

EMBERI LÉTESÍTMÉNYEK HATÁSA A TISZAVIRÁG-ÁLLOMÁNY [PALINGENIA LONGICAUDA (OLIVIER, 1791)] NAGYSÁGÁRA ÉS IVARARÁNYÁRA

**POLYÁK LÁSZLÓ¹ – LENGYEL SZABOLCS² – MÁLNÁS KRISTÓF¹
– PRILL ÉVA¹ – KRISKA GYÖRGY³ – HORVÁTH GÁBOR⁴**

¹Debreceni Egyetem, Hidrobiológia Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

²Debreceni Egyetem, Ökológia Tanszék, 4032 Debrecen, Egyetem tér 1.

³Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Biológia Intézet, Biológiai Szakmódszertani Csoport, 1117 Budapest, Pázmány sétány 1.

⁴Eötvös Lóránd Tudományegyetem, Fizika Intézet, Biológiai Fizika Tanszék, Biooptika Laboratorium, 1117 Budapest, Pázmány sétány 1.

EFFECTS OF ARTIFICIAL CONSTRUCTIONS ON THE POPULATION SIZE AND SEX RATIO OF THE MAYFLY *PALINGENIA LONGICAUDA* (OLIVIER, 1791)

L. POLYÁK^{1*} – SZ. LENGYEL² – K. MÁLNÁS¹ – É. PRILL¹ – GY. KRISKA³ – G. HORVÁTH⁴

¹Department of Hydrobiology, University of Debrecen, Egyetem tér 1., H-4032 Debrecen, Hungary

²Department of Ecology, University of Debrecen, Egyetem tér 1., H-4032 Debrecen, Hungary

³Group for Methodology in Biology Teaching, Biological Institute, Pázmány sétány 1., Eötvös University, H-1117 Budapest, Hungary

⁴Environmental Optics Laboratory, Department of Biological Physics, Physical Institute, Eötvös University, Pázmány sétány 1., H-1117 Budapest, Hungary

*Corresponding author, e-mail: polyaklaszlo@googlemail.com

KIVONAT: Mesterségek létesítmények tiszavirág állományra gyakorolt hatását vizsgáltuk a Felső-Tisza, Gulács – Tarpa közötti szakaszán. Ennek során egyrészt több módszerrel tanulmányoztuk a kőszórásos partbiztosítás tiszavirág-állományra gyakorolt hatását. Másrészt vizsgáltuk a folyó felett átívelő, Kisar, Tivadar között található közúti híd, kompenzációs-repülést zavaró hatását. Munkánk során kis vízállásnál, lyukszámlálásos módszerrel felderítettük, és lyuksűrűség alapján osztályoztuk a vizsgált partszakaszon található tiszavirág telepeket. 2006 és 2007-ben a tiszavirág-rajzás idején, uszadékháló használatával, az exuviumok kvantitatív gyűjtésével célzott összehasonlító mintavételt végeztünk, egy természetközeli állapotban lévő (Gulács), illetve egy kőszórással borított partszakasz (Tivadar) tiszavirág állományának mennyiségi összehasonlítása céljából. Ezzel a módszerrel lehetővé vált a mélyebb, kövezés alatt megtelepedett tiszavirág-állomány mennyiségi vizsgálata. Vizsgálataink alapján megállapítható, hogy a lyukszámlálás alapján kihaltak bizonyuló kövezett partszakaszokon is nagy számban előfordulhat a tiszavirág a mélyebb régiókban – mint azt a korábbi

terepi megfigyelések alapján feltételeztük is, – a faj állomány nagysága viszont átlagosan csak mintegy kétharmada a természetközeli állapotban lévő partszakasz tiszavirág állomány-nagyságának. Az uszadékhalás mintavétel során a két populáció esetében feltűnő különbségeket tapasztaltunk a begyűjtött lárvabőrök ivararányában. A tapasztalt nemmegoszlás-különbség kialakulását a Kisar-Tivadar között húzódó közúti híd következményének tartjuk. A hím-nőstény arány eltolódásának magyarázatára kalorimetriás vizsgálatokat végeztünk. A kapott eredmények alapján a híd hatására létrejövő kavargással jelentősen energiát veszítenek a nőstény egyedek, amivel az összefüggéseket vizsgálva magyarázható a két telep hím- nőstény arányának eltérései.

Kulcsszavak: *Palingenia longicauda*, kérész, Ephemeroptera, ivararány, kompenzációs repülés

ABSTRACT: Effects of artificial constructions on *Palingenia longicauda*'s stock were examined on the upper part of the river Tisza, between Gulács and Tivadar. During our research several methods were used to reveal the effects of burrowed shores on mayfly stocks. Disturbing effects of a bridge spanning the river between Kisar and Tivadar were also studied. Mayfly colonies were explored with net hole counting method and were sorted out by hole density. During mayfly swarming in 2006 and 2007 a comparative and quantitative sampling was made based on exuvia collecting, with the help of drift nets, to examine the mayfly stocks on a burrowed (Tivadar) and on a natural riverbank section (Gulács). With this method it became possible to examine mayfly stocks, which live deeper, under the burrowed part of the riverbank. According to our investigation it can be established that in spite of the results based on net hole counting mayflies appear in deeper sections of burrowed riverbanks as well, as it was assumed according to our previous field observations. The stock size of the species on the burrowed part is generally 30% smaller than the stock size of mayflies on natural riverbanks. During our examinations remarkable differences were found in sex-ratio of the two populations. Sex-ratio differences between the two populations are interpreted as a consequence of the barrier effect of the bridge between Kisar and Tivadar. To reveal the causes of the different male-female ratio calorimetry was used. Our results showed that the bridge made the females doing a compensation flight and they lost energy as a result. The different male-female ratio of the two populations can be explained with these significant relations.

Key words: *Palingenia longicauda*, mayfly, Ephemeroptera, sex ratio, compensation flight

Bevezetés

Az elmúlt évtizedekben a vízi makroszkopikus gerinctelen közösségek (HYNES 1970), illetve az egyes fajok ökológiai jelentőségének felismerésével jelentősen nőtt az ezen csoportok irányába mutatott tudományos érdeklődés. Ennek egyrészt gyakorlati jelentősége van, hisz a biológiai vízminőség-monitorozásra kevés alkalmasabb élőlénycsoport létezik, másrészt ökológiai-elméleti jelentősége van, mivel a fajok védelme csak úgy képzelhető el eredményesen, ha ismerjük azok biológiáját, helyét és funkcióját az adott közösségben.

A vizsgált faj a tiszavirág, mely a középszakasz jellegű folyók jellemző kérészfaja. A faj valaha Európa-szerte elterjedt volt, ám napjainkra nyugat-európai élőhelyeiről történő fokozatos visszaszorulásának következtében csak a Tiszában és annak mellékfolyóiban él, továbbá a közelmúltban találták meg állományait a Rábában (KOVÁCS et al. 1999, 2001, KOVÁCS és AMBRUS 2001, KOVÁCS és BAUERNFEIND 2003, CSER és KOVÁCS 2006). Hazánkon kívül alig fordul elő. Erősebb populációiról, mindössze folyóink határon túli szakaszairól (Erdély, Délvidék, Kárpátalja) áll rendelkezésünkre csekély számú biztos adat, így valódi hungarikumról beszélhetünk. A tiszavirág védett kérészeink egyike, melyre a 2000-ben bekövetkezett cianid szennyezés következtében jelentős figyelem összpontosult (LENGYEL et al. 2004, WENDLING és HAYBACH 2003), ennek ellenére a faj hatékony védelme máig sem elégséges. Míg Németországban már a tiszavirág visszatelepítésén dolgoznak (TITTIZER et al. 2008), hazánkban a tiszavirág telepek sorra esnek áldozatul a természetvédelmi szempontokat figyelmen kívül hagyó vízrendezéseknek, vízügyi beavatkozásoknak. Ahhoz, hogy ennek az egyedülálló fajnak a védelmét hatékonyan végezhessük, feltétlenül szükséges biológiájának, ökológiájának pontosabb ismerete.

A vizsgálatunk célja a Tiszán jellemző két emberi létesítménynek, a partvédő kövezésnek és a hidaknak a tiszavirág-állományra gyakorolt hatásának tanulmányozása volt. Munkánk során felderítettük a Felső-Tisza mintegy 17 km hosszú szakaszán található tiszavirágtelepeket, illetve osztályoztuk azokat a járatok sűrűsége alapján. Emellett célzott vizsgálatot végeztünk kövezett és természetközeli állapotú partszakaszok tiszavirág-állományának összehasonlítására. Az árvízvédelmi kövezésekkel megerősített partszakaszokon a tiszavirág-lárvák megtelepedése a szabad agyagfelszín hiánya miatt jórészt lehetetlen. Mivel azonban rajzáskor ilyen kövezett helyek felett is észlelhetők repülő állatok, bizonyosnak tűnik, hogy a lárvák a meder mélyebb részein illetve a kövezés hiányaiban megtelepedése alkalmas mikrohabitatokat találnak. Jelenleg nem állnak rendelkezésünkre mennyiségi adatok a kövezett és a természetközeli állapotú partszakaszok tiszavirágállomány-nagyságáról, így becsülni sem tudjuk, mekkora kárt is jelent természetvédelmi szempontból egy partbiztosítás. A kérdés megválaszolására 2006-ban és 2007-ben, az exuviumok gyűjtésére is kiválóan alkalmas és széles körben alkalmazott módszert, az uszadékhálózást (MÓRA és DÉVAI 2004) alkalmaztuk, mellyel a kövezés hiátusaiban életteret találó, továbbá a kövezés hatósugarán kívül, a meder mélyebb részein kifejlődött kérészek kirepülő imágóiról kaptunk mennyiségi adatokat.

Több megfigyelés is bizonyítja, hogy rajzáskor, a kompenzációs repülést végző nőstényeket a hidak megállítják. Ezt minden bizonnyal az okozhatja, hogy a híd leárnyékolja a folyó felszínét a vízfelületet a polarizált fény-visszatükröződés segítségével követő tiszavirág számára (KRISKA et al. 2007). 2009-ben kalorimetriás eljárással vizsgáltuk, hogy a nőstények energiaháztartására hatással van-e ez az akadály, így szerepet játszik-e az utódgeneráció elhelyezésében.

A rajzáserősség vizsgálata során a két populáció hím-nőstény arányában jelentős eltéréseket, a nőstény egyedek túlsúlyát tapasztaltuk. Az ivararány-eltérés feltételezéseink szerint összefüggésben állhat a Tivadart és Kisart összekötő közúti híd mint keresztműtárgy jelenlétével. Előzetes megfigyeléseink alapján a híd tövében a tojásrakó nőstények feltorlódnak.

Az irodalmi adatok szerint, mivel a nőstények jelentős (akár 50%-os) aránya szűznemzéssel szaporodik (LANDOLT et al. 1997) és mivel a partenogenezis (szűznemzés) a kérészek esetében thelytokia jellegű (a kikelő utódok mind női ivarúak lesznek), a nem párosodott egyedek petéiből csak nőstény egyedek fognak

kikelni. (McCAFFERTY és MORIHARA 1979). A nőtények, így a bármily kicsiny arányban jelenlevő partenogenetikus nőtények feldúsulása a híd alatti szakaszokon hosszútávon hozzájárulhat a nőtény egyedek feldúsulásához és a nőtény túlsúly kialakulásához a híd alatti szakaszon.

Anyag és módszer

Rajzáserősség összehasonlítása két mintavételi helyen, uszadékháló segítségével

A rovarok külső váza, kültakarója megszilárdulás után növekedésre csak igen mérsékelttel képes, ezért egyedfejlődésük során növekedésük többnyire szakaszos, vedlésekkel megszakított. A vedlés után hátrahagyott bőrt nevezzük exuviumnak. Ez holometaboliával (teljes átalakulással) fejlődő rovarok esetében a levedlett bábőrt jelenti, a kérészek, mint hemimetaboliával fejlődő rovarok esetében, melyeknél kimarad a bábállapot, az utolsó lárva-stádiumból származó bőrt jelenti.

Az exuviumok gyűjtésének előnye, hogy nem károsítja az állatot, így alkalmas védett fajok tanulmányozására is. Az exuviumok továbbá az állat viselkedésének ismeretében a megfelelő lelőhelyen könnyen megtalálhatóak, begyűjthetőek. Mivel minden kirepülő állat átesik az utolsó vedlésen, exuviumok alapján jól becsülhető a kirepülő állatok mennyisége. A kérészek esetében a vizsgált exuviumok csak rövid ideig sodródnak a vízen, hamar fennakadnak a partmenti növényzeten, kirakódnak a partközelségbe. Ennek következtében napi rendszerességgel történő gyűjtésük elég jó arányosságot mutat az aznap rajzó egyedek mennyiségével, hisz nem keverednek közéjük az előző napról maradt bőrok számottevő mennyiségben. A tiszavirág esetén lehetséges a lárvák ivarának meghatározása is, ezáltal a repülő rovarok ivararányára is következtethetünk. Mivel a tiszavirág esetében az exuviumok nem hagyják el a vizet, mennyiségarányos gyűjtésükhöz az uszadékháló (ún. „drift net”) használható

Az első uszadékhálót végzett vizsgálatról THIENEMANN (1911) számolt be, azóta több változatát is használták az általa bemutatott mintavető eszköznek (ELLIOTT 1967, 1970, LANGTON 1991, WARTINBEE és COFFMANN 1976). Az alapelv egyforma: a rögzített, felszínen lebegő háló 7–10 cm mélyen szűri ki a rajta keresztülaramló vízből az uszadékokat.

Az általunk a mintavételek során használt uszadékhálót magunk készítettük el, mivel a mintavételi módszer hazánkban kevésbé ismert, és vizeink vizsgálatára alig használt, a mintavételi eszközt kereskedelmi forgalomban nem lehet beszerezni. Az eszközt két deszkalap tartja lebegő állapotban a víz felszínén, a deszkalapok közé fém fűlekre egy a laborvizsgálatokhoz használt etanol tárolására használt kanna palástja került, korábban ennek alját és tetejét eltávolítottuk. Ennek a 30 cm szélességű keretnek a hátsó peremére került felerősítésre a háló, amely a csúcsa felé szűkül, megakadályozva ezzel a rajta keresztülaramló víz visszaörvénylését, a már a korábbiakban a hálóba sodródott exuviumok kimosódását, ami a mintavétellel kapott értékeket torzíthatná. A mintákat feldolgozásig műanyag zsákokba helyeztük. A gyűjtött exuviumok számát, a hím és nőtény egyedektől származó exuviumok szétválasztását fehér műanyag tálcákon végeztük. A begyűjtött exuviumok számát, illetve nemét feljegyeztük, és a mintavétel során becsült áramlás erősséggel, illetve a mintavételi idővel korrigálva összehasonlításra alkalmas mennyiségi adatokat kaptunk. Uszadékhálós mintavételt két helyen végeztünk, a Gulács község közigazgatási területéhez tartozó Igonya nevű természetközeli állapotú szakadóparton („híd alatti szakasz”), és a Kísar község melletti, partvédelmi kövezéssel módosított partszakaszon („híd feletti

szakasz”). A rajzás során bekerült élő illetve holt, imágó illetve szubimágó alakokat a mintavétel végén eltávolítottuk. A mintavételt naponta végeztünk a rajzás kezdetétől a végéig, mindkét helyszínen, 2006-ban július 10. és 15. között, valamint 2007-ben június 19. és 21. között. A minták feldolgozása során külön összesítettük a hím és nőstény egyedektől származó lárvabőröket. Az ivarok elkülönítése a hímeken található ivarlábak megléte vagy hiánya alapján történt. A vízsebességet úszó és stopper segítségével mértük, az úszó által adott távolság megtételéhez szükséges idő mérése alapján (öt mérés átlagolásával). Az adatok értékelését páros t-teszt segítségével végeztük.

Tiszavirág telepek feltérképezése, osztályozása

A őszi kis vízállásnál elvégeztük a Jánd és Tarpa közötti Tisza szakasz tiszavirág-telepeinek felderítését, osztályozását. A felmérés során, csónakkal bejártuk a 714 és 696 fkm közé eső, mintegy 17 km-es Tisza-szakaszt és GPS segítségével rögzítettük a talált teleprészek kezdő- és végkoordinátáját. Az alacsony vízállás következtében szárazra került teleprészekről fényképeket készítettünk, melyek közül random módon kiválasztott példányokon számoltuk a megfigyelt járatokat. Az ábrázolt partrészeket, a járatok sűrűsége alapján három erős, közepes és gyenge kategóriába soroltuk. A kategóriákat a fotókon méretarány céljából rajtahagyott hálójel segítségével kijelölt 20 x 20 cm-es kvadrátban meglévő járatszámok alapján adtuk meg. Egy járatnak egy lyukpárt vettünk. Erős kategóriába került az a telepszakasz, ahol a járatok száma több mint 80, közepes ahol a járatok száma 40-80 közé esett, gyengének osztályoztuk ahol a járatok száma nem érte el a 40 járatot. Továbbá alkalmaztunk egy szórványos kategóriát, azokra a pontokra, ahol a tiszavirág jelenlétére utaló nyomokat találtunk, de a járatok száma alapján nem lehetett az előző három kategória valamelyikébe egyértelműen besorolni. A felmérés során mind a két partot végigjárva a telepek kezdetét és végér jelentő koordinátákat GPS segítségével vettük fel. Azoknál a szakaszoknál ahol a telep eleje és vége nem mutatkozott markánsan, a középső szakasz koordinátáját mentettük és feljegyeztük a szakasz hozzávetőleges hosszát. A felmérés során mért pontos GPS-koordináták alapján a telepek elhelyezkedését térinformatikai program (ArcGIS 3.3) segítségével 1:10000 méretarányú térképen jelöltük (1. ábra).

Kalorimetriás vizsgálatok

A kalorimetriás vizsgálatokhoz a tiszavirág nőstény egyedeit 2009. június 27-én kézihálós módszerrel gyűjtöttük a rajzás különböző fázisaiban. A vizsgálatokhoz gyűjtöttünk egyedeket a folyó felett kompenzációs repülést végző nőstények közül a híd alatt mintegy 1 km-rel, ezzel egy időben a híd előtt feltorlódottak közül, továbbá a rajzás végén, vízről, a kimerült kérészek példányaiból is. Az egyedeket gyűjtés után, egyenként azonosítóval ellátva folyékony nitrogénben tartósítottuk, később -25 °C-os hűtőben tároltuk a vizsgálatok elvégzéséig. A minták kaloriméterrel történő vizsgálata előtt, a testméret-különbségekből adódó torzítások kivédésére, lemértük az egyedeket bizonyos testméret paramétereit, úgymint a pronotum (nyakpajzs)-, a femur (comb) hosszát, illetve a fej középvarratának és a szem távolságát. Az egyedeket tojással való telítettségük alapján kategorizáltuk. A mérések elvégzése után az egyedeket szárítószekrényben 24 órán keresztül 75°C-on tömegállandóságig szárítottuk. Szárítás után analitikai pontosságú mérleg segítségével lemértük az egyedek tömegét.

A kalorimetria során az egyedek energiatartalmát egy a külvilágtól hőszigetelt berendezésben fellépő hőeffektus, hőmérséklet és halmazállapot változás fizikai és kémiai összefüggéseit vizsgálva mértük (MORTIMER és MOORE 1970). A vizsgálatokhoz egy Parr 1341 típusú oxigénbombás kalorimétert (Parr 1341 Oxygen Bomb Calorimeter, Parr Instrument Company, Moline, Illinois, USA) használtunk. A berendezés előzetes kalibrálásához benzooesavat használtunk. Mivel az általunk használt berendezés minimum 0.15 g anyaggal működött, az állatokat, melyek száraz testtömege 0.017 és 0.097 között változott, egyesével nem, csak csoportosítva tudtuk lemérni. A csoportosításhoz igyekeztünk a hasonló testméretű állatokból képezni a csoportokat (pl. két nagyobb állat alkotson egy csoportot, ill. több kisebb állat egyet), hogy minél több csoportban történjen a mérés. Az egyes állatok energiatartalmának megbecslésére az egy csoportban mért egyedekre kapott kalória-értéket az állatok száraz testtömegének arányában elosztottuk az egyedek között. A mintákat homogenizáltuk a készülékbe helyezés előtt. A méréseket a készülékben 30 atmoszféra töltési nyomáson oxigéngáz adagolásának segítségével végeztük, aminek következtében a végbemenő égés tökéletesnek tekinthető (PRILL et al. 2008). A bombában képződött savak mennyiségét titrálással határoztuk meg, a keletkezésükhöz szükséges hőmennyiséggel korrekciót alkalmaztunk. A mérések pontos értékeléséhez figyelembe vettük a gyújtószál elégetéséhez szükséges hő mennyiségét is.

A kalorimetria-adatok elemzéséhez egyutas ANOVA-t alkalmaztunk, melyben a függő változó az egyedek becsült energiatartalma, míg a független változó a rajzás időpontja/helye volt, mely utóbbinak három szintje volt (rajzás elején a híd alatt, rajzás elején a hídnál és rajzás végén a híd alatt). Mivel a kalorimetriás méréshez az egyedeket csoportban mértük, annak vizsgálatára, hogy a csoportosítás befolyásolta-e az eredményeket, az elemzéseket elvégeztük lineáris kevert modellekkel (GLME) is, melyben a random változó a kalorimetriás csoportosítás volt.

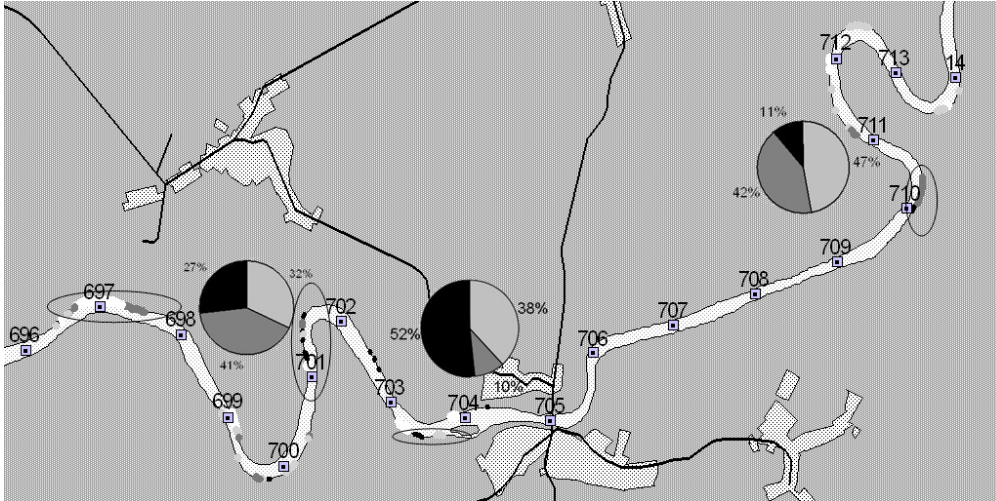
Eredmények

Tiszavirág telepek felderítése, osztályozása

A partfalban található tiszavirág-járatok mennyiségi becslése alapján a vizsgált folyószakaszon (714-696 fkm) összesen 60 telepet találtunk, amik alapján négy értékesebb folyókanyart tudtunk meghatározni. Ezek a következők (1. ábra):

- a 710. fkm-nél mintegy 300 m hosszan a bal parton
- a 703. és 704. fkm közötti kis folyókanyar bal partján (tivadari kis homokpad)
- a 701. és 702. fkm közötti szakaszon, a jobb parton található Igonya nevű szakadópart
- a 697. és 698. fkm között, a jobb oldalon található Sárgapart nevű szakadópart

A 60 telep a következők alapján oszlik meg az általunk alkotott kategóriák között: 21 telepet a gyenge, 14-et a közepes, és 14-et az erős telep kategóriákba soroltunk. A telepek összes hossza 2167 m volt, azaz a vizsgált folyószakasz (18 km) 12%-án találtunk tiszavirág-telepet. Az összes lakott telephossznak mintegy ötöde (23%) volt erős telep, míg kb. 38%-a közepes, 39%-a pedig gyenge telep volt (1. táblázat). Az osztályozott telepeken kívül „szórványtelepeket” találtunk a felmért szakasz 25%-án, összesen 994 m hosszan.



1. ábra. A felmért Tisza-szakasz átnézeti képe és a 2006 októberében, kis vízállás idején regisztrált tiszavirág telepszakaszok elhelyezkedése. Színekód: fekete: erős telep, szürke: közepes, világosszürke: gyenge telep, fehér: „szórvány-telep” (jelenlét).

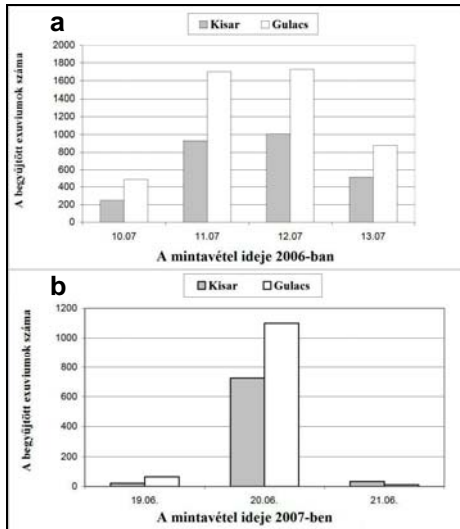
1. táblázat. A teljes vizsgált szakaszon talált tiszavirágtelepek hossza és telepnagyság-kategóriák szerinti megoszlása

	Erős	Közepes	Gyenge	Szórvány
Összes hossz (m)	501	831	835	994
Telepek száma	14	14	21	11
Átlagos hossz (m)	35,8	59,4	39,7	90,3
Szórás	40,99	79,54	61,68	120,90
Maximum hossz (m)	134	275	250	423
Minimum hossz (m)	5	5	4	4

Tiszavirág állományok rajzáserősség alapján történő összehasonlítása kövezett és természetközeli állapotú partszakaszon

Mindkét mintavételi évben, az uszadékhalóval összegyűjtött exuviumok száma rendszerint 50%-kal magasabb volt a természetközeli állapotú szakadóparton, mint a kövezett szakaszon. Vagyis a kövezett szakaszon a tiszavirág populáció jóval kisebb egyedszámmal jellemezhető, mint a természetes partszakaszon (2. ábra).

Az exuviumok nem-meghatározása eredményeként, a két mintavételi helyen gyűjtött exuviumok ivararányában jelentős eltéréseket tapasztaltunk. A teljes állományt figyelembe véve, a két éves mintavétel alapján, a kisari partszakaszon a hím-nőstény ivararány 1:1, míg az Igonya nevű partszakaszon 1:2 volt. Ezt az ivararányt a teljes állomány vizsgálata alapján figyelhettük meg. Az egyes napok során az ivararány alakulása igen változatos lehet (2. táblázat).



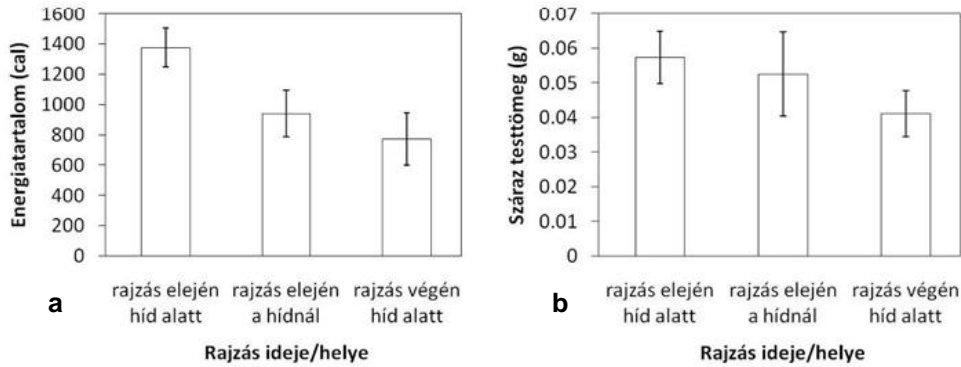
2. ábra. A 2006 (a) és 2007 (b) során, uszadékhalóval begyűjtött exuviumok száma, a kövezéssel borított partszakasz alsó végéről (Kisar), illetve a természetközeli állapotú partszakaszból (Gulács). (A két éves gyűjtés eredményei együtt értékelve, páros t-teszt lg-transzformált adatokon, $t=-2,703$, $df=6$, $p=0,018$).

2. táblázat. Az ivararány alakulása a Kisar melletti, illetve az Igonya mentén gyűjtött exuviumok alapján. A táblázat tartalmazza mind a 2006-os, mind pedig a 2007-es eredményeket.

		Kisar		Igonya		Kisar %		Igonya %	
		Hím	Nőstény	Hím	Nőstény	Hím	Nőstény	Hím	Nőstény
2006	10.júl	312	180	362	616	63,4	36,6	37	63
	11.júl	1086	770	1413	1986	58,5	41,5	41,6	58,4
	12.júl	412	1596	535	2920	20,5	79,5	15,5	84,5
	13.júl	375	143	359	516	72,4	27,6	41	59
2007	19.jún	6	16	25	40	27,3	72,7	38,5	61,5
	20.jún	477	250	479	621	65,6	34,4	43,5	56,5
	21.jún	18	15	4	7	54,5	45,5	36,4	63,6
	szumm	2686	2970	3177	6706	47,5	52,5	32,1	67,9
	Arány					1	1	1	2

A híd mint barrier hatásmechanizmusának vizsgálata kalorimetriai mérések segítségével

A kalorimetriás mérésekkel 35 begyűjtött egyed energiatartalmát becsültük. A mérések eredményei szerint a rajzás időpontja/helye szerint szignifikáns különbség volt az egyedek energiatartalmában (3a. ábra, $F_{2,32} = 8,565$, $p = 0,001$). A rajzás elején a hídnál gyűjtött egyedek energiatartalma mindössze kétharmada (68%) volt az ugyanebben az időpontban a híd alatt 1 km-rel gyűjtött egyedeké. A kontrasztok alapján végzett post-hoc elemzés szerint ez a különbség szignifikáns volt ($t_{32} = 2,177$, $p = 0,037$). A száraz testtömeg tekintetében azonban nem volt különbség a rajzás elején a hídnál ill. a híd alatt 1 km-rel gyűjtött nőstények között (3b. ábra, $F_{2,32} = 1,368$, $p = 0,269$). Ugyancsak nem volt különbség, a rajzás elején a hídnál, a híd alatt 1 km-rel és a rajzás végén gyűjtött nőstények között egyik testméret-változóban sem (szem-varrat hossz: $F_{2,32} = 0,529$, $p = 0,594$; pronotumhossz: $F_{2,32} = 0,214$, $p = 0,808$; femur hossz: $F_{2,31} = 2,308$, $p = 0,116$). Mindezek alapján a rajzás elején a hídnál és a híd alatt 1 km-rel gyűjtött nőstények energiatartalmában meglévő különbséget a testméretben levő különbséggel nem lehetett magyarázni.



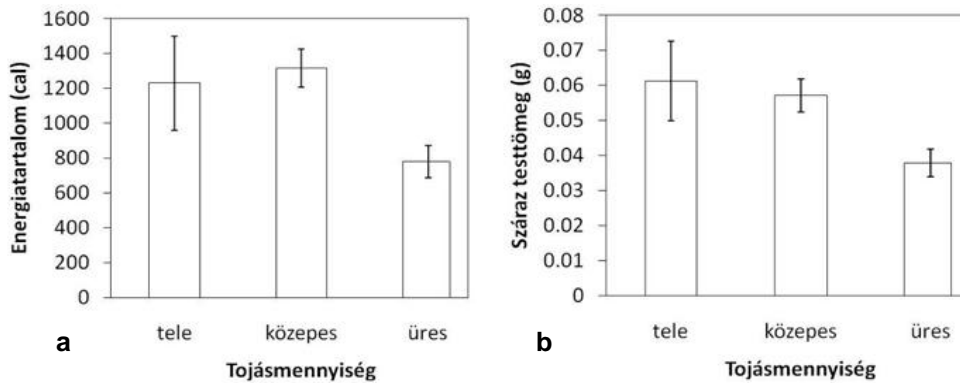
3. ábra. Tiszavirág-nöstények energiatartalma (a) és száraz testtömege (b) a Kisar-Tivadar közötti Hídnál és a hídtól folyásirányban 1 km-re lefelé a rajzás elején és végén (átlag \pm SE, mintaszámok balról jobbra: 13,5,17).

Az energiatartalomban megfigyelt különbségek elméletileg magyarázhatóak azzal is, ha a hídnál fogott nöstények már lerakták tojásaikat. Három eredmény is azt mutatta azonban, hogy nem a tojással való telítettség befolyásolta ezt az eredményt. Egyrészt, a rajzás elején, egy időben gyűjtött nöstények között nem volt különbség a tojásos nöstények gyakoriságában (3. táblázat, Fisher egzakt teszt, $p = 0.533$), azaz a hídnál és a híd alatt gyűjtött nöstényekben átlagosan hasonló volt a tojással telítettségi kategóriák gyakorisága. Másrészt, míg a tojásaikat lerakó, már a vízfelszínről gyűjtött nöstények energiatartalma mintegy 1/3-dal csökkent, a „sok” és „közepes” mennyiségű tojással rendelkezők között nem volt különbség sem az energiatartalomban, sem a száraztömegben (4a, b ábra), mely eredmény nem változott, ha a random faktorra is kontrolláltunk. A hídnál gyűjtött nöstények közül pedig nem volt szignifikánsan több „sok” mint „közepes” mennyiségű tojással rendelkező nöstény (3. táblázat, Fisher egzakt $p = 0.396$), ill. nem különbözött szignifikánsan a tojásos és nem tojásos nöstények aránya (ld. fenn). Mindezek miatt a rajzás elején a hídnál és a híd alatt 1 km-rel gyűjtött nöstények energiatartalmában meglévő különbséget nem lehetett a tojásrakásban levő különbséggel magyarázni.

3. táblázat. A tojásokkal rendelkező nöstények megoszlása a rajzás helye/ideje szerint.

Rajzás ideje/helye	Tojások mennyisége		
	Sok	Közepes	Nincs
Rajzás elején híd alatt	1	10	2
Rajzás elején a hídnál	1	2	2
Rajzás végén a híd alatt	0	0	13

Ha a random faktort (kalorimetria mérési csoport) is figyelembe vesszük a lineáris kevert modellek (GLME) alkalmazásával, akkor a random faktor hatása szignifikáns mind az energiatartalomra ($t = 2.83$, $p = 0.009$), mind pedig a száraz tömegre ($t = 3.94$, $p = 0.0004$), mely azzal magyarázható, hogy a méréshez a hasonló száraz testtömegű egyedeket vettük egy csoportba. Mindkét esetben a rajzás ideje/helye hatás szignifikáns maradt (energia: $F_{2,30} = 11.047$, $p = 0.0003$; testtömeg: $F_{2,31} = 8.014$, $p = 0.0015$), míg a tojásmennyiség nem befolyásolta az eredményeket egyik esetben sem (energia: $F_{2,25} = 0.017$, $p = 0.983$; testtömeg: $F_{2,25} = 0.270$, $p = 0.766$).



4. ábra. Tiszavirág-nőstények energiataralma (a) és száraz testtömege (b) bennük talált tojások becsült mennyiségének függvényében (mintaszámok balról jobbra: 2, 12, 17, tojásszám ismeretlen 4 egyednél).

Diszkusszió

Munkánk során felderítettük járatszámolásos módszerrel a Felső-Tisza 714-696 fkm közötti szakaszának jelentősebb tiszavirág telepeit. Ennek során megállapítható, hogy a tiszavirág a Felső-Tiszán a folyó meanderező szakaszához kötődik, a 706. és 709. fkm közötti egyenes szakaszon a fajnak még csak szórványtelepeket sem sikerült kimutatni. A talált járatok gyakorisága, alapján a tiszavirág egyértelműen a folyókanyarok külső, erodálódó partszakaszán találja meg ideális életfeltételeit, ahogy az a szakirodalomból is ismert.

A kiemelt folyókanyarok közül a legjobb állapotúnak a 697. és 702. fkm között található meander bizonyult. A meander egykor kövezéssel borított volt, de az évek folyamán ezt, a folyó nyomtalanul elmosta. Így jelenleg ezt a szakaszt természetközeli állapotúnak tekinthetjük. A 703. és 704. fkm között található tivadari kiskanyar egy része a közelmúltban lett lekövezve. A kövezett szakaszon a járatszűrűség alapján, csak szórványtelepek voltak kimutathatóak, a természetes szakaszon viszont megmaradt a feltételezhetően eredeti, erős telep. A harmadik jelentős kanyar a 710.-es fkm melletti szakasz volt, ahol az egykori kövezés sok helyen lecsúszott, így lehetőséget nyújtva a faj visszatelepülésére.

A felmérés során a Kisar melletti kövezett partszakaszon egyáltalán nem találtunk tiszavirág jelenlétére utaló járatokat, holott a kérész ezen a szakaszon is jelentős számban repül rajzás idején

A kövezés alatt kifejlődött imágók mennyiségi összehasonlításához, az uszadékháló ideális mintavételi eszköznek bizonyult. Figyelembe véve az áramláserősség különbségeket, az uszadékháló által felfogott exuviumok alapján, mindkét mintavételi évben, az uszadékhálóval összegyűjtött exuviumok száma rendszerint 50%-kal magasabb volt a természetközeli állapotú szakadóparton, mint a kövezett szakaszon. Vagyis a kövezett szakaszon a tiszavirág populáció mérhetően kisebb egyedszámmal jellemezhető, mint a természetes partszakaszon.

Érdekes eredmény, hogy a két mintavételi helyen határozott eltérést találtunk az ivararányban. Míg a kisari szakaszon a várt és a szakirodalomban (LANDOLT et al. 1997) is leírt 1:1-es hím-nőstény arányt tapasztaltuk (enyhe hím túlsúllyal), addig az Igonya menti populáció esetében magasan szignifikáns nőstény-túlsúlyt találtunk, amely megközelítette a 1:2 hím:nőstény arányt. A különböző napok gyűjtési eredményei alapján ez az arány széles határok között változhat, de a nőstény túlsúly minden nap kimérhető volt.

Eredményeink alapján a tojásokat lerakott nőstények jelentősen, mintegy 1/3-dal kisebb száraz testtömeggel és energiatartalommal rendelkeztek, mint a repülés elején levő állatok. Ez a különbség azzal magyarázható, hogy a nőstények lerakták átlagosan 8000 - 12 000 tojásukat, mely testük és energiatartalmuk jelentős részét (eredményeink szerint kb. egyharmadát) képviselte. Mivel azonban a rajzás elején begyűjtött egyedek között sem a tojásos nőstények arányában, sem pedig száraz testtömegben nem volt különbség, a híd alatt és a hídnál gyűjtött nőstények energiatartalma közötti különbség sem a tojásrakással, sem pedig a testméret-változatossággal nem magyarázható.

Eredményeink azt mutatják, hogy a hídnál fogott nőstények alacsonyabb energiatartalommal rendelkeztek, mint az várható volt, azaz a hídnál kialakuló kavardás következtében aránytalanul sok energiát veszítettek. Habár a hídig eljutó nőstények valamivel több energiát fogyaszthattak el, mivel 1 km-rel többet repültek már, mint a híd alatt gyűjtött nőstények, az energia-csökkenés mértéke jóval nagyobb, mint azt csak a megtett repülés és testtömeg-csökkenés alapján várni lehetett. Az energiavesztés mértéke (a híd alatti nőstények átlagát 100%-nak véve) 32% százalékpont volt, míg a testtömeg-csökkenés mértéke mindössze 8% (3. ábra). A testtömeg-csökkenés mértéke valószínűleg arányban áll a plusz 1 km megtételéhez szükséges repülés közben elfogyasztott energiával, ám az energiatartalmuk 32%-os csökkenését ez nem magyarázza. Valószínűnek látszik tehát, hogy a hídnál kialakuló zavartság és a repülő nőstények kavardása, kaotikus viselkedése közvetlenül okozhatja a peterakó nőstények kimerülését. Mindez arra készítheti a nőstényeket, hogy a hídnál rakják le tojásaikat. Ha a nőstények, melyek akár 4 km-ről is érkehetnek (LANDOLT et al. 1997), feltorlódnak a hídnál és jelentős energiát veszítenek, akkor a hídtól közvetlenül lefelé található szakaszon fogják lerakni tojásaikat azok a nőstények is, melyek a híd hiányában tovább repültek volna. Mivel a nőstények mintegy 50%-a szűznemzéssel szaporodik és csak nőstény utódokat hoz létre, a tojásrakó nőstények ilyen feldúsulása a híd alatti szakaszon azt okozhatja, hogy ezen a szakaszon arányaiban több nőstény tojás jut a vízbe. Eredményeink tehát támogatják azt a hipotézist, miszerint a nőstények felé eltolódott ivararány a híd alatti szakaszon összefüggésben lehet a híd, mint a tiszavirág-nőstények számára barriert jelentő mesterséges képződmény létezésével.

A megfigyelt ivararány-eltolódás kialakulásával kapcsolatban fontos tény, hogy a Kisar-Tivadar közötti hidat 1942-ben építették. A híd építése előtt rév működött a két falu között, ám az valószínűleg nem befolyásolta a tiszavirág-nőstények kompenzációs repülését. Eredményeink valószínűsítik azt, hogy a híd megépülése után kezdődhetett a kompenzációs repülés megzavarása, a híd feletti szakaszokon az alulról származó állatok számának csökkenése és a híd alatt maradó állatok számának növekedése. A nőstények feldúsulása, melyek közül néhány szűznemzéssel szaporodva csak nőstény utódot produkált, azt eredményezhette, hogy minden évben kicsivel több nőstény utód jött létre a híd alatti szakaszon, mely az elmúlt évtizedek alatt elvezethetett a megfigyelt ivararány-eltolódáshoz.

Felhasznált irodalom

- CSER, B. – KOVÁCS, K. (2006): Kérész-faunisztikai vizsgálatok Észak-Dunántúlon. – *Acta biologica debrecina Supplementum oecologica hungarica* 14: 107–114.
- ELLIOTT, J.M. (1967): Invertebrate drift in a Dartmoor stream. – *Archiv für Hydrobiologie* 63: 202–237.

- ELLIOTT J.M. (1970): Methods of sampling invertebrate drift in running water. – *Annals Limnology* 6/2: 133–159.
- HYNES, H.B.N. (1970): Ecology of running waters. – University of Toronto Press Inc. Toronto pp. 113–121.
- KOVÁCS, T. – AMBRUS, A. – BÁNKUTI, K. (1999): Data to the Hungarian mayfly (Ephemeroptera) fauna arising from collectings of larvae. – *Folia Historico-naturalia Musei Matraensis* 23: 157–170.
- KOVÁCS, T. – PÉTER, J. – ISTVÁN, T.P. (2001): Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera larvae from the River Tisza (1997–1999). – *Folia Historico-naturalia Musei Matraensis*, 25: 135–143.
- KOVÁCS, T. – AMBRUS, A. (2001): Ephemeroptera, Odonata and Plecoptera larvae from the River Rába and Lapincs. – *Folia Historico-naturalia Musei Matraensis* 25: 145–162.
- KOVÁCS, T. – BAUERNEFEIND, E. (2003): Checklist of the Hungarian mayfly fauna (Ephemeroptera). – *Folia entomologica hungarica*, 64: 69–84.
- KRISKA, GY. – BERNÁTH, B. – HORVÁTH, G. (2007): Positive polarotaxis in a mayfly that never leaves the water surface: polarotactic water detection in *Palingenia longicauda* (Ephemeroptera). – *Naturwissenschaften* 94: 148–154.
- LANDOLT, P. – SARTORI, M. – STUDEMANN, D. (1997): *Palingenia longicauda* (Ephemeroptera, Palingeniidae): From mating to the larval stage. In: LANDOLT, P. – SARTORI, M. (eds): Ephemeroptera & Plecoptera: Biology-Ecology-Systematics MTL, Fribourg, pp. 15–20.
- LANGTON, P.H. (1991): A key to pupal exuviae of West Palearctic Chironomidae. – P.H. Langton, Huntingdon, Chambridgeshire, 386 pp.
- LENGYEL, SZ. – KISS, B. – MÜLLER, Z. – ARADI, CS. (2004): A tiszavirág telepeinek elhelyezkedése és szerkezete, valamint állományának nagysága a Felső-Tisza egyes szakaszain. – *Természetvédelmi Közlemények* 11: 233–240.
- MCCAFFERTY W.P. – MORIHARA D.K. (1979): The male of *Baetis macdunnoughi* Ide and notes on parthenogenetic populations within *Baetis* (Ephemeroptera: Baetidae). – *Entomological News* 90(1): 26–28.
- MÓRA, A. – DÉVAI, GY. (2004): Uszadékhálózás alkalmazása az árvaszúnyog-együttes (Diptera: Chironomidae) vizsgálatában a Felső-Tiszán. – *Hidrológiai Közöny* 84: 82–85.
- MORTIMER, C.H. – MOORE, W.H. (1970): The use of thermistors for the measurement of lake temperatures. – *Mitteilungen Internationale Vereinigung für theoretische und angewandte Limnologie* 18: I–V.
- PRILL, É. – FARKAS, A. – JAKAB, T. – NAGY, S.A. – DÉVAI, GY. (2008): Kalorimetriás vizsgálatok eredményeinek elemzése szitakötőknél (Odonata). – *Hidrológiai közöny* 6: 158–161.
- TITTIZER, T. – FEY, D. – SOMMERHÄUSER, M. – MÁLNÁS, K. – ANDRIKOVICS, S. (2008): Versuche zur Wiederansiedlung der Eintagsfliegenart *Palingenia longicauda* (Olivier) in der Lippe. – *Lauterbornia* 63: 57–75.
- WARTINBEE, D.C. – COFFMAN, W.P. (1976): Quantitative determination of chironomid emergence from enclosed channels in a small lotic ecosystem. – *American Midland Naturalist* 95(2): 479–485.