

Miért petéznek a kérészek száraz aszfaltutakra?

Aszfaltutak, mint vízszintesen poláros fényt visszaverő, vizet utánzó "fénycsapdák" a polarotaxissal vizet kereső kérészek számára

Horváth Gábor² - Kriska György¹

¹ ELTE Biológiai Fizika Tanszék, 1112. Budapest, (Lágymányos), Pázmány Péter sétány 1/a

² ELTE Biológiai Szakmódszertani Csoport, 1083. Budapest, Ludovika tér 3.

Kulcsszavak: aszfaltút, vízszintesen poláros fény, polarotaxis, kérész.

Bevezetés

Az utóbbi három évben minden tavasszal megfigyeltük, hogy több különböző kérészfaj nagy számban rajzik száraz aszfaltutak fölé. A kérészek egyedek és a kopuláló párok sokszor leereszkedtek az aszfaltútra, és párzás után a nőstények petecsomóikat ide rakták le ahelyett, hogy az aszfaltút közelében futó hegyi patakba petéznék volna. Ezek a jelenségek, különösen a nőstények peterakási viselkedése azt sugallta, hogy az aszfalt-felület vonzza a kérészeket, és egyfajta rovarcsapdaként működik. A kérészek rajzása, szaporodási és peterakási viselkedésével foglalkozó korábbi kutatások nem adtak magyarázatot erre a sokfelé előforduló különös jelenségre.

A szakirodalomban számos, a vízi rovarokkal kapcsolatos megfigyelés szerepel, amelyek szerint e rovarok gyakran lelhetők föl üvegablakon, kocsitetőkön, és nedves aszfaltutakon (Fernando, 1958; Popham, 1964). Annak ellenére, hogy a fentiekben említett, kérészekkel kapcsolatos megfigyelések ismeretesek az entomológus szakemberek számára, ezt a jelenséget csak szóróványosan írták le publikációikban marginális jegyzetek formájában. Azt feltételezték, hogy az aszfaltutak olyan markerek a kérészek számára, amelyek jelzik a rajzás és szaporodás helyeit (pl. Brodskiy, 1973; Savolainen, 1978). A kérészek aszfaltutakra történő petézését egyszerűen azzal magyarázták, hogy a fényes felületű, nedves aszfaltutak a visszavert fény erőssége tekintetében hasonlóak lehetnek a rovarok számára, mint a valódi vízfelszínnek. Az első feltételezés, amely szerint az aszfaltutak a rajzás markereiként szerepelnek nem ad választ a kérészek aszfaltútra történő petézésére, hiszen normális körülmények között a kérészek csak a vízfelszínre petéznék, a markerekre nem. Ezen kívül a him és nőstény imágók rajzása az aszfaltút fölé olyan viselkedési elemeket is tartalmaz (petéző repülés, ritmusos felszínérintések, fölemelkedés, hirtelen leereszkedés), amelyek a vízfelszín fölötti viselkedést jellemzik. Ezzel kapcsolatban újabb feltételezés, hogy a tisztavirág him és nőstények egymásra találásában a hímeken lévő hidroreceptorok is szerepet játszanak (Fink-Andrikovics 1995, Andrikovics-Fink-Cser, 1992). A második feltételezés nem képes megmagyarázni azt, hogy a kérészek petézése miért következik be gyakran a teljesen száraz aszfalt-felületen is. Az alábbiakban egy meggyőző magyarázatot adunk erre a meglepő viselkedésre.

A fentiekben felvázolt viselkedés okainak feltárása nemcsak a kérészek tudományos kutatása szempontjából fontos, hanem a napjainkban mind jobban megrikuló rovarcsoport védelme miatt is, mivel az aszfaltútra lerakott petecsomók (egy nőstény kérész petecsomója 6000-9000 petét tartalmaz) rövid idő alatt kiszáradnak és elpusztulnak.

Két éves kutatást folytattunk azért, hogy tisztázzuk a kérészek aszfaltutak fölötti rajzásának okait. A két év során hat kérészfaj rajzását vizsgáltuk. Ennek során video-felvételeket készítettünk, összetett választásos kísérleteket, video-polarimetriás méréseket és vizuális megfigyeléseket végeztünk a terepen. Megfigyeléseink eredményeként felvázoltuk a kérészek aszfaltutak fölötti szexuális viselkedésének új interpretációját (Kriska, Horváth & Andrikovics, 1998). Véleményünk szerint az aszfaltutak megtévesztésig hasonlóak egy vízszintesen poláros fényt visszaverő vízfelszínhez a polarotaxissal vizet kereső rovarok számára. Amint azt kimutattuk, a kérészek vízdetektálása a vízfelszínről érkező vízszintesen polarizált fény segítségével történik, hasonlóan sok más vízi rovarhoz (Schwind & Horváth, 1993; Horváth, 1995; Horváth & Zeil, 1996; Horváth & Varjú, 1997; Horváth et al., 1998).

Anyag és módszer

A tesztfelületes kísérletek helyszíne a Bükkös-pataknál

Terepvizsgálataink során a Bükkös-pataknál figyeltük meg az *Ephemera danica* (Müll.), *Ecdyonurus venosus* (Fabr.), *Epeorus silvicola* (Etn.), *Baetis rhodani* (Pict.), *Rhithrogena semicolorata* (Curt.) és *Haproleptoides confusa* (Hag.) reproductív viselkedését a száraz aszfaltút fölé. A tesztfelületes kísérleteket az *Epeorus silvicola* és a *Rhithrogena*

semicolorata fajokkal folytattuk. A kísérleteket május második és június első felében végeztük 1996-ban és 1997-ben. A kutatás helyszíne a Pilis-hegységi Dömörkapu volt, amely Budapesttől 30 km-re helyezkedik el. A vizsgálatokat a Bükkös-patak partján egy tipikus középhegységi patak-nál folytattuk, amelyből nagy számban rajznak ki kérészek májusban és júniusban (Andrikovics & Kéri, 1991). A pataktól 1-5 m-es távolságban egy aszfaltút fut, fákkel és bokrokkal szegélyezve, párhuzamosan a patak felé. Néhány helyen az aszfaltút kis hidon vezet át a patak fölé. Az út néhány méterrel magasabban fut a pataknál és föléte nyitott az égből. Az aszfaltút felszíne a legtöbb helyen viszonylag sima és sötétszürke, de találhatunk rajta több, világosszürke és durva felszínű foltot is.

Választásos kísérletek különböző tesztfelületek felhasználásával

A Bükkös-patak melletti kísérletekben téglalap alakú, eltérő anyagú lapokat fektettünk az úttal párhuzamosan az aszfaltút felületére, különböző távolságokban a pataktól, ahol a kérészek rajzottak. Az 1 m x 2 m-es tesztfelületeket 0,5 m távolságban helyeztük el egymástól. Tesztfelületként fényes fekete műanyag (polietilén) fóliát, fényes tejfehér műanyag (polietilén) fóliát, fényes alumínium fóliát, kissé fényes fekete ruhaanyagot, matt fekete ruhaanyagot és matt fehér ruhaanyagot használtunk. Hogy kizárjuk a színek hatását a kérészek rajzására olyan tesztfelületeket alkalmaztunk, amelyek anyaga csak spektrálisan semleges, szürke fényt reflektált. Különböző alkalmakkor megszámoztuk a landoló és a közvetlenül a fólia fölé, 0,1 m-nél nem magasabban rajzó kérészeket a tesztfelület 0,1 m x 0,1 m-es területén. A tesztfelületek helyzetét többször, véletlenszerűen változtattuk egymáshoz képest, hogy elkerüljük a felületek pozíciójából származó esetleges hatást, ami az odavonzott kérészek számát is befolyásolhatja. A kísérleteket mindig felhőtlen égből alatt végeztük. A kísérletek kezdetekor a lenyugvó Nap direkt fénye, később pedig az égből fény világította meg a terepet. A vizuális megfigyeléseken túl video-felvételeket is készítettünk az aszfaltút és a tesztfelületek fölötti rajzasi viselkedésekről. Ezen kívül fényképfelvételekkel dokumentáltuk a kérészek landolását és peterakását az aszfaltúton és a tesztfelületeken. A kísérletek során mértük a patakvíz hőmérsékletét valamint a levegő hőmérsékletét a patak és az aszfaltút mellett, továbbá az aszfalt és a tesztfelületek felszíni hőmérsékletét.

Video-polarimetriás terepi mérések

Ahhoz, hogy optikai környezetünk különféle polarizációs mintázatait tanulmányozhassuk, az emberi szem számára is láthatóvá tegyük, nagylátószögű képalkotó polarimetriára van szükségünk. Ennek egyik változata a video-polarimetria (Horváth & Varjú, 1997) alkalmas arra, hogy a számunkra láthatatlan, de a technikában jól használható és számos állat számára nélkülözhetetlen fénypolarizáció térbeli eloszlását mérhessük vele, és nagyfelbontású, kétdimenziós, hamisszínes eloszlástérképek formájában megjeleníthessük.

A módszer lényege az, hogy egy videokamerával felvesszük a kiválasztott tárgy vagy élőhely képét, miközben az objektív lencse előtt egy lineáris polárszűrőt forgatunk. A polárszűrő rezgessékját kezdetben pl. függőlegesre állítjuk, majd néhány másodperc elteltével az óramutató járásával megegyező irányban 45°-kal elforgatjuk. Ezt a műveletet újabb néhány másodperc elteltével megismételjük, és a polárszűrő mindenkorai irányát feljegyezzük. A videofelvételt ezután képdigitalizáló kártyával el látót személyi számítógéppel feldolgozzuk, és a polárszűrő három állásához (? = 0°, 45°, 90°) tartozó három színes képet állítunk elő. Ha a felvett kép adott pontjáról jövő fény részlegesen poláros, akkor a fény I intenzitása szinuszosan változik a forgó polárszűrő irányától függően. Egy alkalmas számítógépes programmal az adott képponthoz tartozó három fényintenzitás-értékre illesztett $I(?) = A \sin(B?) + C$ szinuszfüggvény paramétereiből kiszámítható a vizsgált pontból jövő fény polarizációjának $? = (I_{\max} - I_{\min}) / (I_{\max} + I_{\min})$ foka és ? iránya (a polarizációs ellipszis nagytengelyének iránya). E számításokat a felvett kép minden pontjára

elvégezve, végül meghatározható és hamisszínes kódolással a számítógép képernyőjén megjeleníthető a vizsgált tárgy fényintenzitásának, polarizációfokának és polarizációs irányának térbeli eloszlása. A hamisszínes megjelenítés esetén az I, ? és ? különböző értékeket eltérő színek és azok különböző árnyalatai kódolják.

Eredmények

Testfelületes kísérletek rajzó kérészekkel

Testfelületes kísérleteket hat kérészfajjal végeztünk, de kvantitatív adatokat csak a *Rhithrogena semicolorata* és az *Epeorus silvicola* közepes és nagyméretű kérészfajokról gyűjtöttünk rendszeresen. A *Rhithrogena semicolorata* egyedeket szinte kizárólag csak a fényes fekete műanyag fólia vonzotta. Az aszfaltút fölötti rajzás kezdetekor (kb. 19 órákor) csak néhány kérész landolt a fekete fólián, de számuk gyorsan nőtt az idő előrehaladtával. 20:40-kor a reprodukív aktivitás elérte maximumát a műanyag fólián. A rajzás intenzitása 20-30 perccel később hirtelen alábbhagyott a hőmérséklet és a világosság csökkenése miatt. A fényes fehér műanyag fólia és az alumínium fólia nem volt vonzó a *Rhithrogena semicolorata* egyedek számára. A kérészek nagyon kis számban szálltak ezekre a testfelületekre. A landolások száma elhanyagolható volt összehasonlítva a fekete fólián történt landolások nagy számával. Hasonló eredményeket kaptunk az *Epeorus silvicola* esetében is. Hogy kizárjuk azt a lehetőséget, hogy a testfelületek eltérő hőmérséklete eredményezte a megfigyelt jelenséget, megmértük hőmérsékletüket. A mérések során nem találtunk szignifikáns hőmérsékletkülönbséget a testfelületek között. A testfelületek hőmérséklete ugyanakkor mindig szignifikánsan magasabb volt, mint az aszfaltút fölötti levegőé.

Az 1996. évi első testfelületes kísérletsorozatunk eredményeként megállapítottuk, hogy a fényes fekete műanyag fólia volt az egyetlen vonzó felület mind a hat, általunk vizsgált kérészfaj számára. Kontroll felületként kevésbé fényes fekete vásznat és matt fehér vásznat használtunk, amelyek diffúzan verték vissza a fényt. A fényes fekete műanyag fólia itt is szignifikánsan vonzóbb volt, mint a vásznak. A fehér vászon egyáltalán nem, míg a fekete kis számban vonzotta csak a kérészeket. Ennek az volt az oka, hogy ez a fekete vászon kissé fényes (és poláros) volt. Az 1997-ben folytatott kísérleteink során az egyik kontroll felület egy másik, teljesen matt fekete vászon volt. A másik két testfelület egy fényes fekete műanyag fólia és egy matt fehér vászon volt. A fekete és fehér matt felületek nem vonzották a kérészeket, csak a fényes fekete műanyag felszín volt vonzó számukra.

Azért, hogy demonstráljuk a rajzó kérészek erős vonzódását a fényes fekete műanyag fóliához, több alkalommal áthelyeztük a testfelületet úgy, hogy közben folyamatosan nagy számban rajzottak fölöttes kérészek. A fóliát lassan mozdítottuk el úgy, hogy felszíne mindvégig vízszintes maradt. A fekete műanyag fóliát 3-4 méterrel vittük távolabb az eredeti helyétől, miközben a rajzó kérészek mindvégig követték.

Az aszfaltút, a patak és a testfelületek tükröződési polarizációs tulajdonságai

Ha elemezzük az aszfaltút különböző részéről készített tükröződési-polarizációs mintázatokat és összehasonlítjuk azokat a hegyi patakról készített mérésekkel, akkor megállapíthatjuk: Az aszfaltútról visszavert fény polarizációfokának és E-vektorának eloszlásdiagramja keskeny, a

visszavert fény E-vektora alapvetően vízszintes irányú, és az aszfaltút világosabb és durvább felszínű foltjai ellenére a polarizációfok elég magas, pedig az aszfaltút száraz volt. Eső után is megmértük a nedves aszfaltút polarizációfokát, ami szignifikánsan magasabb volt a szárazénál. A patakfelszín fodrozódása miatt a polarizációfok és a polarizációs irány jelentősen változott a vízfelszínen helyről helyre, ami viszonylag széles eloszlásdiagramot eredményezett. A vízfelszínről visszavert fény E-vektori megközelítőleg vízszintes irányúak, de a fodrozódások miatt erősen különbözhetnek is ettől az iránytól. A fényes fekete műanyag fóliáról (55 %) és a nedves aszfaltútról (51 %) visszavert fény polarizáció-foka volt a legnagyobb. A száraz aszfaltútról visszavert fény polarizáció-foka (31 %) még mindig elég jelentős volt, és sokkal magasabbnak bizonyult, mint a kissé fényes vászonról (15 %), a matt fekete vászonról (9 %), és a fényes fehér műanyag fóliáról (7,7 %) visszavert fényé. A matt fehér vászon (3,3 %) és a fényes alumínium fólia (3,2 %) gyakorlatilag polarizálatlan fényt vert vissza. A hozzátétőlegesen sík felületű, vízszintesen polarizált fényt visszaverő felületek miatt a száraz és nedves aszfaltútról, a fényes fekete és a fényes fehér műanyag fóliákról visszaverődő fény polarizációjának iránya nem különbözött szignifikánsan a vízszintestől.

Milyen inger határozza meg döntően az aszfaltutak kérészekre kifejtett vonzó hatását?

Kísérleteink megtervezésekor abból indultunk ki, hogy a kérészek aszfaltutak fölött megjelenő reprodukív viselkedését egy külső kémiai, hő vagy vizuális inger irányítja, ami vonzza ezeket a rovarokat. Az aszfaltút és a testfelületek között emberi szaglászerv nem volt képes különbséget tenni szagigerek alapján. A fekete és fehér fólia ugyanabból az anyagból, polietilénből készült, ezért a szaguk is ugyanolyan volt. Ugyanezt elmondhatjuk a matt fekete és fehér vászonról is, amelyeknek a szaga szintén azonos volt. Az egyes aszfaltút részek között sem lehetett szignifikáns különbség a szagukat tekintve. Ezért lehetetlen, hogy a szagigerek tették vonzóvá a fényes fekete műanyag fóliát és az aszfaltfelszínt a kérészek számára. Ezt támasztják alá más szerzők eredményei is (Schwind, 1991, 1995; Horváth & Zeil, 1996; Horváth et al., 1998), akik azt találták, hogy a vizet kereső rovarok vizuális ingerek alapján találják meg vízi élőhelyeiket, nem pedig szaglásukkal.

Az aszfaltút különböző régióin és a testfelületeken nem volt különböző a hőmérséklet, ezért az aszfaltút simább és sötétebb részeinek és a fényes fekete műanyag fóliának a vonzó tulajdonságát nem lehetett a hőmérséklet hatásával magyarázni.

Kísérleteink eredményei alapján az aszfaltút kérészekre gyakorolt erős vonzó hatását kizárólag optikai jelekkel tudtuk magyarázni: a visszavert fény színével, fényességével vagy polarizációjával. Mivel a fekete/szürke aszfalt valamint a kísérletben használt fekete, fehér és alumínium testfelületek a beeső fény teljes spektrumát visszaverik, és tükrözőképességük szinte teljesen független a fény hullámhosszától, ezért a szín szerepe kizárható a kérészek választásában. A fényes alumínium fólia és a műanyag fóliák egy irányban, míg a matt vásznak diffúzan verik vissza a fényt. A testfelületek közül az alumínium fólia volt a legfényesebb, a fehér műanyag fólia és a fehér matt vászon kevesebb fényt vert vissza, de gyengébb fényviszonyok között a különbség nem volt jelentős. A fekete műanyag fólia és a fekete vásznak voltak a legsötétebbek.

Ha a kérészek pozitív fototaxissal vonzódtak volna az aszfaltúthoz, akkor a fényes alumínium fólia, a fényes fehér műanyag fólia és a matt fehér vászon vonzotta volna őket leginkább. Miután ennek az ellenkezőjét tapasztaltuk, ezért a fototaxis nem lehet az aszfaltutak tapaszaltá-

selkedés kulcsa. Azt figyeltük meg, hogy a kérészek csak a fényes fekete műanyag fóliához vonzódtak a tesztfelületek közül, de ez nem magyarázható a fényes fekete fóliáról visszavert fény erősségének magasabb szintjével (mikor a fény beesési szöge megegyezik a visszaverődés szögével), mivel a visszavert fény mennyisége nem vonzó inger a kérészek számára.

Az alumínium fólia nem változtatja meg a beeső fény polarizációjának fokát és irányát (Horváth & Pomozi, 1997). A műanyag fóliáról visszavert fény polarizálttá válik, de a fehér műanyag fóliáról visszavert fény polarizáció-foka (7,7 %) sokkal kisebb, mint a feketéről visszavert fényé (55 %). A vásznáról visszavert fény polarizáció-foka szintén nagyon alacsony volt, a visszavert fény E-vektora nem volt vízszintes. Mindezek alapján azt feltételeztük, hogy a visszavert fény polarizációja lehet az a legfontosabb tényező, amely megmagyarázza a fényes fekete műanyag fólia vonzó hatását. Megfigyeltük, hogy a fekete műanyag fólia csak akkor volt vonzó, ha a felszíne vízszintes volt. A függőleges helyzetű fekete műanyag fólia, amelyről olyan fény verődött vissza, melynek E-vektora függőleges volt, nem volt vonzó a kérészek számára. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy csak a vízszintesen polarizált fény vonzza a kérészeket.

Az aszfalt sima, sötétebb régiói vonzóbbak voltak, mint a durva felszínű, világosabb foltok. A visszavert fény polarizáció-foka a fényes fekete műanyag fólia esetében volt a legnagyobb (55 %), a száraz aszfaltfelszín esetében már kevesebbnek bizonyult (31 %), de még mindig magasabb volt, mint a kissé fényes vásznról visszavert fényé (15 %). Mindezek alapján látható, hogy a nagyobb polarizáció-fok a meghatározó a kérészek vonzásában. Az aszfaltút vizuálisan jobban vonzza a rajzó, szaporodó és petéző kérészeket, mert erősebben és naplemente körül vízszintesen polarizálja a visszavert fényt, utánozva a vízfelszínt. Az aszfaltút felszínéről visszavert fény E-vektora naplemente táján vízszintes irányú, és a polarizációfoka is jelentős. Sötét anyaga miatt a beeső fényt szinte teljes mértékben elnyeli, ezért nem érvényesülhet a mélyebb rétegekből visszaverődő fény vízszintes irányú polarizációt lerontó hatása.

Köszönetnyilvánítás

Kutatómunkánkat az F-014923, F-025826, T-020931 sz. OTKA pályázat, a Magyar Felsőoktatásért és Kutatásért Alapítvány Magyar

KRISKA GYÖRGY: 1988-ban biológia-kémia szakos tanárként végzett az ELTE Természettudományi Karán. 1988-1991-ig a budapesti Babits Mihály Gimnáziumban tanított. 1991-től az ELTE TTK Biológiai Szakmódszertani Csoportjánál tanársegéd.

HORVÁTH GÁBOR 1987-ben végzett az ELTE fizika szakán. 1987-89 közt az ELTE Alacsony hőmérséklet fizika tanszékén tanársegéd. 1989-91-ig a KFKI-ban kutatóként végezte munkáját. Itt doktorált 1991-ben. 1991-92 között a Regensburgi Egyetem Állattani Intézetének, 1992-94 között a Thüningeni Egyetem Biokibernetikai Tanszékének vendégoktatója. 1994-től az ELTE Atomfizikai Tanszék Biofizikai Kutatócsoportjánál, 1999 januárjától egyetemi docensként tevékenykedik. 1994 óta kandidátus.

Why do mayflies lay their eggs on dry asphalt roads?

(Asphalt roads as reflected horizontally light, imitating water arc „light traps” for searching mayflies with polarotaxis)

Abstract: We report on dry asphalt roads acting as "mayfly traps"; that is, they lure swarming, mating and egg-laying mayflies in large numbers. To explain this surprising behaviour, we performed multiple-choice experiments with Ephemeroptera in the field, and measured and compared the reflection-polarization characteristics of an asphalt road and a mountain creek from which mayflies emerge. We show here that Ephemeroptera can be deceived by and attracted to dry asphalt roads because of the strongly horizontally polarized light reflected from the surface. Asphalt surfaces can mimic a highly polarized water surface to Ephemeroptera. Asphalt roads near ephemeropteran emergence sites (lakes, rivers and creeks) are a great danger for mayflies, because eggs laid on the asphalt inevitably perish. Asphalt roads can deceive and attract mayflies *en masse* like the ancient tar pits and asphalt seeps or the recent crude or waste oil lakes deceive, lure and trap polarization-sensitive water-seeking insects in large numbers.

Keywords: Asphalt road, mayfly, multiple-choice experiment, horizontally polarized light.

Zoltán posztdoktori ösztöndíja, és az MTA Bolyai János kutatói ösztöndíja támogatja.

Irodalom:

- Andrikovics, S. - Fink, T.J. - Cser, B. (1992): Tiszavirág monográfia, *Palingenia longicauda* (Olivier, 1791). *Tisza Klub Füzetek 2: 1-35*
- Andrikovics, S. & Kéri, A. (1991). Winter macroinvertebrate investigations along the Bükkös stream (Visegrádi Mountains, Hungary). *Opusc. Zool. Budapest 24, 57-67.*
- Brodskiy, A. K. (1973). The swarming behavior of mayflies (Ephemeroptera). *Entomol. Rev. 52, 33-39.*
- Fernando, C. H. (1958). The colonization of small freshwater habitats by aquatic insects. 1. General discussion, methods and colonization in the aquatic Coleoptera. *Ceylon J. Sci. 1, 116-154.*
- Fink, T. J. - Andrikovics, S. (1997): The presumed vole of wing sensory structures in the unique mating behavior of the endangered European mayflies *Palingenia longicauda* (Olivier) and *Palingenia fuliginosa* (Georgi) (Insecta, Ephemeroptera). In: Landolt, P. and Sartori, M. eds. 1997. *Ephemeroptera, Plecoptera, Fribourg/Switzerland. 326-331.*
- Fischer, C. (1992). Evolution des Schwarmfluges und Flugverhalten der Ephemeropteren. Ph.D. Thesis, Num. 1992/3291, *Friedrich Alexander University of Erlangen-Nürnberg (in German), 171 pp.*
- Horváth, G. (1995). Reflection-polarization patterns at flat water surfaces and their relevance for insect polarization vision. *J. Theor. Biol. 175, 27-37.*
- 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.*
- Horváth, G. & Pomozi, I. (1997). How celestial polarization changes due to reflection from the deflector panels used in deflector loft and mirror experiments studying avian navigation. *J. Theor. Biol. 184, 291-300.*
- Horváth, G. & Varjú, 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. *J. Exp. Biol. 200, 1155-1163.*
- Horváth, G. & Zeil, J. (1996). Kuwait oil lakes as insect traps. *Nature 379, 303-304.*
- 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. *J. Exp. Biol. 201, 2273-2286.*
- Popham, E. J. (1964). The migration of aquatic bugs with special reference to the Corixidae (Hemiptera Heteroptera). *Arch. Hydrobiol. 60, 450-496.*
- Savolainen, E. (1978). Swarming in Ephemeroptera: the mechanism of swarming and the effects of illumination and weather. *Ann. Zool. Fennici 15, 17-52.*
- Schwind, R. (1991). Polarization vision in water insects and insects living on a moist substrate. *J. Comp. Physiol. A 169, 531-540.*
- Schwind, R. (1995). Spectral regions in which aquatic insects see reflected polarized light. *J. Comp. Physiol. A 177, 439-448.*
- Schwind, R. & Horváth, G. (1993). Reflection-polarization pattern at water surfaces and correction of a common representation of the polarization pattern of the sky. *Naturwissenschaften 80, 82-83.*

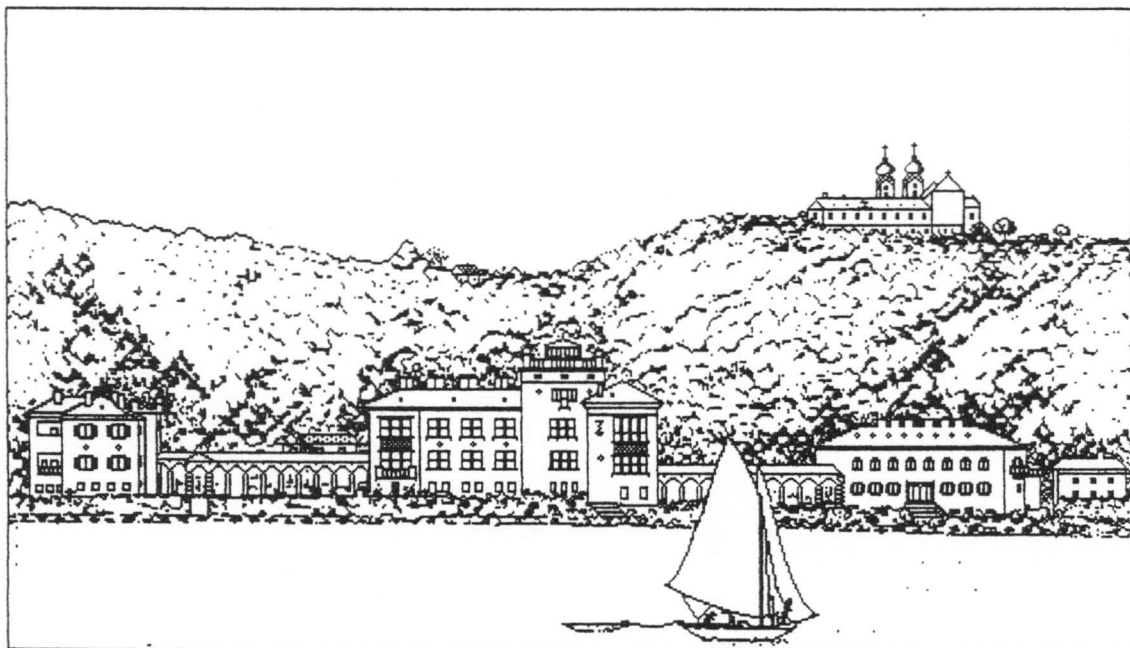
HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY

A MAGYAR HIDROLÓGIAI TÁRSASÁG LAPJA • 80. ÉVF. 5-6. SZÁM • 2000. SZEPTEMBER-DECEMBER

XLI. Hidrobiológus Napok

“Vízi ökoszisztémák (taxonómia, biodiverzitás, biomonitorozás,
élőhelyek fragmentációja, inváziós fajok biológiája)”

Tihany, 1999 október 6-8.



5-6

2000

XLI. Hidrobiológus Napok

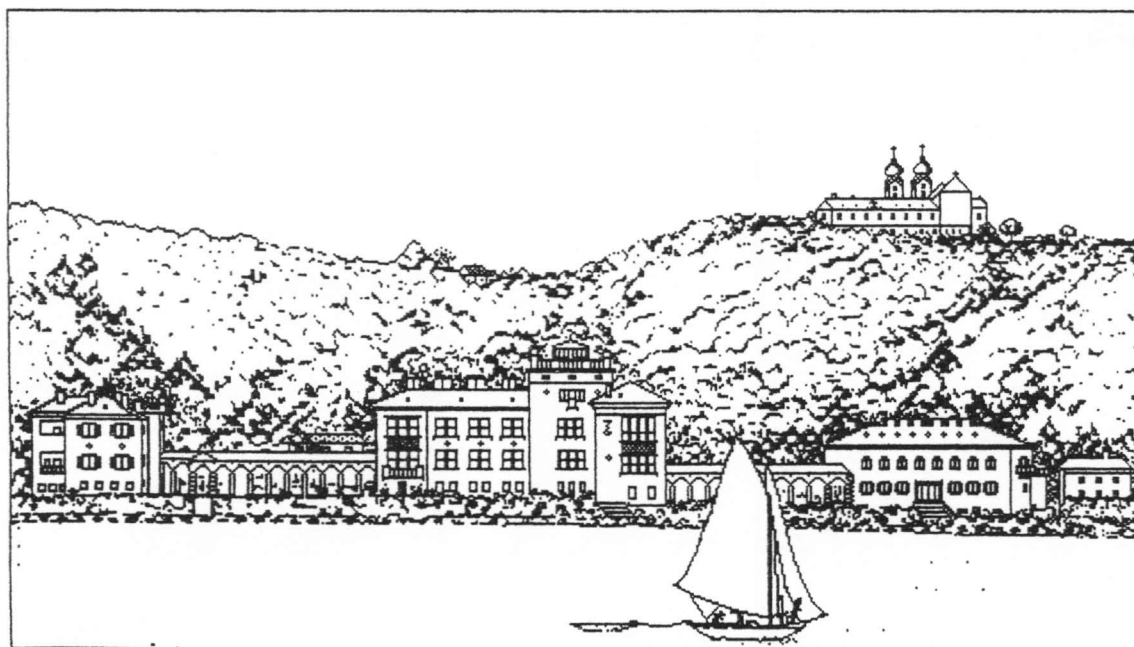
“Vízi ökoszisztémák (taxonómia, biodiverzitás, biomonitorozás, élőhelyek fragmentációja, inváziós fajok biológiája)”

Tihany, 1999 október 6-8.

Szerkesztette:

Bíró Péter

az MHT Limnológiai Szakosztály elnöke



Magyar Hidrológiai Társaság
Limnológiai Szakosztálya
Budapest, 1999

Magyar Tudományos Akadémia
Balatoni Limnológiai
Kutatóintézete, Tihany

Magyar Tudományos Akadémia
Veszprémi Területi Bizottsága
Veszprém

Kiadja:
Magyar Hidrológiai Társaság
Limnológiai Szakosztálya
Budapest

A XLI. Hidrobiológus Napok előadásai

(a Hidrológiai Közöny e számában történő megjelenésük oldalszámának megjelölésével)

- Andrikovics S., Kiss O.:** Bioindikáció vízi gerinctelennel a Dunában. 3. Vízirovar lárvavizsgálatok a Duna magyarországi szakaszán 272
- Bárdosi E., Nagy S., Dévai Gy., Grigorszky I., Kiss B., Végvári P., Bancsi I.:** Az oxigénviszonyok változatossága holtmedrek példáján 275
- B. Muskó I., Görög Sz.:** Természetes alzatok benépesedési dinamikája a Balatonban. Módszer és előzetes eredmények 278
- Borics G., Grigorszky I., Padisák J., Szabó S.:** A Baláta-tó dinoflagelláta flórája és annak sajátosságai 282
- Csépes E., T. Nagy M., Bancsi I., Végvári P., Kovács P., K. Szilágyi E.:** A vízminőségi jellemzők alakulása a Tisza középső szakaszán az évszázad legnagyobb árvízének tükrében 285
- Csőrgits G., Hufnagel L.:** Bioindikáció vízi gerinctelennel a Dunában. 4. Heteroptera fajegyüttesek hasonlóságai mintázata a Dunán 288
- Csőrgits G., Hufnagel L.:** Heteroptera és Odonata fajegyüttesek a Nyéki-Holt-Duna (DDNP) különböző hínár-állományai-ban 291
- Czégény I., Dévai Gy., Nagy S.:** A vízi üledékek kénforgalmának domináns folyamatai 295
- Farkas A., Salánki J.:** Szerves és szervetlen antropogén szennyezők hatása tavikagylók filtrációs aktivitására 297
- Grigorszky I., Borics G., Padisák J., Kiss Keve T., Borbély Gy., Dévai Gy., Nagy S., Kiss B., Müller Z., Bárdosi E., Iványi E., Pór G., Sára Z.:** A PEG-modell (Plankton Ecological Group) alkalmazhatóságának vizsgálata a Kecskés-zugi Holt-Körösön 300
- Guti G.:** A ponto-kaspikus gébfélék (Gobiidae) terjedése a Közép-Duna térségében 303
- Hufnagel L., Csörgits G., Bíró J.:** Biodiverzitás mérésének problémái vízirovarok fajegyütteseiben 306
- Istvánovics V.:** A Keszthelyi-medence trofitása a foszforterhelés függvényében 309
- Kádár E., Salánki J., K.N. White, C. McCrohan:** Al toxicitás csökkenése vándorkagylókban (*Dreissena polymorpha*) Si hatására 312
- Kiss A.:** A hansági Fehér-tó Ostracoda faunája 314
- Kiss K.T.:** Növekedett-e a Duna trofitási szintje a bösi vízlépcső hatására? 316
- Korponai J., Paulovits G., Mátyás K., Tátrai I.:** Halak hatása a cladocera plankton szerkezetére a Hídvégi-tóban 319
- Kriska Gy., Andrikovics S.:** A házépités ökológiai és evolúciós jelentősége tegzeseknél, a *Potamophylax nigricornis* (Pict.) (Trichoptera, Limnephilidae) lakócső-építési stratégiája 321
- Milinki É., Murányi Z.:** Amphipoda fajok nehézfém bioakkumulációjának vizsgálata az Eger-patak eltérő szennyezettségű szakaszain 323
- M. Hamvas M., Molnár E., Máthé Cs., Grigorszky I., Vasas G., Borbély Gy.:** Az egyszálú DNS-t bontó nukleázok aktivitásának változása a csírázás folyamán mikrocisztinnel kezelt mustár (*Sinapis alba* L.) csíranövényekben 326
- Nagné Bodor E., Szurominé Korecz A., Cserny T.:** A Siófoki-részmedence vízborításának fejlődéstörténete 329
- Nosek J., Oertel N.:** Bioindikáció vízi gerinctelennel a Dunában. 2. A makrofauna tér-időbeli mintázata 333
- Oertel N., Nosek J.:** Bioindikáció vízi gerinctelennel a Dunában. 1. Bevezetés – elvi és módszertani kérdések 336
- Oláh M., Tóth J.A., Oláh J., Bodea T.:** Parti pufferzóna szerepe a folyóvízgyi nitrogén-anyagcserében a Tisza mentén 339
- Présing M., Herodek S., Vörös L., Takátsy A., Kovács Gy.:** Az algák nitrogénfelvétele és a Balaton nitrogénterhelése 342
- Sipos K., Padisák J., Hahn I.:** Hínárvegetáció vizsgálatok a Keszthelyi-öbölben 345
- Szalontai K., G.-Tóth L., Szabó T., B.-Muskó I.:** A balatoni *Limnomysis benedeni* Czern. (Crustacea: Mysidacea) testhossz-testtömeg összefüggése és oxigénfogyasztása 348
- Törökné Kozma A., László E., I. Chorus, J. Fastner, R. Heinze, Padisák J., F. A. R. Barbosa:** Különböző országokból származó cianobaktérium populációk toxicitása 350
- Zsuga K.:** A Kiskörei-tározó biodiverzitása a zooplankton állomány szerkezet alapján 352
- Poszterek:**
- Csabai Z.:** A vízbogarak magyarországi fajainak jegyzéke (Coleoptera: Haliplidae, Dytiscidae, Noteridae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Hydraenidae) 354
- Horváth G., Kriska Gy.:** Miért petéznek a kérészek száraz aszfaltutakra? 357
- Kiss B., Müller Z., Tóth A., Móra A., Dévai Gy., Nagy S., Grigorszky I.:** Vízi- és vízfelszíni poloska (Heteroptera: Nepomorpha és Gerromorpha) és szitakötő (Odonata) fajegyüttesek mennyiségi vizsgálata Tisza-menti holtmedrek növényállományai-ban 398
- Kiss G.:** Hidrobiológiai vizsgálatokat elősegítő szakértői rendszer 401
- Kiss O., Andrikovics S., Szabó T.:** Trichoptera lárvák kinevelése átfolyó vízi akváriumban 360
- Kiss O., Mogyorósi A., Schmera D.:** A Bükk hegységi Határlápa és Tárkányi-patak Trichoptera lárvatársulásai 362
- Kriska Gy., Andrikovics S., Szitó A.:** A *Symbiocladius rhithrogene* Kief. (Chironomidae) és az *Electrogena lateralis* Curt. (Ephemeroptera) parazita életmenet vizsgálata 364
- K. Szilágyi E., Zsuga K., Lovas A., T. Nagy M.:** A makrovegetáció terjedésével kapcsolatos vizsgálatok a Kiskörei-tározóban 366
- Lakatos Gy., Bíró P., Kozák L., Kiss K.M., B.-Muskó I., Keresztúri P. és Kiss M.:** Balaton parti-övének epifiton és epiliton struktúrája 368
- Molnár E., M. Hamvas M., Máthé Cs., Vasas G., Grigorszky I., Borbély Gy.:** Cianotoxinok hatása növényi peroxidázok aktivitására 371
- Müller Z., Dévai Gy., Miskolczi M., Kiss B., Tóth A., Nagy S., Grigorszky I., Jakab T.:** A szitakötők, mint az élőhelyi heterogenitás indikátorainak vizsgálata a Tisza-hullámtér Tisza-bercel és Gávavencsellő közötti szakaszán 373
- Pór G., Sára Z., Padisák J., Grigorszky I., Borbély Gy.:** Előzetes vizsgálatok az Aszföldi-Séd kovaalgaik felméréséhez 377
- Sára Z., Pór G., Grigorszky I., Padisák J., Grigorszky I., Borbély Gy.:** Az Örvényesi-Séd (Pécsely-patak) kovaalgaik összehasonlító vizsgálata 380
- Schmera D., Kiss O.:** Mintavételezésből adódó eltérések tegzesek (Trichoptera) vizsgálata esetében 383
- Specziár A.:** A *Tanytus punctipennis* Meigen (Diptera, Chironomidae) generációs ciklusa, populáció dinamikája és produkciója a Balatonban 385
- Szitó A.:** Az Egervíz, a Tapolca- és a Burnót patak *Oligochaeta* és *Chironomida* faunája 388
- Varga I.:** Nádmaradványok makroinvertebráta együttesei a Fertőn 391
- Vasas G., M-Hamvas M., Máthé Cs., Molnár E., Grigorszky I., Borbély Gy.:** Cianotoxinok kimutatása mustár csíranövény-tesztel (BGST) *Cylindrospermopsis raciborskii* cianobaktériumból 394
- Zsuga K., Kiss O., Bata K.:** A Közép-Tisza vidék vízminőségi állapota környezetvédelmi szempontból 396