményekben* történő publikálás lehetőségére, ami a cikkírás tanulása, gyakorlása mellett a magyar szaknyelv ápolására is lehetőséget ad.

1. EGRİ ÁDÁM, MÉSZÁROS ÁDÁM, JÁSDI MIHÁLY, KRISKA GYÖRGY: *A dunavirág fototaxisának kísérleti vizsgálata természetvédelmi vonatkozásokkal.*

Az előadást EGRİ ÁDÁM tartotta. A dunavirág (*Ephoron virgo*) egyéves fejlődésű rovar, az imágók napnyugta után rajzanak. Méretük a tiszavirágénál kisebb. Védett faj. Az imágók a vízfelszínen kelnek ki, a hímek még egyet vedlenek. Párazás után a nőtények akár kilométereket repülnek a folyásiránnyal szemben, hogy kompenzálják a peteként és lárvális életszakaszuk során fellépő lesodródást (kompenzációs repülés). A mesterséges fény vonzza őket, az úttesteken halomba gyűlhetnek az elpusztult nőtények és petecsomóik. A tetemek csúszóssá tehetik az úttestet, patkányokat is vonzhatnak. Ha a fényben rajzó kérészfelhőbe zseblámpával világítottak, akkor számos példányt ki tudtak szakítani és saját lámpájukhoz vonzani. Innen jött az ötletük, hogy a kérészeket az úttest szintje alatt elhelyezett fényekkel – fénysorompóval – a vízfelszín fölött lehetne tartani. Ezt később kísérletesen igazolták. A következőkben a fény optimális hullámhosszát igyekeztek megtalálni. Fényképezték a fényekre gyűlő kérészfelhőt, a képeket értékelték ki. A hullámhossz csökkenésével egyre vonzóbbá vált a fény. A világon elsőként a tahitótfalui hídra szereltek fel fénysorompót, amely a rajzási időszakban esténként három-három órát üzemel. Átlagosan a kérészek 90%-a a vízfelszín felett tartható így. Később az Árpád hídra is felszereltek fénysorompót. Vizsgálták továbbá a fénynek lárvákra gyakorolt hatását. Fél méter hosszú tálca közepére lárvát helyeztek, a tálca egyik végénél fényforrás volt. A lárvá mozgását rögzítették 15 s időtartamon át. Ahogy csökkent a hullámhossz, úgy menekültek egyre jobban a fény elől. Több elmélettel próbálják magyarázni, hogy miért vonzódnak az éjszakai rovarok a fényhez, de még nem találtak olyat, amely minden jelenséget megmagyarázna. Lárvák esetében védekező reakció a sötét zugokba történő elbújás. Ha egy lárvát azt érzékeli, hogy egyre kékesebb a fény a víz alatt, akkor ez jelezheti számára, hogy egyre közelebb van a vízfelszín. FARKAS JÁNOS elnök úr megjegyezte, hogy a nappali repülő rovarokat a sárga szín vonzza. Előadó szerint a sárga szín szupernormális inger a zöldhöz képest. Az előadás után GYURCSI ZOLTÁN javaslattal élt: a lárvamozgás vizsgálatára használt tálca aljára sűrű négyzethálót helyezve nagyon pontosan meg lehetne állapítani a mozgás mértékét és irányát. Továbbá javasolta a fénynek a hormonális rendszerre gyakorolt hatásának vizsgálatát. Előadó válaszában elmondta, hogy a mozgásvizsgálatnál a fényképek képpontjai rácshálót alkottak. A másik felvetést jó ötletnek tartotta; vizsgálni tervezik, hogy a kikelésre hatással van-e az égbolt fényessége vagy annak változása. SZÉL GYÖZŐ arról érdeklődött, hogy a csak egyféle hullámhosszú fényt kibocsátó lámpákat hol lehet beszerezni. Előadó válasza: saját maga építette, de üzletekben vásárolhatók dekorációként, parti-kiegészítőként. SZÉL GYÖZŐ: Tetszőleges hullámhosszú lámpák kaphatók? EGRİ ÁDÁM: Nem, viszont LED-eket 10–30 nm felosztásban lehet vásárolni. SZÉL GYÖZŐ: Az első kísérletükben az egyik fényforrás fényereje 10%-a volt a többinek. El lehetett volna érni ugyanakkora fényerőt? EGRİ ÁDÁM: Igen, tízszer annyi LED felhasználásával, viszont akkor a mérete nőtt volna, amit a többi fényforrás átépítésével kellett volna kompenzálni. JÁNOSSY LÁSZLÓ szerint a medvelepkék azért tűnnek el a közvilágítással érintett helyekről, mert a mesterséges fény megakadályozza az ellentétes ivarú egyedek egymásra találását. Kérdezte, hogy nézték-e, milyen egyéb rovarokat vonzott a fénysorompó. Előadó elmondta, hogy hálózással vizsgálták a rovarok összetételét a színes lámpás kísérletben, de lepkét nem találtak. A telepített fénysorompónál láttak hasonló rovarokat a partról, de azt már nem vizsgálták. Végül egyetértettek abban, hogy lepkéket is biztosan vonz a fénysorompó, és valamekkora hatása biztosan van a párkeresésükre.

2. SZENDŐFI BALÁZS: *Dunavirágrajzás a Sebes-Körösön.*

Előadó megfigyelte, hogy egyre kékebb színű lesz a felvétel, ahogy húzza fel a kamerát a víz alól. A dunavirággal akkor találkozott először, amikor a *Dunavirág-mentőakció* című film forgatása idején megkeresték: szükségük lenne olyan felvételekre, ahol halak fogyasztják el a vízfelszínre hullott dunavirágokat. Előadó egy akváriumba domolykókat és jászkeszegeket telepített, majd fagyasztás után felengedett (és szétesett) kérészeket szórt be. A halak nem fogyasztottak belőle három héten át, végül lisztkukacot kevert a dunavirágok közé, így sikerült elkészíteni a kívánt felvételeket. Később KRISKA GYÖRGY kereste meg, hogy együtt fejezzék be a *Dunavirág Budapesten* című filmet. A körösi állománnyal akkor került kapcsolatba, amikor a *Vadvízország* című filmet forgatta. Nem talált olyan szakértőt, aki tudott volna az állomány létéről. Jelen előadórészen is érdeklődött, hogy az állomány pontos kiterjedését ismeri-e valaki. Előadó Körösszakáltól Komádiig találta a fajt. Helyi horgászok onnan tudják, hogy este erős dunavirágrajzás várható, hogy a kifogott csalihalak gyomra fehér pépet tartalmaz. Először 2021 augusztusában figyelte meg a rajzást. Az előadás végén Előadó a *Vadvízország* rövid részletét játszotta le, GÁTI OSZKÁR narrációjával. Ebben először a homokpadokra gyűlő halakat láthattuk, majd a Sebes-Körös dunavirág-állományának rajzását nézhettük meg, ami után a dunavirág egyedfejlődésének bemutatása következett. A filmrészlet után nyílt lehetőség kérdések feltevésére. TÖRÖK JÚLIA KATALIN felvetette, hogy a körösi állomány talán nem régi, mivel a szabályozás előtt nem volt állandó medre a folyónak ezen a szakaszon. Előadó mégis el tudja képzelni, hogy őshonos az állomány, mert a Sebes-Körös a legnagyobb vízhozamú ág, és hiába terült szét a Sárreéten, mégis voltak állandó vizű medrek. Előadó a romániai oldalon is szeretné keresni a fajt, Nagyvárad alatt és víztározói fölött is. GYURCSI ZOLTÁN a dunavirág madarak általi terjesztésének lehetőségét vetette fel. Előadó nem zárta ki a lehetőséget, ám véleménye szerint ekkor felvetődik a kérdés, hogy miért csak azon a szakaszon van jelen a faj. JÁNOSSY LÁSZLÓ arról érdeklődött, hogy lehet-e tiszavirág a Rábában, mivel az interneten ilyen témájú felvételeket látott. KRISKA GYÖRGY megerősítette a rábai populáció létét; genetikai vizsgálatok alapján az egykori rajnai populáció maradványa. A Dunában Gödnél 2015-ben találtak egy tiszavirág-állományt.

3. *Részlet a „Poláros világ” című filmből.* Írta és rendezte: KRISKA GYÖRGY, operatőrök: KRISKA FERENC, LERNER BALÁZS és BALÁZS GERGELY, vágó: LERNER BALÁZS, producer: BABINSZKI EDIT.

A filmnézés előtt KRISKA GYÖRGY elmondta, hogy a *Dunavirág-mentőakció* forgatása idején még nem volt telepítve fénysorompó. A tahitótfalui hídon több szerencsés véletlennek köszönhetően létesülhetett. Az Árpád hídi fénysorompó létrejöttében az országgyűlési választásoknak is szerepe lehetett. A bemutatásra kerülő filmrészletben a dunavirág és a tiszavirág összehasonlítása látható. Először a két faj elterjedését és egyedfejlődését vetették össze. A tiszavirág kompenzációs repülésénél tértek át a poláros fény szerepére: ez tartja a vízfelszín fölött az egyedeket, ám a hidak alatt megszakad, melyeket ezért a kérészek nem kereszteznek. A dunavirágok is feltorlódnak a hidaknál, de a közvilágítás vonzza őket. Ezt követően a fénysorompót mutatta be a film. Az Ipolyon és a Dunán megkezdtek a lárvák keresését, hogy megállapíthassák a dunavirág rajzásának kezdetét, így a fénysorompó felkapcsolásának időpontját. Különösen nagy rajzás vette kezdetét, és a fénysorompó ellenére a híd lámpáin is tömegével jelennek meg a kérészek. Ennek oka a híd fölötti folyószakaszról érkező példányok érkezése. Szentendrén esti kenuzás során figyelni meg a közönség

a rajzást. Lámpáikkal a víz fölött tartják a kérészeket. Budapesten a Margit hídnál is tömegesen jelennek meg a dunavirágok. A felmerülő kérdésekre a következő film után lehetett választ kapni.

4. *Dunavirág Budapesten* (filmvetítés). Írta: KRISKA GYÖRGY és SZENDŐFI BALÁZS, rendezte: KRISKA FERENC, operatőrök, vágók: KRISKA FERENC és SZENDŐFI BALÁZS, producer: KRISKA GYÖRGY.

A vetítés előtt KRISKA GYÖRGY az előző filmhez hozzáfűzte, hogy a szentendrei mentőakcióra a WWF is felfigyelt. A dunavirág rajzása 2012 óta figyelhető meg újra, de budapesti előfordulása igazolásra várt. Lárviáját még nem találták meg addig. 2023-ban a Római-parton augusztus 17-én már észleltek néhány egyedet, bekapcsolták az Árpád híd kérészvédő fénysorompóját. A budai és a pesti Duna-ág hidpilléire is felszerelték, a közvilágítással együtt kapcsolt be. Augusztus 20-án már az Árpád hídnál is felbukkant néhány dunavirág. Az évben az első nagyobb rajzást Pócsmegyeren, augusztus 25-én figyelték meg. Két nappal később az Árpád hídnál már dankasirályok várták a rajzást, amely a közelgő vihar ellenére lezajlott. A telihold jótékony, az áradás viszont gátló hatással volt rá. Az összességében gyenge rajzás okát a hosszan tartó magas vízállásban látják: kevesebb fény jutott el az aljzatig, emiatt kevesebb alga fejlődött, így a lárva nagy része nem jutott elegendő táplálékhoz. Ezt követően már nem számítottak rajzásra. Viszont a vízállás csökkenésével mégis kérésztömegek bújtak elő, és Budapesten is nagy számban jelentek meg. A Margit híd környékén kirepültek a budai oldal fölé. A járdán elhelyezett világítás különösen vonzó volt számukra. FARKAS JÁNOS elnök úr gratulált a film elkészítéséhez. Elmondta, hogy a tömegrajzást mutató fajoknál a lárva egy része nem fejlődik ki a következő szezonra, és feltette a kérdést, hogy a kérészknél is megfigyelhető-e ez a jelenség. KRISKA GYÖRGY válaszában elmondta, hogy a tiszavirág ciklusa általában három éves, de két év után is ki tudnak repülni. A dunavirág lárvai április közepén kelnek ki, nincs nyugalmi időszak, nem valószínű áttelelésük. KOCSIS ZUZSANNA arról érdeklődött, lehetséges-e, hogy a milliós rajzás összeomlásából épült újra a populáció. KRISKA GYÖRGY: rengeteg pete van, és külső tényezők határozzák meg a rajzáskezdet időpontját. A 2023-as szokatlanul kései kezdetnek a magas vízállás, továbbá a szokatlanul meleg ősz lehetett az oka. SZINETÁR CSABA a Rábán még október végén is rajzást figyelt meg. Az előadói idején is magas a vízállás, ezért 2024-ben augusztus közepe táján kezdődhet a rajzás. KOCSIS ZUZSANNA: Tervezték-e délebbre is fénysorompót felszerelni? KRISKA GYÖRGY: Az összekötő vasúti hídra a MÁV nem engedélyezte a telepítést, a Margit híd pedig műemlék. A délebbi területeket még vizsgálni kell. GYURCSI ZOLTÁN a kérészpeték többszöri áttelelését vetette fel. KRISKA GYÖRGY: A petékre kevesebb veszély leselkedik, a lárva érzékenyebbek. A dunavirág 2012 előtt 40 éven át nem produkált tömegrajzást, de megvolt a folyóban. JÁNOSSY LÁSZLÓ szerint az időjárás biztosan befolyásolja a rajzás kezdetét, ez más rovaroknál is megfigyelhető. Idén a kora tavasz szokatlanul meleg volt, a májusi cserebogár (*Melolontha melolontha*) már március végén megjelent. KRISKA GYÖRGY: Két különböző hatás lép fel: a több éves fejlődésű fajokat már a klímaváltozás befolyásolhatja, az egy éves fejlődésű rovarokra van hatással inkább az adott év időjárása. JÁNOSSY LÁSZLÓ megkérdezte még, hogy készítenek-e idegen nyelvű szöveget a filmhez, anyanyelvű narrációkkal. KRISKA GYÖRGY: Több filmnek már elkészült az idegen nyelvű változata. Néhány hete a BBC jelezte, hogy a hidak hatása érdekelné őket. Válaszként megkapták a filmeket, a tudományos közleményeket; Előadó csapata reménykedik egy együttműködés kialakításában.

FARKAS JÁNOS végül elmondta, hogy a program szerint tiszavirágrajzás-megfigyelő kirándulás megtervezése következett volna, ám a rajzás korábbi kezdete miatt erre már nem jut idő. Lezárta az ülést, és kellemes nyári szünetet kívánt.

1072. előadóülés, 2024. október 9-én

Ennek az ülésnek a témája a legsikeresebb magyarországi LIFE-program volt.

1. MIZSEI EDVÁRD, WENNER BÁLINT, BUDAI MÁTYÁS, RÁK GERGŐ, BANCNIK BARNABÁS, SZABOLCS MÁRTON, KOVÁCS GERGŐ, MÓRÉ ATTILA, VADÁSZ CSABA: *A rákosi vipera védelme a Kiskunságban: a jelenlegi LIFE projekt előzetes eredményei.*

Az előadást MIZSEI EDVÁRD tartotta. A rákosi vipera a Kárpát-medencében endemikus alfaj. Hazánkban mindössze három helyszínen maradt fenn. Léteznek kevésbé kutatott veszélyeztető tényezők: a jó minőségű élőhelyek korlátozott elérési képessége, a kis populációméret, a szárazodás, cserjésedés, a ragadozók nyomása (minden, a viperát fogyasztó faj állománya növekedett), végül a klímaváltozás. A hatások csökkentéséhez szükségünk van indikátorokra, melyek jelzik a beavatkozásunk sikerességét. A vipera állomány nagyságát nehéz mérni: észlelési valószínűsége kb. 1,5%. A foglaltsági modellek együttesen becslik a detektabilitást és az élőhelyek foglaltságát. Hosszabb foglaltsági adatsorokból a populáció változására következtethetünk. Ha nő a foglaltság, az jelenthet populációnövekedés nélküli szétterjedést is. Vizsgálhatunk kontroll- és referencia-területeket is a beavatkozással érintett terület mellett; legjobb, ha mindháromra nyílik lehetőség. A területen 99 kvadrátot jelöltek ki, igyekeznek évente 15 alkalommal mindet felmérni. Egyik beavatkozásuk az izolált populációk összekötésére irányult. Bugac mellett fás élőhely gyepesítésével kötöttek össze két állományt, ott 2023-ban megtalálták a viperák jelenlétének első jelét. Másik beavatkozásuk a jó minőségű élőhelyek elérésére irányul. Ezeket idős parlagok veszik körül, melyek visszagyepesedése egy fokon megreked. Magkeveréket vetettek, cserjéket és inváziós fajokat irtottak. A beavatkozási területek állapota néhány év után elkezdett közelíteni a referencia-élőhelyekhez. A viperák a lápréteket is használják. A szárazodással elterjed a rekettgye-fű, ezt a növényt irtották. A viperák előfordulása alig emelkedett, de a kétéltyűek gyakoribbak lettek. A predációs nyomást a vaddisznók kizárásával és néhány faj gyérítésével csökkentették. Kontrollterületet nem jelöltek ki. A vipera-élőhelyek foglaltsági aránya kissé emelkedett. A ragadozó madarak ellen 4 ha-t teljesen lefedtek hálóval, itt sokkal nagyobb növekedés látszik az élőhelyek foglaltságát tekintve. FARKAS JÁNOS elnök úr kérdése arra irányult, hogy lehet-e közvetett módszert alkalmazni a viperák kimutatására, pl. nyomait rögzíteni. Előadó egyrészt HALPERN BÁLINT kamera-csapdás vizsgálatát, másrészt a keresőkutya alkalmazását említette válaszul. Utóbbi módszer hátránya, hogy a kutya a viperák korábbi tartózkodási helyénél is jelez (föld feletti és föld alatti helynél egyaránt).

2. BUDAI MÁTYÁS, RÁK GERGŐ, MÓRÉ ATTILA, WENNER BÁLINT, BANCNIK BARNABÁS, KOVÁCS GERGŐ, SZABOLCS MÁRTON, RADOVICS DÁVID, VADÁSZ CSABA: *Gyephasznosítási módok és a vegetációstruktúra hatása a rákosi viperára a Felső-kiskunsági Turjánvidéken.*

Az előadást BUDAI MÁTYÁS tartotta. Az utóbbi húsz évben adatokkal alátámasztott kezelések valósultak meg a rákosi vipera megmentésére. Élőhelyei szinte mind kaszálás és/vagy legeltetés alatt állnak. Kilenc területet jelöltek ki: 3–3 kaszált, legeltetett, valamint

kaszált–legeltetett váltógazdálkodású foltot. Összesen 7 hullőfajt észleltek, ebből 3 jelent meg megfelelő mintaelemszámban. A vipera és a fürge gyík egyedszámára a legeltetés pozitív hatással volt. A zöld gyík mindenhol egyforma denzitásban fordult elő. A kaszálókon mindhárom faj alacsony számban volt jelen. A következő kutatásban a vegetáció függőleges szerkezetének vipera-előfordulásra gyakorolt hatását vizsgálták. Minden jelenélt helyszínén és minden feltételezett hiányponton nézték a növényzet szerkezetét: egy fehér talca mekkora részét takarja ki a növényzet, milyen magasságig takar. Eredményeik szerint fontos, hogy sűrű legyen a vegetáció, legyenek magas növények, de heterogén legyen a növényzet összetétele. Szükség van a termoregulációt lehetővé tevő helyekre éppúgy, mint bővőhelyekre. Ilyen heterogén szerkezetet a legeltetés képes létrehozni; ennek javára a kaszálást vissza kell szorítani. Előadóhoz nem érkezett kérdés.

3. RÁK GERGŐ, MIZSEI EDVÁRD: *A rákosi vipera élőhelypreferenciája a Kiskunságban.*

Az előadást RÁK GERGŐ tartotta. A növényzet horizontális szerkezetét vizsgálták. A rákosi vipera megmaradt élőhelyei jó természetességi állapotúak. Növekvő térléptékben kutattak. Feltételezték, hogy a vipera kedveli az élőhelytípusok határát, ahonnan mindkét folt könnyen elérhető. Az összes addigi viperaészlelést bevették elemzésükbe, és feltételezett hiánypontokat generáltak. A 49 jelenlévő élőhelytípusból négyet kifejezetten kedveltek a viperák, összesen 13 típusban voltak jelen. Előfordulási valószínűségük az élőhelyhatártól távolodva csökken. A legnagyobb térlépték volt a leginkább meghatározó a vipera élőhelyválasztását tekintve. A Shannon-diverzitás növekedése kis térléptékben negatív hatással volt a viperák előfordulására. A viperának tehát komplex élőhelyigénye van, és fontos számára a finom léptékű mozaikosság, melyet minél nagyobb területen érdemes megőrizni. Az előadás után DEMETER ANDRÁS arról érdeklődött, hogy a szerzők által talált mintázatok szegélyhatással értelmezhetőek-e. Előadó szerint a finomléptékűség miatt elhanyagolható ez a hatás. Az élőhelyek határai mozoghatnak az évek során, ami miatt elmosódhatnak ezek a határok. FARKAS JÁNOS elnök úr azt szerette volna megtudni, hogy összehasonlították-e a különböző élőhelytípusok táplálékkínálatát. Előadó válaszában elmondta, hogy nincsenek pontos adatok arról, hogy mivel táplálkozik a vipera, csak rokon taxonok alapján feltételezik az egyenesszárnyúakat.

4. WENNER BÁLINT, MÓRÉ ATTILA, BANCNIK BARNABÁS, BUDAI MÁTYÁS, RÁK GERGŐ, KOVÁCS GERGŐ, SZABOLCS MÁRTON, MIZSEI EDVÁRD: *A rézsikló táplálékválasztása a kiskunsági rákosivipera-élőhelyeken.*

Az előadást WENNER BÁLINT tartotta. A rézsikló nagy területen elterjedt Európában és Nyugat-Ázsiában. A gyíkok mellett kígyókat, alkalmanként viperát is fogyaszt. Felmerült, hogy rákosi viperával is táplálkozhat. A Peszéradaci-réteken végezték a táplálékösszetétel tisztázására kutatásukat. A rákosi vipera kikelésének időszakában rézsiklókat fogtak be, ürülmintákat vettek tőlük, lemérték testhosszukat, majd ürítés után elengedték őket. A bugaci gyepekben mérték fel a rézsiklónak és potenciális zsákmányainak foglaltsági értékeit. a legjelentősebb zsákmányállatok a gyíkok voltak, a felnőttek emellett rágszálókat, a fiatalok egyenesszárnyúakat is fogyasztottak. Rákosi vipera nem szerepelt a zsákmányállatok között, egy esetben észleltek kannibalizmust. A foglaltsági vizsgálatok alapján a rézsikló nagyobb eséllyel van jelen azon az élőhelyen, ahol a gyíkfajok is megtalálhatók, viszont a rákosi viperával nem találtak interakciót. Az alkalmankénti vipera-predáció nem zárható ki. Előadóhoz nem érkezett kérdés.

5. RÁK GERGŐ, WENNER BÁLINT: *Fényképes beszámoló a Borneón tartott 10. Herpetológiai Világkongresszus alkalmával megfigyelt kétéltű- és hüllőfajokról.*

A konferencia helyszíne Borneó malajziai részén volt; Előadók itt, Kuching környékén szálltak meg. A szállásuk környékén természetközeli élőhelyeket kereshettek fel, főleg éjszaka mentek terepre. A *Gonocephalus grandis* agámát éjszaka lehet megfigyelni. A rovarok nagy fajgazdagságot mutattak. Leggyakoribb kétéltű a *Chalcorana raniceps* béka volt. A *Gekko monarchus* gekkóval az első szállásuk területén találkoztak. A *Kalophrynus heterochirus* béka nyálkája igen ragadós. Nagyon sok kancsóka-faj él Borneón. A koboldmakik közelre bevárják az embert. Előkerült a trilobitabogár (*Platerodrilus* sp.), melynek nőténye hasonlít a kihalt állatsoportra. Az ikerszelvényesek is igen változatosak voltak. Igyekeztek minél kevesebb állatot kézbe venni. Az *Opadometa sarawakensis* a környéken endemikus és igen látványos pókfaj. A *Goniosoma oxycephalum* a terraristák között ismert sikló-faj, nyelve kék színű. Felbukkant a *Lyssa zampa* nevű nagyméretű lepkefaj. A *Tropidolaemus subannulatus* vipera általában élénkzöld, a nőstény több mint kétszer hosszabb a hímnél. A *Takydromus sexlineatus* gyík farka rendkívül hosszú. A *Lycodon subcinctus* kígyó a kraitot utánozza mintázatával, fájdalmas harapásuk van. Láttak 3 cm hosszú hangyákat. A *Rhacophorus pardalis* repülőbéka ujjai között jól fejlett hártya feszül; csak egyetlen példányt figyeltek meg. Nem mindenhol, de több helyen kellett helyi vezetőt fogadni. Az erdők éjszakai látogatása néhány helyen tilos volt. Tüskés angolnát találtak az egyik vízfolyásban. Belefutottak egy természetrajzásba. A *Draco quinquefasciatus* repülőgyíkot is volt alkalmuk megfigyelni. Nappal is látták, a hím rohagált a fatörzsön, mutogatta sárga toroklebenyét. A *Xenochrophis trianguligerus* hátsó méregfogas sikló az elfogyasztott varangyok méreganyagát elraktározza, maga is mérgezővé válik. Színpompás szárazföldi tarisznyarások mozogtak a leveleken. A *Boiga cynodon* hátsó méregfogas sikló felfújta torkát. A *Staurois guttatus* béka az erős sodrású vizekhez kötődik. A kalapácsfejű féregről vetítették az utolsó képet. FARKAS JÁNOS elnök úr ezt követően lezárta az ülést.

Nyomdakészre szerkesztette
TÓTH BALÁZS
Magyar Természettudományi Múzeum Állattára, 1088 Budapest, Baross u. 13.

Nyomdai munkálatok
Sztárstúdió Bt.
Igazgató: VÁRALJAI JÁNOS
2100 Gödöllő, Köztársaság út 45/a

Megjelent
B/5 méretben
2024. december

Contents

JANKA KOMLÓSI, ELISABETH HORNUNG & ZSOLT TÓTH: Preliminary results on the effects of Canadian goldenrod (<i>Solidago canadensis</i> L.) invasion on biological soil quality in an urban meadow	3
TAMÁS SZÚTS: The second occurrence of the crevice weaver spiders in Hungary (Araneae: Haplogynae, Filistatidae)	21
PÉTER SÁLY & MÓNICA DULEBA: Fish faunistic and stream habitat survey of the Torna Creek in the town of Ajka, Hungary	29
PÉTER SÁLY, ZOLTÁN SZALÓKY & ÁGNES MARODA: Data on fish fauna of the river Ipoly from a reach downstream the Ipolytölgyes dam	43
GÁBOR CSORBA, TAMÁS CSERKÉSZ, TAMÁS GÖRFÖL, ATTILA NÉMETH & ANIKÓ ZŐLEI: Revised checklist of Hungarian wild mammals	49
Chronicle	63
Abstracts of the First Hungarian Conference on Zootaxonomy	63
OLIVÉR VÁCZI: The man who protected flocks of newts and frogs – in memoriam BOTOND BAKÓ.....	97
KATALIN ZSUGA & JÁNOS KORPONAI: In memory of an excellent museologist and limnologist, Dr. LÁSZLÓ FORRÓ (1954–2023)	99
ELISABETH HORNUNG (ed.): "Outstanding PhD dissertation in synbiology" Prize.....	109
Short outlines of DSc dissertations (2020–2024)	112
VERONIKA BÓKONY: Evolutionary ecology of anthropogenic environmental change and sex reversal in amphibians.....	113
ZOLTÁN ELEK: Beetles in the forest: long-term effects of habitat change on the structure of ground beetle assemblages, from community level to individual behaviour	123
ELISABETH HORNUNG: Scale – pattern – habitat choice – life history: ecology of terrestrial isopods	137
GYÖRGY KRISKA: Polarization vision of aquatic insects, polarized ecological traps	151
BALÁZS TÓTH: Activity of the Zoological Section of the Hungarian Biological Society (from 20 th November 2023 till 9 th October 2024)	177

Tartalom

KOMLÓSI JANKA, HORNUNG ERZSÉBET és TÓTH ZSOLT: Előzetes eredmények a kanadai aranyvessző (<i>Solidago canadensis</i> L.) inváziójának biológiai talajminőségre gyakorolt hatásairól egy városi gyepen.....	3
SZÜTS TAMÁS: A hasadékpókok második előfordulása Magyarországon (Araneae: Haplogynae, Filistatidae).....	21
SÁLY PÉTER és DULEBA MÓNKA: A Torna-patak Ajka városán át futó szakaszának halfaunisztikai és élőhelyi vizsgálata	29
SÁLY PÉTER, SZALÓKY ZOLTÁN és MARODA ÁGNES: Halfaunisztikai adatok az Ipoly ipolytólgyesi duzzasztómű alatti szakaszáról	43
CSORBA GÁBOR, CSERKÉSZ TAMÁS, GÖRFÖL TAMÁS, NÉMETH ATTILA és ZŐLEI ANIKÓ: Magyarország vadon élő emlőseinek aktualizált listája	49
Krónika	63
Az Első Magyar Zootaxonomiai Konferencia kivonatai	63
VÁCZI OLIVÉR: Aki a göték és békák hadait védte – megemlékezés BAKÓ BOTONDRÓL	97
ZSUGA KATALIN és KORPONAI JÁNOS: Egy kiváló muzeológus, limnológus emlékére Dr. FORRÓ LÁSZLÓ (1954–2023)	99
HORNUNG ERZSÉBET (szerk.): Az év kiemelkedő szünbiológiai témájú egyetemi doktori (PhD) értekezése-díj.....	109
Akadémiai doktori disszertációk (DSc) rövid ismertetése (2020–2024)	112
BÓKONY VERONIKA: Az ember általi környezet-átalakítás és az ivarváltás evolúciós ökológiája kétéltűeknél	113
ELEK ZOLTÁN: Az erdők bogarai: élőhelyváltozások hosszútávú hatásai futóbogár-együttesek szerkezetére, a közösségi szinttől az egyedi viselkedésig	123
HORNUNG ERZSÉBET: Skála – mintázat – élőhelyválasztás – életmenet: a szárazföldi ászkarákok (Isopoda, Oniscidea) ökológiája	137
KRISKA GYÖRGY: Vízióvarok polarizációérzékelése, poláros ökológiai csapdák	151
TÓTH BALÁZS: Az Állattani Szakosztály ülései (2023. november 20. – 2024. október 9.).....	177