

VONZÓ FÉNYPOLARIZÁLÓ ÜVEGFELÜLETEK

Cikkünk első része a tömegtegzések (*Hydropsyche pellucidula*) függőleges üvegfelületeknél megfigyelt rajzásáról szolt. Megmutattuk, hogy e vízirovarok is pozitív polarotaxissal rendelkeznek, azaz vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez, mert a vízről tükröződő fény vízszintes polarizációja segítségével találják meg a vizet, ahova a nőstények visszatérnek peterakáskor. De miért vonzódnak a függőleges ablakfelületekhez, miért szállnak rájuk, s miért maradnak rajtuk hosszú ideig? A válasz a függőleges üvegfelszínnek sajátos fénypolarizáló-képességében rejlik.

2. rész

Egy üvegfelületről tükröződő fény akkor a legpolárosabb, ha Brewster-szögben történik a visszaverődés. Egy polarotaktikus vízirovar számára annál csábítóbb a vízszintes rezgésű fény, minél nagyobb annak p lineáris polarizációfoka, ezért egy repülő vízirovar viselkedését leginkább a Brewster-szögben tükröződő fény polarizációs sajátosságai határozzák meg (1. ábra). A Brewster-szögben visszaverődő fény rezgésűje, azaz polarizációiránya mindig merőleges a visszaverődési síkra, s párhuzamos a tükröződőfelülettel. Ily módon egy függőleges üvegfelszínhez röpködő rovar szemébe az üvegről Brewster-szögben visszaverődő fény polarizációiránya egy függőleges síkú kör területével párhuzamosan változik a látóiránnyal (1/B ábra). A felszín azon részei lehetnek vonzóak számára, melyekről vízszintes vagy ahhoz közeli rezgésű fény tükröződik (1/B ábra, fehér nyilak), az ettől eltérő polarizációirányú visszavert fény nem ér el ilyen hatást még akkor sem, ha Brewster-szögben verődik vissza.

Ez azért van így, mert a vízirovarok röpködve keresik a vizet – ilyenkor a fejük háti-hasi szimmetriasíkja függőleges, amire pont merőleges a vízről vissza-

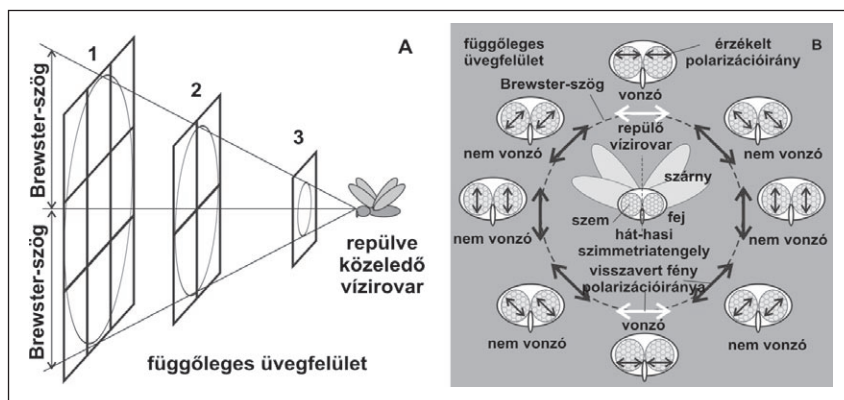
verődő fény vízszintes rezgésűje. A polarotaktikus vízirovaroknak tehát az olyan fény vonzó, aminek polarizációiránya merőleges a fejük háti-hasi szimmetriasíkjára. Ugy is fogalmazhatunk, hogy e rovaroknak az a „vízszintes” polarizációirány, ami merőleges a háti-hasi szimmetriasíkjukra, függetlenül a fejtartásuktól.

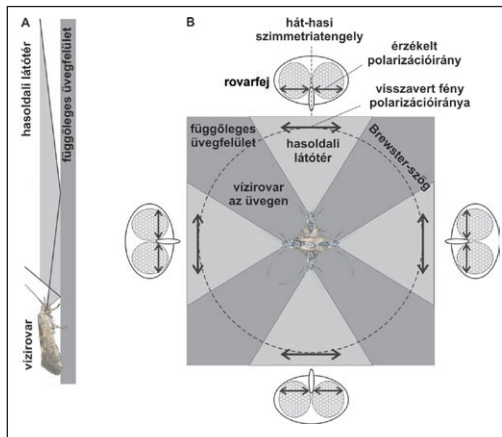
Mikor egy vízirovar leszáll egy függőleges üvegfelületre, akkor szemének hasoldali látóterébe is a környezetből származó, az üvegről tükröződő fény jut (2/A ábra). Miközben a rovar ide-oda mászkál az üvegen, bárhogyan irányul is a feje, az üvegről Brewster-szögben visszaverődő fény rezgésűje mindig

merőleges a rovar háti-hasi szimmetriasíkjára (2/B ábra), vagyis a tükröződő fény polarizációiránya is mindig „vízszintesnek” tűnik. Ha e visszavert fény p -lineáris polarizációfoka meghaladja a rovar polarizáció-érzékelésének p^* küszöbét, akkor a függőleges üvegfelület mindig vonzó a rovar számára, függetlenül attól, hogy merre irányul a feje, teste.

A tömegtegzések függőleges üvegfelületekhez való vonzódásának magyarázatához nem kell mást tennünk, mint mérni az üvegről tükröződő fény polarizációs sajátosságait a meteorológiai viszonyok függvényében, s meghatározni az üvegfelszín azon részeit,

1. ábra





2. ábra

melyeket e rovarok víznek tekintenek röptükben, illetve mikor már az üvegre leszálltak. Egy feltületpontot akkor érzékel víznek egy vízirovar, ha a visszavert fény p -polarizációfokára és a rovarfej háti-hasi szimmetriásíkjától mért α -polarizációs szögére teljesül a következő két feltétel: (1) $p > p^*$, (2) $|90^\circ - \alpha| < \Delta\alpha$, ahol $\Delta\alpha$ az a küszöbszög, amennyivel a fény rezgésíkja eltérhet a rovar háti-hasi szimmetriásíkjára merőleges, azaz a rovar számára „vízszintes” iránytól, hogy a rovar még vonzónak találja.

Mennyire polarizálnak az ablakok?

Az ELTE légymányosi épületeinek üveggel borított függőleges falainál, ahol a tömegtegzések rajzottak, képalakító polarimetriával mértük az épületfalak fénypolarizáló-képességét a spektrum vörös (650 nm), zöld (550 nm) és kék (450 nm) részében. A 3. ábra például az ELTE TTK északi épülettömbje üvegezett falainak tükröződési-polarizációs mintázatait mutatja a spektrum kék tartományában. A mérések során kiderült, hogy a nap bármely szakában, az égbolt felhőzettségétől (tisztá vagy borult) függetlenül mindig voltak olyan részei a falaknak, melyek függőleges üvegfelületeiről vízszintes vagy ahhoz közeli rezgésíkú, kellően nagy polarizációfokú fényt tükrözödtözt (3/B, C ábra). Ezek azok a felületek, melyek vonzóak lehetnek a polarotaktikus tegzeseknek. A nem vízszintes rezgésíkú és/vagy alacsony polarizációfokú fényt visszaverő felületek viszont nem csábítják őket (3/D, E ábra).

A 4/A ábra egy árnyékban lévő függőleges fekete üvegfelület 180° látószögű halszemoptikás fényképét mutatja

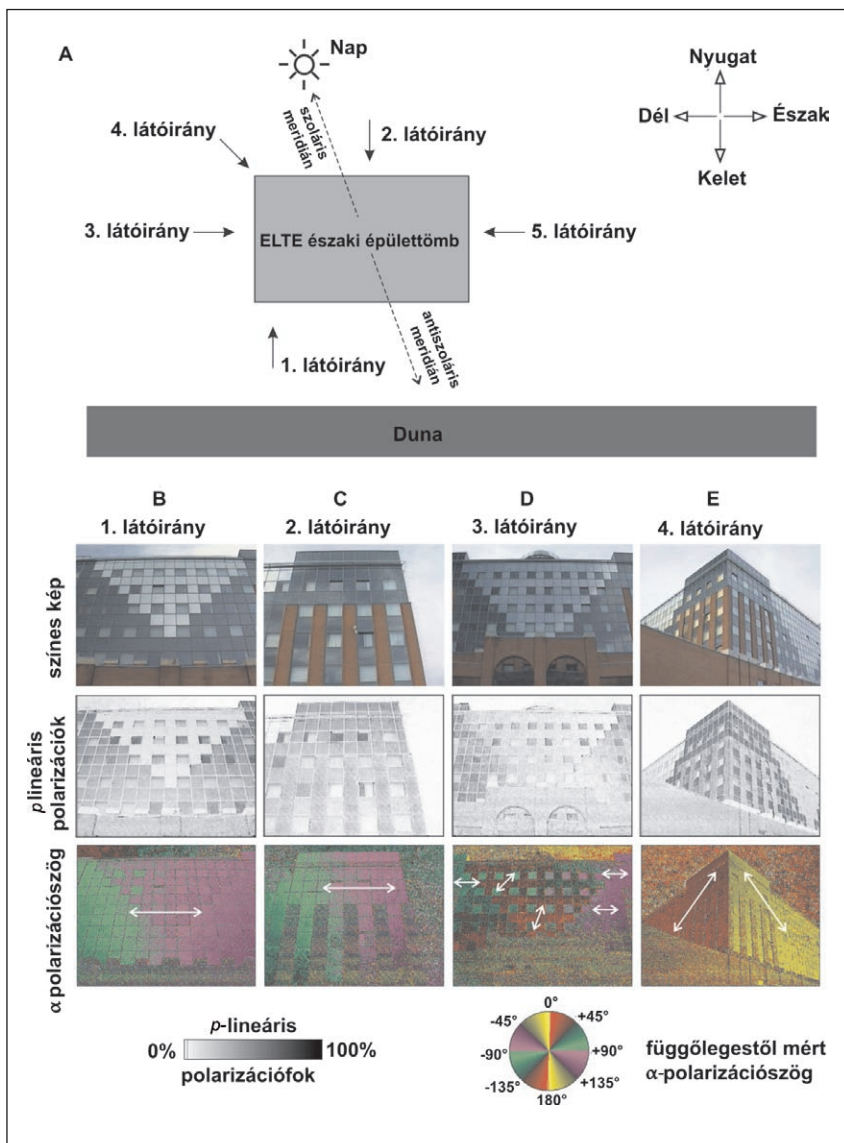
tiszta égbolt alatt. A 4/B ábra a fekete üvegről tükröződő égboltfényt p lineáris polarizációfokának mintázata, ahol jól látszik az erősen poláros Brewster-gyűrű (sötétszürke-fekete). E Brewster-gyűrűnek azonban csak azon részei vonzhatják a tegzeseket, melyekről a rovarok számára vízszintesnek érzékelte rezgésíkú fényt tükröződik. A 4/C, illetve 4/D ábra a fekete üvegről visszavert fényt α -polarizációs szögének mintázatát szemlélteti, mikor α -t a függőlegestől, illetve a kör alakú mintázat adott pontján átmenő sugártól mérjük. Az előbbi, illetve utóbbi α -mintázat annak felel meg, amit az üveg felé röptülve érzékel, illetve az üvegre rászállt tegzes érzékel. A 4/E, illetve 4/F ábrán a fekete tartományok az üvegfelszín azon részeit jelölik, melyeket a polar-

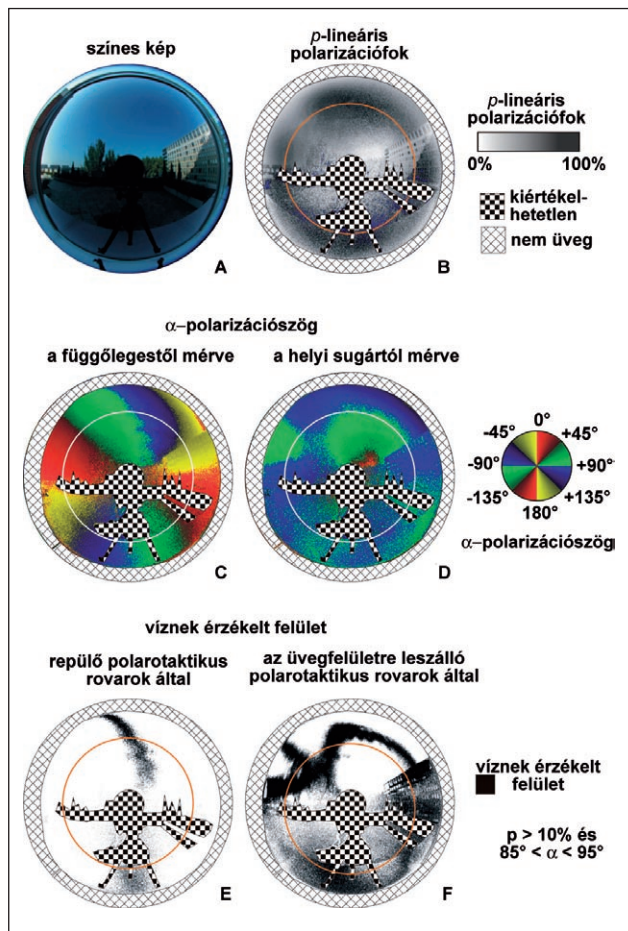
taktikus vízirovar víznek érzékel, mikor az üveg felé röptül, illetve mászkál rajta. Jól látszik, hogy repülés közben a tegzes csak az üvegfelület egy keskeny sávját tekintheti víznek, de mikor már leszállt az üvegre, akkor annak a Brewster-gyűrű mentén húzódó jóval nagyobb részét. Lényegében ugyanezt kaptuk más napállások és az ég különböző felhőzettségei mellett is a fekete üvegre.

Fekete és fehér üvegtáblák

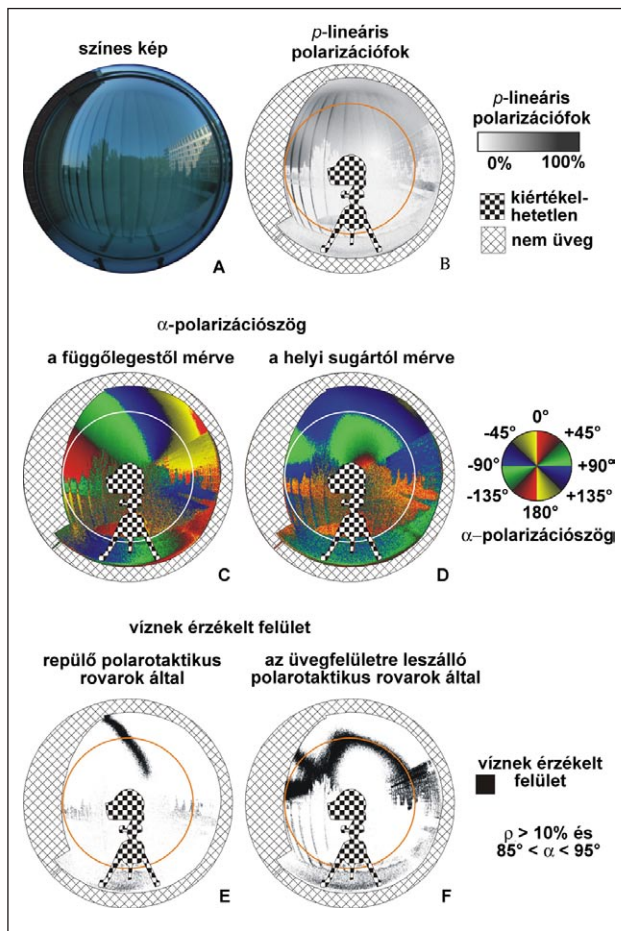
A vizsgált épület falait nemcsak díszítésül szolgáló fekete és sötétszürke üvegtáblák borítják, hanem fehérek és világosszürkek is, továbbá az ablaküvegek attól függően látszanak fehérek, világos szürkék vagy sötét szürkéknek, hogy le vannak-e eresztve, össze vannak-e húzva rajtuk a fehér függő-

3. ábra





4. ábra



5. ábra

nyök. Ezért mértük az ilyen világos üvegfelületek polarizáló-képességét is. Az 5. ábra ugyanazokat a mintázatokat mutatja, mint a 4., de most egy függőleges fehér ablaküvegtáblát vizsgáltunk. Az 5/B ábra szerint a világos üvegről visszaverődő fény jóval kevésbé poláros, mint a feketéről visszavert, mivel az üveg mögül érkező polarizálatlan, intenzív fény többé-kevésbé depolarizálja az üveg külső felszínéről visszaverődő poláros fényt. Az 5/E ábrán az látszik, hogy repülés közben a világos üvegtáblának is csak egy függőleges keskeny sávját tekinti víznek a tegzes, és csak miután leszállt rá, akkor érzékeli a Brewster-gyűrű mentén húzódó részét víznek (5/F ábra), de ez jóval kisebb területű, mint a fekete üvegnél.

Polarizációs méréseinkkel tehát megállapítottuk, hogy az üvegfelületekkel fedett függőleges épületfalaknak mindig vannak olyan részei, melyek a repkedő tömegtegzesek számára vonzó polarizációs sajátságú fényt tükröznek. Ezzel magyarázható, hogy a Dunából kikelő tegzesek előbb-utóbb a Duna-

parti épületek függőleges üvegfelületeihez vonzódnak, s ott folytatják rajzásukat a napállás és az égbolt felhőzöttségétől szinte függetlenül. Másrészt pedig miután e tegzesek leszálltak a függőleges üvegfelületekre, azok jó része megint a számukra vonzó polarizációs jellemzőjű fényt ver vissza, ami a többi érzékszervük által szolgáltatott jelzéseket elnyomva, szupernormális ingerként vizet utánozva ottmarasztalja őket. Ez lehet az egyik fő vizuális/optikai oka annak, hogy a függőleges üvegen landoló tegzesek miért időznek hosszán az üvegen. A sötétebb üveg erősebben poláros fényt tükröz, mint a világosabb, ezért a sötétebb üveg jobban hasonlít a vízre a vízirovarok számára, azaz vonzóbb a világosabbnál. Ez magyarázza azt a tapasztalatunkat, hogy a sötét üvegtáblákon sokkal több tegzes számoltunk össze, mint a világosakon (lásd cikkünk első részét).

Végezetül hangsúlyozni szeretnénk, hogy a cikkünkben bemutatott új, s általunk fölfedezett és megmagyarázott vizuális ökológiai jelenség nemcsak a

tömegtegzeseket érinti, hanem gyakorlatilag minden olyan polarotaktikus vízirovar, amely rajzásakor találkozik „csupaiüveg” épületekkel. Egy általános, széles körben elterjedt jelenségről van tehát szó, hiszen a városokban a tavak és folyók partjain is egyre gyakoribbak az üvegaloták, melyek gyakran megtevesztik, magukhoz vonzzák és el is pusztítják a polarotaktikus vízirovarokat. Meggondolandó tehát, hogy továbbra is érdemes-e korlátozás nélkül elárasztanunk a környezetünket a modern építészet csupaiüveg alkotásaival, melyek olykor káros ökológiai hatásait még csak manapság kezdjük megérteni és fölmérni.

MALIK PÉTER,
HEGEDÜS RAMÓN,
HORVÁTH GÁBOR
 ELTE Fizikai Intézet, Biológiai
 Fizika Tanszék, Biooptika
 Laboratórium
KRISKA GYÖRGY
 ELTE Biológiai Intézet, Biológiai
 Szakmódszertani Csoport