

Kinek és mire kell az egyetemi technológiatranszfer?

To whom and for what should be the university technology transfer?

Antoni Györgyi, igazgató
antoni.gyorgyi@rekthiv.elte.hu

Initially submitted April 20, 2011; accepted for publication May 5, 2011

Abstract:

As a long introduction we describe the change of environment from the point of view of law on one hand, because this created the Hungarian technology transfer offices' (TTOs) functional framework. We write about the potential applications on the other hand, which were advertised in order to call into existence the financial scopes of TTOs. Following the introductory we examine whether the TTOs of the universities were successful in integrating into their institutions' operating, and what kind of functions and activities they can carry on to reach wide-ranging support. We describe the typical challenges and the necessities of a Hungarian newly founded TTO, but we emphasize the importance of them by taking into account the standing-points of the stakeholders. By this means we try to recommend activities which can yield perceptible results. We write about the relation of the basic/frontier research and applied research also, and present an example of knowledge utilization supported by technology transfer.

Kulcsszavak:

innováció, technológiatranszfer, kutatáshasznosítás, kutatástámogatás, egyetemek

Keywords:

innovation, technology transfer, research utilization, research support, universities

„Ez idő szerint az életben az a legszomorúbb, hogy a tudomány gyorsabban halmozza fel a tudást, mint a társadalom a bölcsességet.” Isaac Asimov

A címként fölített kérdés szándékosan nem a már ismert oktatás-kutatás-innováció háromszög harmadik, az egyetemek egy része által inkább tolerált, de sok helyen, sok esetben nem különösebben ösztönzött pillérére vonatkozik, hanem a 2005 óta intézményesített formában megjelenő technológiatranszfer, egyes helyeken tudás-technológiatranszfert végző szervezeti egységek létjogosultságára, intézményi elfogadottságára kérdez rá. A technológiatranszfer, hasonlóan az innovációhoz, az évek múlásával egyre több tudást, ismeretet halmoz föl, melynek valós haszna akkor mérhető, ha az adott szakterület ismeretbővülése annak társadalmasításával is párosul. Nem elegendő például egy eszköz fontosságáról beszélnünk. Sokkal sikeresebb, s hosszútávon eredményesebb, ha az igényt, a szükségletet sikerül megteremtünk a kérdéses eszközre. Kevés, ha csak egy maroknyi csoport van meggyőződve tevékenysége fontosságáról, de a környezete legfeljebb a megengedő pozícióból szemléli a fejleményeket. Ahhoz, hogy a címben fölvetett kérdésre választ kaphassunk, érdemes először is végiggondolni azon körülményeket, amelyek a felsőoktatási technológiatranszfer-folyamatokat elindították.

2005 előtt az ipari szféra képviselői és a közfinanszírozású kutatóhelyek között a ritka, nem igazán hatékony együttműködés volt jellemző. Volt néhány állami kísérlet a helyzet javítására (pl. a Kooperációs Kutató Központ Program), de ezek nem hoztak számottevő eredményt, jelentős javulást e téren (más szempontból azonban éppen e pályázati források teremtették meg az első technológiatranszfer-szervezetek alapjait). A közfinanszírozású kutatóhelyek számára kevés lehetőség állt rendelkezésre, hogy az intézményeken belül létrejött szellemi alkotások, találmányok megfelelő iparjogvédelméről gondoskodjanak. Ipari együttműködés esetén a létrehozott szellemi alkotásokkal kapcsolatos minden jogot általában az ipari partner szerzett meg, az intézményen belüli, önállóan létrehozott szellemi alkotások, találmányok védelmére pedig nem biztosítottak anyagi forrást az intézmények. Emellett a kutatási eredmények hasznosítása, a tudás- és technológiatranszfer (és a hozzá kapcsolódó iparjogvédelmi háttér) nem került a közfinanszírozású kutatóhelyek figyelmének középpontjába, nem fordítottak energiát és erőforrást az intézményeken belül a terület ügyeinek felkarolására, menedzselésére. [1]

A szemléletmód váltásban tagadhatatlanul fontos szerep játszott a jogszabályi, szabályozói környezet változása

A kutatás-fejlesztésről és a technológiai innovációról szóló 2004. évi CXXXIV. törvényt az Országgyűlés 2004. december 20-án fogadta el, és 2005. január 1-jén lépett hatályba. Ez az ország első innovációs törvénye, ami átfogóan határozza meg, és számos intézkedéssel segíti a kutatás-fejlesztést, a technológiai innovációt, az eredmények gazdasági és társadalmi hasznosítását. Fő intézkedései a K+F+I és a technológiai innováció finanszírozására, a kutatási eredmények, valamint a belőlük keletkezett szellemi alkotások hasznosítására, az innovatív vállalat-alapításra, a kis- és középvállalkozások innovatív tevékenységének megkönnyítésére, és az innováció emberi erőforrásainak erősítésére irányulnak. A törvény egyik legfontosabb intézkedése, hogy enyhíti a költségvetési kutatóhelyek vállalkozás-alapításának korlátait, megteremti a kutatómunkában résztvevők közvetlen érdekelttségét azzal, hogy a közalkalmazotti státuszban dolgozó kutatók részt vehetnek a hasznosító (spin-off) vállalkozások munkájában annak érdekében, hogy a kutatási eredmények közvetlenül hasznosuljanak. E jogszabállyal összhangban került átalakításra a felsőoktatásról szóló 2005. évi CXXXIX. törvény, valamint az államháztartásról szóló 1992. évi XXXVIII. törvény, amelynek eredményeként elhárultak az akadályok az állami nonprofit kutatóhelyek K+F+I eredményeinek üzleti hasznosítása előtt. Az innovációs törvény 19. §-a kimondja, hogy ha költségvetési szerv a szellemi alkotás jogosultja, a szellemi alkotást nem pénzbeli hozzájárulásként gazdasági társaság (hasznosító vállalkozás) tulajdonába adhatja (apportálhatja). A költségvetési szerv akkor válik jogosulttá a tulajdonba adásra, ha rendelkezik hatályos szellemi tulajdonkezelési szabályzattal.

A törvény meghatározása szerint hasznosító vállalkozás a költségvetési vagy nonprofit kutatóhelyen létrejött szellemi alkotások üzleti hasznosítása céljából a kutatóhely által alapított, illetve részvételével vagy közreműködésével működő gazdasági társaság. Itt mindenképpen szükséges megjegyezni, hogy ez a szakirodalomban és az innováció menedzsment szakmában a spin-off vállalkozások meghatározására széles körben elfogadott OECD-definíció erős szűkítése, hiszen egyebek mellett nem számol az intézmény részvétele nélkül, de az intézmény rendelkezésében lévő szellemi alkotás hasznosítására alapított vállalkozásokkal. [1]

2005. január 1-jén hatályba lépett innovációs törvény 18. §-ának (1) bekezdése alapján a kutatóhelynek minősülő költségvetési szervnek és közalapítványnak, valamint az

államháztartás alrendszereihez kapcsolódó vagyomból létrehozott, kutatóhelynek minősülő közhasznú társaságnak (a továbbiakban együttesen: kutatóhely) szellemi tulajdonkezelési szabályzattal kell rendelkeznie. Az innovációs törvényhez fűzött miniszteri indoklás szerint a kutatóhelyek szabályzatainak a szellemi alkotásokhoz fűződő jogok védelmének, hasznosításának, a szellemi alkotások tudatos, felelős és előrelátó kezelésének fontos eszközeinek kell lenniük. A szabályzat megléte mind a kutatóhely vezetése, mind a felügyeleti és ellenőrző szervezetek számára elő kell segítsen annak megítélését, hogy a szellemi alkotás hasznosítására tett intézkedések során kellően figyelembe vették-e a hasznosításra kerülő szellemi alkotás létrehozásának közfinanszírozásból fedezett ráfordításait, illetve milyen mértékben hasznosulnak a költségvetési források igénybevételével keletkezett szellemi alkotások. Mindezekkel összefüggésben megfelelő felelősségi és hatásköri szabályokat is meg kell határozni.

Külön érdemes megemlíteni a 2005-ben elfogadott és hatályba lépett 2005. évi CXXXIX. törvény a felsőoktatásról (felsőoktatási törvény) 1. §-ának (5) bekezdését, amely kimondja, hogy a kutató a felsőoktatási intézmény kutatási autonómiájának megvalósításában azzal a kötelezettséggel vesz részt, hogy a munkájához szükséges tudományos eredmények és módszerek rendszeres megismerése mellett – a tudományos etika szabályai szerint – új eredmények elérésére törekszik, azokat szakmája szabályai szerint közzéteszi, és oktatói tevékenységében alkalmazza, továbbadja. Mindez illeszkedik az általános egyetemi kutatói mentalitáshoz, és sok esetben azt eredményezi, hogy a kutatók elért kutatási eredményeik, létrehozott találmányaik részleteit nyilvánosságra hozzák (publikálják), mielőtt a találmányra, kutatási eredményre megfelelő jogi védelmet igényeltek volna. Így a felsőoktatási intézmények tudás- és technológiatranszfer-irodáinak, -egységeinek munkatársai komoly kihívással szembesülnek, ha a létrehozott szellemi alkotások tekintetében iparjogvédelmi oltalmat kívánnak szerezni. [3]

A törvény 5. §-ának (2) bekezdése értelmében a felsőoktatási intézmények gondoskodnak a tehetséggondozásról, a kutatói utánpótlás neveléséről. A képzés során fejlesztik a hallgatók jártasságát a kutatási-fejlesztési munkában, a megszerzett ismeretek gyakorlati hasznosításának készségét, a vállalkozási készséget, a szellemi tulajdon védelmével és hasznosításával kapcsolatos ismereteket. Ez az intézkedés az intézményen belüli technológiatranszfer-folyamatok kialakításának kiváló bevezetése, megalapozása. [1]

A jogszabályi háttér kedvezőbbé válása mellett fontos szerepet játszott a finanszírozási források pályázati úton történő biztosítása

2004-ben a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal (NKTH) Regionális Egyetemi Tudásközpontok (RET) című pályázati felhívásában (amely 2005-től Pázmány Péter Program néven folytatódott) jelent meg először hangsúlyosan a tudás- és technológiatranszfer szerepe, illetve az azt segítő – intézményen belüli – szervezeti egységek létrehozásának az igénye. A pályázat átfogó célja a világ élvonalába tartozó egyetemi tudományos és technológiai innovációs központok, Regionális Egyetemi Tudásközpontok létrehozásának elősegítése volt, annak érdekében, hogy olyan szakterületi és regionális vonzáscentrumok jöjjenek létre, amelyek kiemelkedő kutatás-fejlesztési, valamint technológiai innovációs tevékenységet folytatnak, intenzíven együttműködnek a gazdasági szférával, ösztönzőleg hatnak a régiók technológiai és gazdasági fejlődésére, s ezen keresztül javítják a régió és az ország versenyképességét.

A pályázati kiírásra csak az egyetemek vezette, olyan konzorciumok nyújthattak be pályaműveket, melyeknél a konzorciumban ipari partnerek is szerepeltek. Előírásként szerepelt, hogy a tudásközpont tevékenysége terjedjen ki a technológiatranszferre is. Így alakulhattak meg az első tudás-technológiatranszferrel foglalkozó irodák több felsőoktatási intézményben. Szervezeti elhelyezkedésük különféleképpen valósult meg, központi szervezeti egységként, vagy közvetlenül a tudásközponton belül kezdték meg működésüket.

A pályázati konstrukciót összesen három alkalommal hirdették meg, 2006-ban a potenciális pályázók körét kiterjesztették az egyetemek mellett a főiskolákra is, de a Magyar Tudományos Akadémia intézetei továbbra sem pályázhattak önállóan, csak esetlegesen konzorciumi tagként. A kiválasztás során 19 tudásközpont létrejöttét támogatták, lefedve az ország minden régióját.

A tudásközpontok egyik fontos céljaként említhetjük meg a kritikus mennyiségű „tudás” létrehozására való törekvést, az ipar és az egyetem közötti együttműködés fokozását, mely célkitűzések mindenképpen támogatólag hatnak a hasznosítási folyamatokra. A tudásközpontok azzal a céllal jöttek létre, hogy összekapcsolják a jelenleg külön kutató tudományterületeket, bevonva a régió ipari partnereit, tevékenységük során új kohéziót hozzanak létre. A tudásközpontok létrehozásánál kiemelt szempontként szerepelt, hogy a környezetükben legyen ipari háttér az adott szakterületen, továbbá a tudásközpont gazdasági partnerei között jelenjenek meg jelentős iparvállalatok, amelyek motiválják a központ K+F

tevékenységét, és alkalmazói lehetnek a megszülető kutatási eredményeknek, technológiáknak, a közös munka eredményeképpen pedig olyan termékek és eljárások szülessenek, melyek önálló piaci értékkel bírnak.

Az NKTH következő, tudás- és technológiatranszfer-tevékenységet támogató pályázati kiírása az „Innovációs menedzsmentet fejlesztő és technológiatranszfert elősegítő pályázat” (INNOTETT) volt. A pályázat céljául a kutató-fejlesztő intézményeket és az eredményeket felhasználó vállalatokat összekapcsoló intézményi, hálózati struktúrák (technológiatranszfer-központok, üzleti inkubáció) szolgáltatásainak fejlesztését, piaci szemléletük megerősítését tűzte ki. További célkitűzésként szerepelt a technológiatranszfer támogatása, a kutatási eredmények hasznosítási folyamatának gyorsítása, az induló vállalkozások, valamint a kis-és középvállalkozások (KKV-k) számára hasznosítási és piaci stratégia kialakításának segítése. A pályázat két komponensből állt, és két teljesen különböző célcsoportot célzott meg.

A pályázat első komponense egy kísérleti innovációmenedzsment-központot kívánt kialakítani, amely a mintaprojekt (pilot) működése alatt létrejövő eredményekből, tapasztalatokból kialakítja az innovációs menedzsment hazai környezethez illeszkedő legjobb gyakorlatát. E komponens célja az volt, hogy egy mintaprojekt keretén belül egy olyan innovációmenedzsment- központ létesítését segítse elő, amely a hazai igényeknek megfelelő, komplex, új szolgáltatásokat fejleszt ki és nyújt a K+F eredmények hasznosítási folyamatának teljes spektrumán keresztül. A komponens keretein belül a következő tevékenységeket támogatták: a pilot program keretében konkrét kutatási eredményhez kapcsolódó új inkubációs és tanácsadási szolgáltatások kifejlesztése, a pilot projekt beindításához, működtetéséhez szükséges know-how beszerzése, ismeretátadás a szolgáltatásokat nyújtó szakemberek fölkészítéséhez, legalább 120 innovatív technológia, termék proaktív felkutatása, azonosítása, értékelése, a megfelelő hasznosítási lehetőség kiválasztása, az igénybevevő számára ingyenesen, térítésmentesen, konkrét K+F projekthez fűződően a szellemi tulajdon védelmével kapcsolatos tevékenységek, újdonságkutatás, a hasznosító vállalatok igényeinek fölmérése, hasznosítási stratégia kialakítása induló KKV-k számára.

Az INNOTETT pályázat második komponensének célja az volt, hogy megalapozza az utat a közfinanszírozású kutatóhelyek technológiatranszfer-tevékenységének intézményesüléséhez azok szolgáltatásainak és (emberi) erőforrásainak fejlesztésével. Célul tűzte ki közfinanszírozású felsőoktatási intézményekben, valamint a közfinanszírozású és nonprofit kutatóintézetekben működő technológiatranszfer-szolgáltatások erősítését (és belső tudatosítását) annak érdekében, hogy elősegítse a kutatási eredmények hatékonyabb

fõlismerését és kezelését, továbbá támogassa a kutatóhelyek hosszú távú hasznosítási stratégiájának kialakítását, elfogadását. A pályázat támogatni kívánta a szabadalmaztatható vagy már szabadalmaztatott eredmények hasznosítását, valamint hozzá akart járulni közfinanszírozású kutatóhelyek kompetenciájának kifejlesztéséhez a kutatáshasznosítás területén, továbbá technológiatranszfer tevékenységük kialakításához, illetve a tevékenység egyes elemeinek fejlesztéséhez.

A második komponensre olyan közfinanszírozású felsõoktatási intézmények, közfinanszírozású és piacbefolyásoló gazdasági tevékenységet nem végzõ, jogi személyiségû nonprofit kutatóintézetek pályázhattak, amelyek szabadalmaztatható eredményekkel vagy még nem hasznosított szabadalommal rendelkeztek. A projekteken belül a következõ tevékenységek megvalósítását támogatták: konkrét kutatás-fejlesztési projekthez kapcsolódóan szolgáltatások nyújtása és vásárlása, gyakorlati tapasztalatokra épülõ eljárások és szolgáltatások továbbfejlesztése a hasznosítható szellemi tulajdon fõlismerésére az egyes kutatásokban, tanácsadási, információszolgáltatási tevékenység, a szellemi tulajdon védelmének menedzselése, szabadalom- és védjegykutatások díja, szakmai továbbképzéseken való részvétel.

A RET és az INNOTETT pályázat eredményeit áttekintve megállapíthatjuk, hogy ezek lehetõséget kínáltak arra, hogy az intézmények lerakják egy szellemi alkotásokat menedzselõ egység alapjait, illetve megtegyék az elsõ gyakorlati lépéseket a szellemi alkotások hasznosítása felé. A fõnt említett jelentõs anyagi forrást biztosító támogatási struktúrákon kívül születtek még pályázati felhívások, melyek kimondottan az iparjogvédelmi bejelentések támogatását célozták meg. Az NKTH pályázataitól nagymértékben különbözik a Nemzeti Fejlesztési Ügynökség (NFÜ) által meghirdetett, a tudás- és technológiatranszfert, a felsõoktatási intézményekben létrejött kutatási eredmények hasznosítását támogató pályázati konstrukció. A 2008 nyarán meghirdetett, majd 2009-ben megismételt „Tudáshasznosulást, tudástranszfert segítő eszköz- és feltételrendszer kialakítása, fejlesztése” címû pályázati lehetõség kiírásakor az NFÜ kiemelt célja volt a pólusvárosok felsõoktatási intézményei tudás- és technológiatranszfer-kapacitásainak fejlesztése. Az MTA kutatóintézetei és más közfinanszírozású kutatóhelyek önállóan nem nyújthattak be pályázatot a felhívásra, csak társulhattak a felsõoktatási intézményekhez, konzorciumot alkotva velük. A konstrukció átfogó célja volt, hogy a felsõoktatás és a gazdaság kapcsolatának erõsítése érdekében a felsõoktatási intézményekben folyó innovációs- és kutatás-fejlesztési tevékenység ösztönzésére, támogatására és hasznosítására képes technológia- és tudástranszfer-

szolgáltatások kiépüljenek, illetve fejlődjenek. A pályázati kiírás további célja volt, hogy a felsőoktatási intézmények a tudás- és technológiatranszfer-irodák szolgáltatásainak megszervezésével, illetve fejlesztésével olyan egycsatornás, hatékony mechanizmust alakítsanak ki az intézményben keletkezett innovatív eredmények fölismerése, regisztrálása, valamint a tudományközi megközelítésből fakadó többcélú felhasználhatósági lehetőségeinek vizsgálata céljából, amely biztosítja a keletkezett szellemi javak hatékony hasznosulását. Ehhez fontosnak érezték, hogy a felsőoktatásban innovációs és kutatás-fejlesztési tevékenységet végző munkavállalók, illetve hallgatók hatékony, professzionális támogatást kapjanak az általuk elért eredmények innovációs láncba történő bekapcsolásához.

A TÁMOP 4.2.1 konstrukció fontos feltétele, hogy a támogatásban részesített projektek járuljanak hozzá a felsőoktatás kutatás-fejlesztési kapacitásainak bővítéséhez szükséges humán és szervezeti feltételek megteremtéséhez, valamint a vállalkozásokkal való intézményi együttműködés erősítéséhez. A konstrukció elsősorban azokat a szervezeti, képzési és szolgáltatási jellegű tevékenységeket támogatta, melyek a vállalkozásokkal való szervezett együttműködés keretfeltételeinek kialakítása révén bővítik a felsőoktatási intézmények kapacitásait a tudástermelés, illetve a tudás disszeminációjának terén. Elsősorban a matematikai, műszaki, informatikai és természettudományos kutatás-fejlesztési, innovációs és oktatási profillal rendelkező felsőoktatási tudásközpontokban végrehajtandó fejlesztéseket támogatták.

Fontos kiemelnünk, hogy a TÁMOP 4.2.1 pályázati kiírás – a korábbi hasonló témájú pályázati kiírásokkal ellentétben – pontosan meghatározta azokat a minimumkövetelményeket, amelyekkel – támogatás esetén – a tudás- és technológiatranszfer-iroda vezetőjének rendelkeznie kell. Ezek alapján csak olyan személy állhatott egy technológiatranszfer-iroda (TTI) élére, akinek szakirányú felsőfokú végzettsége vagy felsőfokú végzettsége és legalább két éves, technológiatranszfer-központ irányításában szerzett vezetői tapasztalata volt, s mindezek mellett felsőfokú angol nyelvtudással rendelkezett. A TÁMOP 4.2.1. pályázat célját és a nyertesek törekvéseit látva már most, a projektek zárása előtt megállapíthatjuk, hogy ez a pályázat fölkészületlenül érte a felsőoktatást. Egy ilyen nagyságrendű forrás célszerű elköltéséhez megfelelő előkészítésre lett volna szükség. A támogatási összeg ésszerű elköltése minimális szervezeti kiépítettséget feltételezett volna, s olyan rendszerszemléletű gondolkodást, ami a jövőre nézve fenntartható struktúrák, kialakítását segítette volna elő.

Összességében véve elmondhatjuk, hogy az elmúlt öt évben komoly előrelépések történtek annak érdekében, hogy a felsőoktatási intézmények kutatási eredményei az eddigiéknél hatékonyabban, szélesebb körben hasznosulhassanak. Jelen elemzés nem tér ki a törvényi anomáliákra, a gazdasági helyzet elemzésére, a válság következményeire, nem hívja föl a figyelmet azokra a veszélyekre, amelyeket a kutatás-fejlesztés elmúlt félévben történt forráskivonása okozott.

Az előzmények részletesebb bemutatása után arra keressük a választ, hogyan sikerült az intézmények technológiatranszfer-szervezeteinek elhelyezkedniük az intézményrendszeren belül, s milyen eszközökkel érték, érhetik el minél szélesebb körű elfogadottságukat annak érdekében, hogy a forráshiányos időszakban is képesek legyenek nemcsak a túlélésre, de látható, eredményeket hozó feladatellátásra is.

A felsőoktatási technológia transzferirodák kialakítása különféle módon történt. Egyes helyeken a regionális tudásközpont bázisáról kiindulva szélesítették szolgáltatásaikat, a későbbiekben becsatolva a tudásközpont érdekeltségi körén kívül eső szervezeti egységeket is. Más intézményeknél a technológiatranszfer-irodák a pályázati irodával egy szervezeti egység keretein belül működnek. Léteznek száz százalékos egyetemi tulajdonú hasznosító vállalkozások is. Mindegyikükre igaz azonban, hogy létrehozásukat nem a kutatói oldal nyomása, igénye, szükséglete generálta, még csak nem is az egyetemvezetés kezdeményezte, meglátva a stratégiai kutatásfejlesztési döntésekhez szükséges adatbázisok létrehozásának finanszírozott lehetőségeit. A technológiatranszfer-irodák létrehozása első sorban lehívható pályázati források megszerzésére irányult. Az irodák munkatársaival szemben sem támasztottak különösebb végzettségi, nyelvtudásbeli követelményeket, vagy nem vártak el területi jártasságot feltételező gyakorlati tapasztalatot sem. A személyi elvárások először 2008-ban a TÁMOP 4.2.1 pályázati felhívásban láttak napvilágot. Nem kétséges, hogy az esetenként fölkészületlen, tapasztalatokkal nem rendelkező technológiatranszfer munkatársaknak gyakran nem sikerült elfogadtatni magukat a kutatók által, ezáltal természetesen nem segítették kialakítani a terület presztízsét sem. Ma is igaz az a megállapítás, hogy jelentős hiány tapasztalható a képzett, technológiatranszferrel foglalkozó humán erőforrás területén. E hiányosság technológiatranszfer-specifikus egyetemi képzési programok beindításával és nemzetközi gyakornoki tapasztalatok megszerzésével pótolható. A hazai egyetemek versenyképessége szempontjából mindenképpen fontos lenne az egyetemi képzési struktúrába illeszkedő, természettudományi és gazdasági ismereteket ötvöző inter- és multidiszciplinális technológiatranszfer-képzések indítása.

A humán erőforráshiány mellett is képes a felsőoktatási technológiatranszfer túlélni a kiszámíthatatlan támogatási rendszer okozta forráshiányt, ha sikerül megfogalmaznia és elfogadtatnia saját, nem bevételi összegekben mérhető hasznosságát az intézményen belül. Ehhez azonban mindenképpen el kell oszlatnunk néhány téves elképzelést. Nem önfenntartó TT irodák létrehozására van szükség, mert ebben az esetben az irodák csak azon találmányokra fordítanak figyelmet, amelyek biztosan nagyobb bevételt generálnának, mint a hasznosítás során rájuk fordított összeg. Így fennállna annak veszélye, hogy a TT iroda tevékenysége beszűkül a biztosan profitot szolgáltató kutatások üzleti célú támogatására. A fejlettebb gazdaságokban sem tekintik célnak az önfenntartó TT irodák létrehozását. Ott, ahol ezen irodák már régebb óta működnek, inkább annak elérése a cél, hogy ne csak az üzleti környezetnek, hanem a gazdaság szélesebb vertikumának jelentsenek hasznot (inkubátorházaknak, kutatóknak, munkahelyek létrejöttéhez).

Végül is melyek azon tevékenységek, amelyek „eladhatóvá” teszik a technológiatranszferet?

Az egyetemvezetés számára létfontosságú, hogy kutatásfejlesztési döntései során objektív adatokra támaszkodhasson. Fenntartói elvárás az intézményekkel szemben a kutatási, pályázati tevékenységet bemutató adatok naprakész szolgáltatása, a teljes intézményi tudástérkép elkészítése, folyamatos frissítése. A tudás föltérképezése nélkül nehezen tudnánk megfogalmazni, hogy mit is szeretnénk hasznosítani, így ezen adatok ismerete a sikeres technológiatranszfer záloga is egyben. A dinamikus, objektív adatokra támaszkodó pályázati, K+F szerződések, publikációk, szabadalmi portfóliók nyilvántartására képes adatbázisok megteremtésével, folyamatos karbantartásával a TT irodák nemcsak az egyetemvezetés számára tudnak hasznos, releváns információkat szolgáltatni, hanem a potenciális ipari partnerek részére is.

Az adatbázisból nyert információk a kutatói minősítés rendszerének alapjául szolgálhatnak. A kiélezett oktatási piacon elengedhetetlen, hogy az intézmények minél több tehetséges, nemzetközileg elismert kutatóval, oktatóval rendelkezzenek. Az intézményen belüli megmértetés, ugyanakkor elismerés is rendkívül fontos. A XXI. századi oktatási piac megváltozott feltételeket teremt. A felsőoktatásnak az eddigieknél jobban kell alkalmazkodnia a munkaerőpiaci elvárásokhoz annak érdekében, hogy végzős hallgatói kezébe valóban piacképes diplomát adjon. Ehhez mindenképpen szorosabb együttműködés kialakítására lesz

szükség az ipar és a felsőoktatás között. Ezen együttműködések szorgalmazói, a stratégiai partnerségi megállapodások adminisztratív gondozói a TT irodák lehetnek.

Az egyetemi oktatók és kutatók szakmai előmenetelének egyik záloga a nagyszámú, minél magasabb impakt faktorú folyóiratokban megjelent közlemények folyamatosan megújuló sorozata. Pályázataik elnyeréséhez meggyőző alapkutatási teljesítményt kell nyújtaniuk, ezen múlik a tudományos minősítésük, ettől függ nemzetközi kapcsolatrendszerük és végső soron az egyetemi hierarchiában elfoglalt helyük is. A legkiválóbbak köré gyülekeznek a TDK-s hallgatók, az általuk vezetett témákból készül a legtöbb szakdolgozat és PhD munka is. A diákok munkájának eredményessége is döntően azon publikációktól függ, melyeknek ők lehetnek az első szerzői, bizonyítva a kutatómunkára való rátermettségüket. Ebben az értelemben az egyetemi kutatók oktatási munkája is megköveteli a tudományos publikációs tevékenység előtérbe helyezését.

A fenti körülmények miatt a kutatók általában nem érdekeltek abban, hogy alapkutatási eredményeiket szabadalmaztatva vagy egyéb módokon hasznosítsák. Kivételt csupán az jelent, ha – amint az a közelmúltban viszonylag gyakran előfordult – a kutató számára leginkább vonzó körülményeket (magyarán legtöbb pénzt) ajánló pályázati kiírás kifejezetten megköveteli az eredmények hasznosításának megkísérlését, szabadalmi eljárások indítását, vagy legalábbis ipari együttműködő partner bevonását. Ez utóbbi esetben az ipari partnertől elvárható a hasznosítási törekvés. Még ezekben az esetekben is félő azonban, hogy a kutató csak formálisan tesz eleget a pályázati kiírásból vagy egyéb külső kényszerekből fakadó hasznosítási igényeknek. Az eredmények hasznosulásában nem bízik igazán és az ahhoz vezető fáradságos utat nem is akarja végig járni, ami természetesen kizárja a végső sikert.

Ezen a helyzeten változtatni nem könnyű. A kutatók bizalmának elnyerése a tevékenység elfogadtatásának kulcsfontosságú kérdése. A TT iroda munkatársaitól ez a feladat az átlagosnál sokkal jobb kapcsolatteremtő-képességet igényel. Vagyis nem elegendő a technológia transzfer ismeretek elsajátítása, kellő empátiára, kommunikációs képességre is szükség van. Rendkívül fontos a rendszeres ismeretterjesztő programok szervezése, szűkebb (intézeti, tanszéki, kutatócsoporti) körben, valamint az intézmény egészét érintő, a szélesebb közönség, közvélemény érdeklődésére is számot tartó innovációs események megrendezése.

A TT iroda feladata, hogy olyan eszközök kidolgozásában működjék közre, amelyek elősegítik a találmányi felajánlások gyarapodását. (A kutatói minősítésrendszer kidolgozása

során erre külön figyelmet érdemes fordítani) Az eszközök kidolgozása során figyelemmel kell lennünk arra, hogy a motivációs eszközök sokkal hatékonyabbak a szankcionálásnál.

A hallgatók jelentik a technológiatranszfer társadalmasíthatósága szempontjából a legszélesebb célcsoportot. A hallgatók bekapcsolása az innovációs folyamatokba rendkívüli fontossággal bír. A felsőoktatási törvényben foglaltaknak megfelelően fontos, hogy a hallgatók tanulmányaik során elsajátíthassák a megszerzett ismeretek gyakorlati hasznosításának készségét, a vállalkozási készséget, a szellemi tulajdon védelmével és hasznosításával kapcsolatos ismereteket. Az ismeretek terjesztése, az innovációt népszerűsítő programok megszervezése a TT irodák feladata.

Külön hangsúlyt kell fektetni a hallgatói innovatív ötletek becsatornázására, a megvalósításban való közreműködésre. Annál jobb ismeretterjesztés nincs, mint amikor „kézzel fogható” projektekkel valósítjuk meg az innovációt, a gyakorlatban sajátítjuk el a vállalkozói alapismereteket. Nem tudunk versenyezni Amerikával, ahol a vállalkozás természetes, mindennapos gyakorlat; nálunk ehhez szemléletet kell váltani. A szemléletváltáshoz pedig időre, türelemre, fogékony közegre van szükség. A legfogékonyabb közeg pedig a hallgatók népes tábora.

A célcsoport megfogalmazása mellett mindenképpen érdemes kitérni a TT irodák tevékenységére is, ami az eltelt évek során bizonyos kikristályosodási folyamaton ment keresztül. A tevékenységek finanszírozása eddig szinte kizárólag pályázati forrásból történt. A TT irodák jövője szempontjából lényeges kérdés, hogy a nem üzleti alapon végzett alaptevékenységük fenntartását pályázati bevétel hiányában az intézmény vállalja. Nem üzleti alapon végzett tevékenységek: (i) az intézményben létrejövő találmányok nyilvántartása, rendszerezése; (ii) a tudástérkép adatbázisainak karbantartása, frissítése; (iii) folyamatos kapcsolattartás a kutatókkal; (iv) innovációt népszerűsítő rendezvények szervezése. E tevékenységek önmagukban nem generálnak bevételeket, hosszútávon az egyetemnek kell felvállalnia e tevékenységek fenntartását.

Összességében véve fontos cél, hogy az egyetemek a környezetük gazdasági motorjaivá váljanak. Az állami forrásból finanszírozott kutatás egyik alapfeladata az emberek életminőségének javítása. A felsőoktatási szellemi tulajdon-menedzsment akkor működik jól, ha sikerül egy „open access” toleráns „szellemi tulajdon központú” modellt kialakítani, vagyis megtalálja annak módját is, hogy bizonyos, üzletileg nem értékesíthető kutatási eredmények minél szélesebb körben váljanak ismertté, társadalmi hasznosulásuk megvalósulhasson. A tudásmegosztás technológiatranszfer tevékenység nélkül nem képes hatékonyan működni. A

technológiatranszfer által támogatott tudáshasznosulást az alábbi példán keresztül mutatjuk be.

Konkrét esettanulmány

Az úgynevezett "tisztá tudománnyal" vagy alapkutatással, tehát nem alkalmazott, nem gyakorlatorientált tudománnyal foglalkozó kutatók szemére szokták vetni, hogy kutatási eredményeiknek nem sok köze van a valós élethez, s többnyire nem látható azok gyakorlati fölhasználhatósága. Ez persze nem az alapkutatás hiányossága, hanem annak egyik jellemzője, amiért tehát nem kárhoztathatók az alapkutatással foglalkozók sem. A társadalomnak türelmet érdemes mutatnia az ilyen jellegű kutatással szemben, hiszen a tudománytörténetből számtalan példa hozható föl arra, hogy az alapkutatási eredmények előbb vagy utóbb gyakorlati alkalmazhatósággal kecsegtetnek. Itt most csak egyetlen konkrét példát hozunk föl erre a poláros fényszennyezés alapkutatási témaköréről és konkrét gyakorlati jelentőségéről szólva.

Mikor Rudolf Schwind német biológus az 1980-as évek elején fölfedezte, hogy a vízi-rovarok a számukra és lárváik fejlődéséhez elengedhetetlen vizes élőhelyek megtalálásához az emberi látórendszerrel ellentétben nem a vizetről visszaverődő fény intenzitását vagy színét használják, hanem az emberi szem által nem érzékelt fénypolarizációt, még senki sem gondolta, hogy ennek néhány évtized múlva milyen nagy gyakorlati jelentősége lesz. Kiderült, hogy minden olyan rovar, melynek utódai vízben fejlődnek (ilyenek például a vízibogarak, vízi-poloskák, szitakötők, kérészek, tegzesek, böglyök), repülés közben a vízfelszínről tükröződő fény vízszintes rezgésíkjának érzékelése által találja meg a vizet, ahova petéit rakja, vagy ahol ő maga is él [4]. A vízi-rovarok ezen évszázmilliókkal ezelőtt kifejlődött képessége, a fénypolarizáció érzékelése egyetlen célt szolgál, a vizek polarotaktikus megtalálását.

E jól működő biológiai-környezeti rendszer zavarodott meg, mikor a vízi-rovarok optikai környezetében megjelentek az ember által létrehozott olyan tárgyak, melyek felületéről vízszintesen poláros fény verődik vissza, ami megtéveszti a polarotaktikus rovarokat, melyek a víz helyett a zavaró polarizációs jel miatt víznek vélt mesterséges tárgyakra szállnak, s gyakran oda is petéznek. Ennek az érintett rovarpopulációk számára az a káros következménye, hogy az így lerakott petecsomók kiszáradnak, miáltal az utódnemzedék elpusztul, de gyakran maguk a kifejlett rovarok is kiszáradás okán pusztulnak el, nem tudván

szaporodni. Mivel e környezeti hatást a mesterséges felületekről visszaverődő poláros fény váltja ki, e káros optikai jelenséget poláros fényszennyezésnek hívjuk [5,6].

Az egyik leggyakoribb poláros fényszennyező forrás az aszfalt utak felülete, ami sokszor vízszintesen poláros fényt ver vissza [7]. Ez az oka annak, hogy számos vízi-rovarfaj, például a folyókban fejlődő kérészek a vízből kikelve rajzásuk közben és után nem a vízhez térnek vissza petéiket a vízbe rakni, hanem a folyók mellett húzódó aszfalt utakra teszik petecsomóikat, ahol aztán menthetetlenül elpusztulnak az utódok [8,9] (1. ábra). A Rudolf Schwind úttörő kutatásai óta folyó alap kutatások eredményeként föltérképezésre kerültek a környezetünk aszfalt utakon túli poláros fényszennyező forrásai is [10]. Ebben nagy segítséget nyújtott a képalkotó polarimetria, ami az emberi szem számára nem észlelhető, de a rovarok által érzékelt fénypolarizáció térbeli eloszlásának mérését és megjelenítését teszi lehetővé [4].

Poláros fényszennyezőnek bizonyul minden olyan tárgy, aminek felszíne sima és sötét. A sötét aszfaltfelületeken kívül a legerősebb poláros fényszennyezők a kőolajkiömlések, fekete műanyag fóliák, sötét üvegfelületek, fekete autók, fekete sírkövek, valamint a fekete napelemtáblák és napkollektorok [11,12]. Mivel e mesterséges felületek egyre nagyobb mértékben terjednek a Földön, ezért az általuk okozott poláros fényszennyezés egyre növekvő problémát okoz azokon a helyeken, ahol a közelben vizes élőhelyek és az ott fejlődő vízi-rovarok nagy populációi vannak.

Már az is nagy gyakorlati jelentőséggel bír, hogy biológusok és biofizikusok fölfedezték a poláros fényszennyezés sajnálatos jelenségét [5,6], mert így megkezdődhet a veszélyeztetett és érintett rovarpopulációk védelme, még jóval a kipusztulásuk előtt. Érdekes módon, e védelem egyik lehetséges módját a természettől lehetett ellesni: Ugyancsak alap kutatások eredményeként derült fény arra, hogy a zebrák a fekete-fehér csíkos testmintázatukkal kevésbé vonzzák a polarotaktikus böglyöket, melyek vérszívással folyamatosan zaklatják a gazdaállatokat, és számos súlyos betegség kórokozói is terjesztik [13]. Az őszebrák sötét szőrű patások voltak, de az evolúció során fehér csíkokat fejlesztettek ki, többek között a böglyök elleni vizuális védelem céljából. Mivel a böglyök lárvái a vízben fejlődnek, ezért a kifejlett böglyök is polarotaktikusak. E tény adta az ötletet kutatóknak, hogy ha egy poláros fényszennyező felületet a zebrákhoz hasonlóan fehér csíkokkal kisebb cellákra osztanak, akkor elveszti a polarotaktikus rovarokra kifejtett vonzó hatását. Az ötletet terepkísérletek követték, melyekben beigazolódott a hipotézis helyessége, s megszületett a poláros fényszennyezés csökkentésének vagy teljes kiküszöbölésének egyik módja [11,12].

Ez az ötlet egy szabadalmi bejelentésig is eljutott, majd később közkinccsé vált. Előnye, hogy elvileg minden poláros fényszennyező forrásnál alkalmazható, legyen az például napelem vagy aszfalt út: Ha a napelemtáblák fényes fekete felszínét vékony fehér csíkokból egy megfelelően sűrű rács borítja, akkor a megtermelt energia 1%-os veszteségéért cserébe kiküszöbölhető a polarotaktikus rovarokat vonzó és veszélyeztető poláros fényszennyezés, tehát a napelemtábla környezet barátabb lesz. Ha a vizes élőhelyek közelében húzódó, poláros fényszennyező aszfalt utak felületét egy megfelelő sűrűségű fehér csíkmintázattal látják el (2. ábra), akkor a vízből kikelő vízi-rovarok nem fognak az aszfaltra petézni, hanem párosodás után visszatérnek a vizekhez, ahol a petékből kikelő lárvák fejlődhetnek.

A poláros fényszennyezés témakörében folytatott alap kutatás tiszta tudományi eredményei legújabbban a Tisza-hidak környezeti hatásai kapcsán nyertek konkrét gyakorlati alkalmazást [14,15]. Kutatók figyelték meg a tiszavirágnak is hívott kérészfaj (*Palingenia longicuda*) rajzásakor, hogy mikor a nőstények a Tisza folyásirányával ellentétesen kezdik meg az úgynevezett kompenzációs repülésüket, akkor e biológiailag fontos repülési folyamatot a folyón átívelő hidak megzavarhatják, amennyiben megakasztják a nőstények repülését, s visszafordulásra kényszerítik azokat (3. ábra). Ezáltal a rajzó és repülő tiszavirágok feltorlódnak a híd folyásiránnyal egyező oldalánál, ami a vizsgálatok szerint a folyóban fejlődő kérészpopuláció nemi arányának eltolódásához vezet a híd két oldalán. Képzelt polarimetriával kimutatták, hogy ezen újonnan fölsírt s a tiszavirágpopuláció számra káros jelenségben megint a hídtest egyfajta poláros fényszennyezése játszik fontos szerepet, amennyiben a fényt csak gyengéig polarizáló hídtest depolarizációs jele és a hídtest nem mindig vízszintesen poláros tükörképe megszakítja a folyó közepén húzódó, vízszintesen poláros fényt tükröző folytonos csatornát, s ezzel partot imitálva visszafordulásra készíti a repülő polarotaktikus tiszavirágokat. Ha azonban a hídon egy poláros fényszennyező aszfalt út húzódik, akkor tovább súlyosbodik a híd poláros fényszennyezése, mivel ezen aszfalt út magához vonzhatja azon tiszavirágokat, melyek a híd fölé repülve megpróbálnak túljutni a hídon és folytatni kompenzációs repülésüket a folyó fölött. Megfigyelték, hogy úgy a száraz, mint az esőtől nedves aszfaltra leszálltak a tiszavirág nőstényei, és gyakran rá is petéztek az aszfaltra (3. ábra).

E kutatás fölhívta a figyelmet a Tisza-hidak tiszavirágrajzást zavaró káros hatására. Ha Magyarország a jövőben a tiszavirágok rajzására épülő ökoturizmus kifejlesztésén gondolkozna, bizony sürgősen föl kellene használnia ezen új alap kutatási eredményeket,

melyek segíthetnek a Tisza-hidak poláros fényszennyezésének csökkentésében. Hogy ne pusztuljanak ki a tiszavirágok a Tiszából, az pedig létérdeke ezen ökoturizmusnak is.

A fenti kutatási eredmények kétféle módon hasznosultak. A bögölycsepda termékfejlesztése európai uniós támogatással megvalósult. A poláros fényszennyezés csökkentésére rendelkezésre állnak a szabad hozzáférésű módszerek. Ezen módszerek alkalmazáshoz már csak felelősségteljes, a környezet megőrzését szem előtt tartó döntéshozókra van szükség, és közvetítőszervezetekre (TT irodákra) ahhoz, hogy az információk a megfelelő helyekre időben jussanak el.

A hazai kutatás-fejlesztés támogatásában érintett kormányzati szervek és kutatóintézmények szoros együttműködésének köszönhetően a 2004–2010 közötti időszakban a kutatási eredmények hasznosítása jelentős átalakuláson ment keresztül, s e rövid időszak alatt komoly eredményeket könyvelhetett el. Mára az intézmények többsége jó alapokkal rendelkezik, hogy továbbfejlessze, illetve az európai uniós és globális trendek szerint formálja a közhasznú kutatási eredmények hasznosítására irányuló tevékenységét.

A elkövetkező évek fő feladata a tudás- és technológiatranszfer-szervezetek számára a nemzetközileg sikeres modellek hazai környezetbe történő adaptálása mellett saját létjogosultságuk minél szélesebb körben történő elfogadtatása.

Ehhez intézményi szintű elkötelezettségre lesz szükség Arra, hogy a XXI. század haladó felsőoktatási intézményei a tudásközvetítés napjainkban elterjedt, egyes tudományterületekre koncentrált értelmezése tekintetében küldetésüknek tekintsék az egyetemi kutatási eredmények gazdasági és üzleti hasznosításának elősegítését, és az innovációs kultúra terjesztését a felsőoktatási intézmények polgárai körében. A felsőoktatás különféle tudományterületek művelőjeként a tudásközvetítés szélesebb értelmezését állítsa előtérbe, amely a társadalom, a gazdaság, a tudomány, a kultúra minden szeletére kiterjedő folyamatokban működik és elősegíti a társadalmi és kulturális kihívások felmérését, (pro)aktív feltárását, olyan folyamatok generálását, amelyek a felismert problémák kreatív megoldásaihoz vezetnek el.

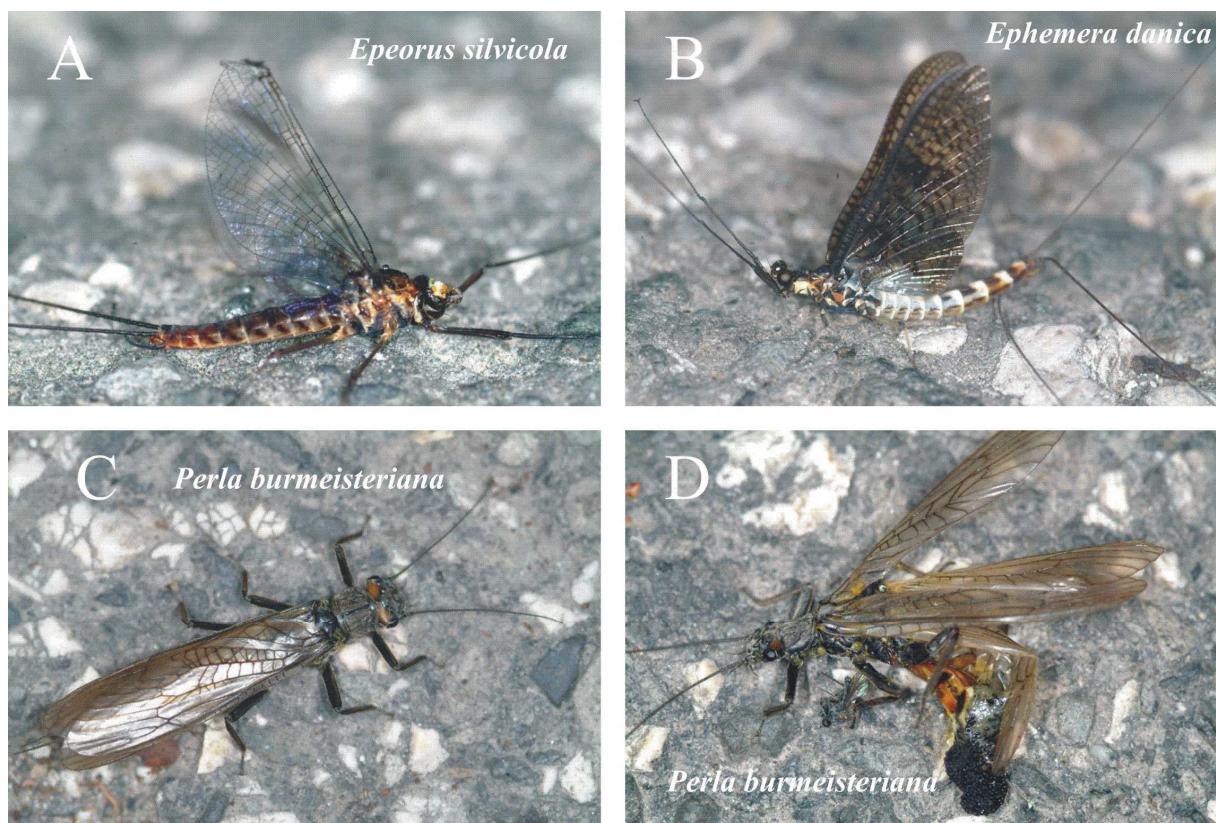
Irodalom

- [1] *Innovációmenedzsment a gyakorlatban*, szerk. Buzás, N, Akadémiai Kiadó 2007
- [2] *Szellemi tulajdon-kezelés a közfinanszírozású kutatóhelyeken: Összehasonlító elemzés*, szerk. Buzás, N.: Molnár, I, 2010
- [3] *Innovációmenedzsment*, szerk. Pörzse G, Semmelweis Kiadó, 2008
- [4] HORVÁTH, G.; VARJÚ, D. (2004) *Polarized Light in Animal Vision – Polarization Patterns in Nature*. Springer-Verlag, Heidelberg - Berlin - New York, p. 447
- [5] HORVÁTH, G.; KRISKA, G.; MALIK, P.; ROBERTSON, B. (2009) Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 317-325
- [6] MALIK P., HORVÁTH G., KRISKA GY., B. ROBERTSON (2008) Poláros fényszennyezés: A környezeti ártalmak egy új formája. *Fizikai Szemle* 58: 379-386 + címlap + hátlap
- [7] HORVÁTH, G.; KRISKA, G.; MALIK, P.; HEGEDÜS, R.; NEUMANN, L.; ÅKESSON, S.; ROBERTSON, B. (2010) *Asphalt Surfaces as Ecological Traps for Water-Seeking Polarotactic Insects: How can the Polarized Light Pollution of Asphalt Surfaces be Reduced?* Series: Environmental Remediation Technologies, Regulations and Safety. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, New York, USA, p. 47
- [8] KRISKA, G.; 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* 201: 2273-2286
- [9] RAB O., KRISKA GY., HORVÁTH G., ANDRIKOVICS S. (1998) Sarkított világ. Becsapott rovarok: kérészek az aszfalton. *Élet és Tudomány* 53: 1107-1109 + címlap
- [10] HORVÁTH, G.; KRISKA, G. (2008) Polarization vision in aquatic insects and ecological traps for polarotactic insects. In: *Aquatic Insects: Challenges to Populations*. (Lancaster, J. and Briers, R. A., eds.) CAB International Publishing, Wallingford, Oxon, UK, Chapter 11, pp. 204-229
- [11] HORVÁTH, G.; BLAHÓ, M.; EGRI, Á.; KRISKA, G.; SERES, I.; ROBERTSON, B. (2010) Reducing the maladaptive attractiveness of solar panels to polarotactic insects. *Conservation Biology* 24: 1644-1653 + electronic supplement
- [12] HORVÁTH G., KRISKA GY. (2010) A napelem evolúciós csapdája. *Interpress Magazin* 30(1): 106-110
- [13] EGRI Á., HORVÁTH G., KRISKA GY., FARKAS R., S. ÅKESSON (2010) Miért csíkos a zebra? A poláros fényszennyezés csökkentésének trükkje. *Természet Világa* 141: 498-502

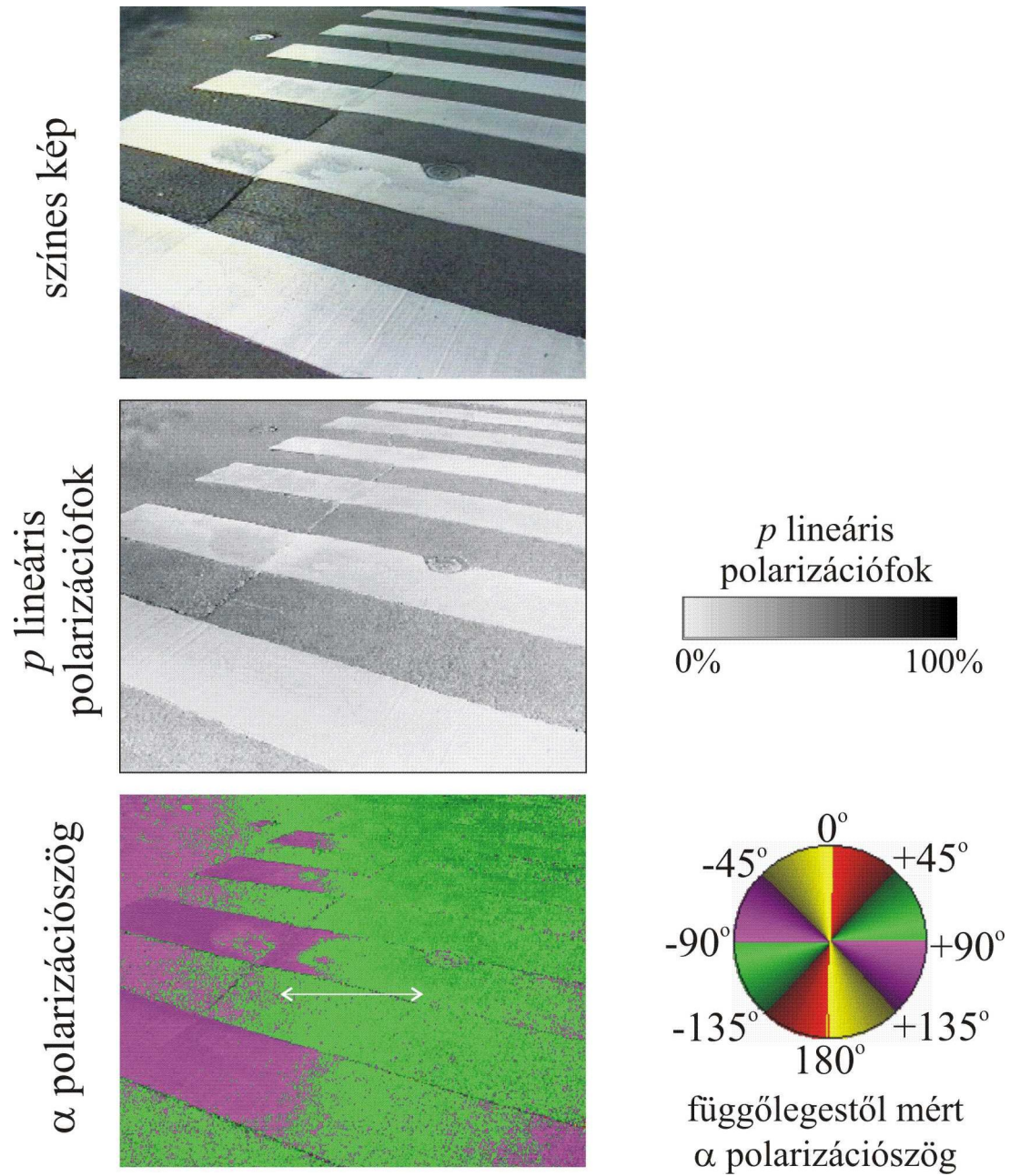
[14] POLYÁK L., LENGYEL SZ., MÁLNÁS K., PRILL É., KRISKA GY., HORVÁTH G. (2010) Emberi létesítmények hatása a tiszavirág- állomány [*Palingenia longicauda* (Olivier, 1791)] nagyságára és ivararányára. *Acta Biologica Debrecina, Supplementum Oecologica Hungarica* 21: 177-188

[15] MÁLNÁS, K.; POLYÁK, L.; PRILL, É.; HEGEDÜS, R.; KRISKA, G.; DÉVAI, G.; HORVÁTH, G.; LENGYEL, S. (2011) Bridges as optical barriers and population disruptors for the mayfly *Palingenia longicauda*: An overlooked threat to freshwater biodiversity? *Journal of Insect Conservation* (in press)

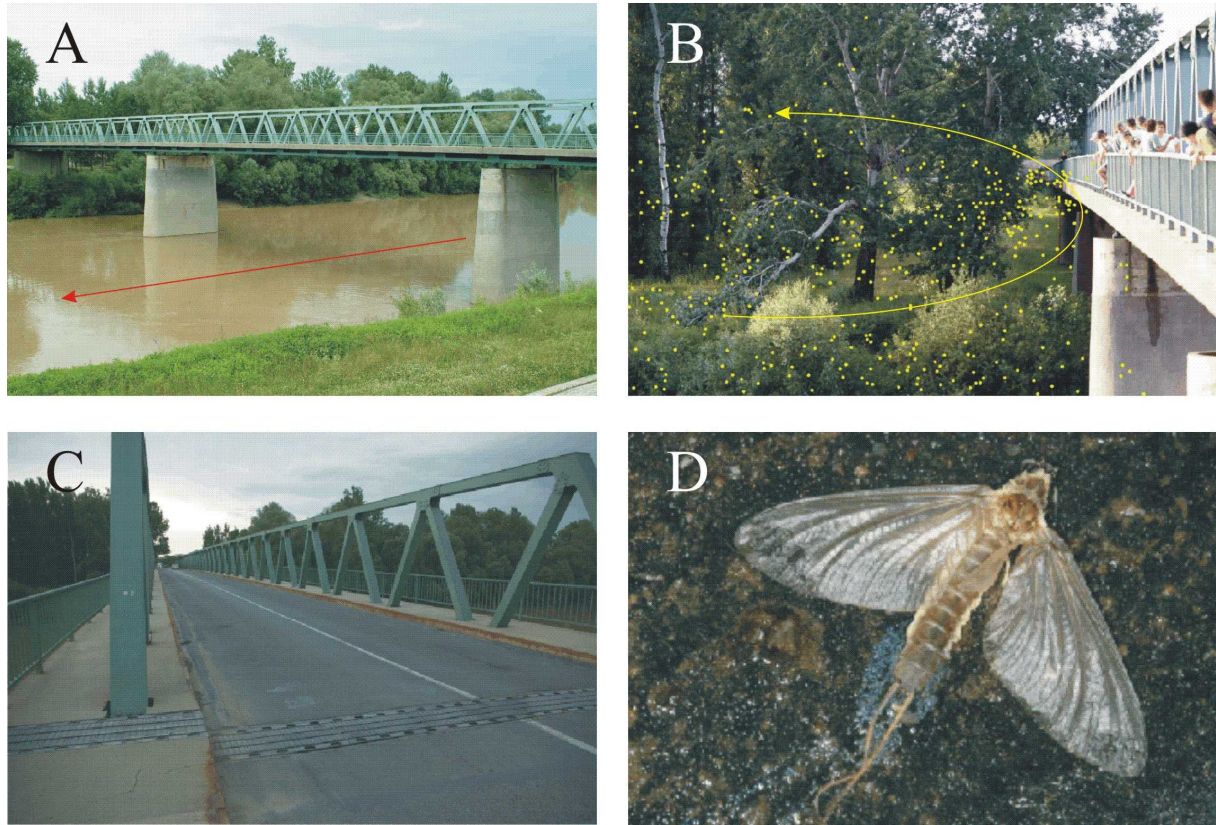
Ábrák



1. ábra: Poláros fényszennyező száraz aszfalt útra leszállt polarotaktikus vízirovarok. (A) Kérész (*Epeorus silvicola*). (B) Kérész (*Ephemera danica*). (C) Álkérész (*Perla burmeisteriana*). (D) Autók által széttaposott álkérész (*Perla burmeisteriana*). (Dr. Kriska György fényképei)



2. ábra: Fehér festékcsíkos aszfaltfelület (közlekedési zebra) polarizációs mintázatai a spektrum kék tartományában képalkotó polariméterrel mérve. Az α polarizációs szög mintázatán a vízszintes fehér kettősfejű nyíl a visszavert fény rezgésirányát mutatja.



3. ábra: (A) A Tiszán átívelő híd Tivadar falunál. A nyíl a Tisza folyásirányát mutatja. (B) A Tisza folyásirányával ellentétes irányban szálló, s a hídnál feltorlódozó tiszavirágok örvénylő raja. A nyíl a hídnál visszaforduló tiszavirágok repülési irányát szemlélteti. (C) A hídon vezető aszfalt út. (D) A híd aszfaltfelületére leszállt nőstény tiszavirág teteme a potrohából kipréselt peték fehér tömegével.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom Dr. Horváth Gábornak, az ELTE Biológiai Fizika tanszéke docensének az esettanulmány összeállításáért.