

Természet Világa

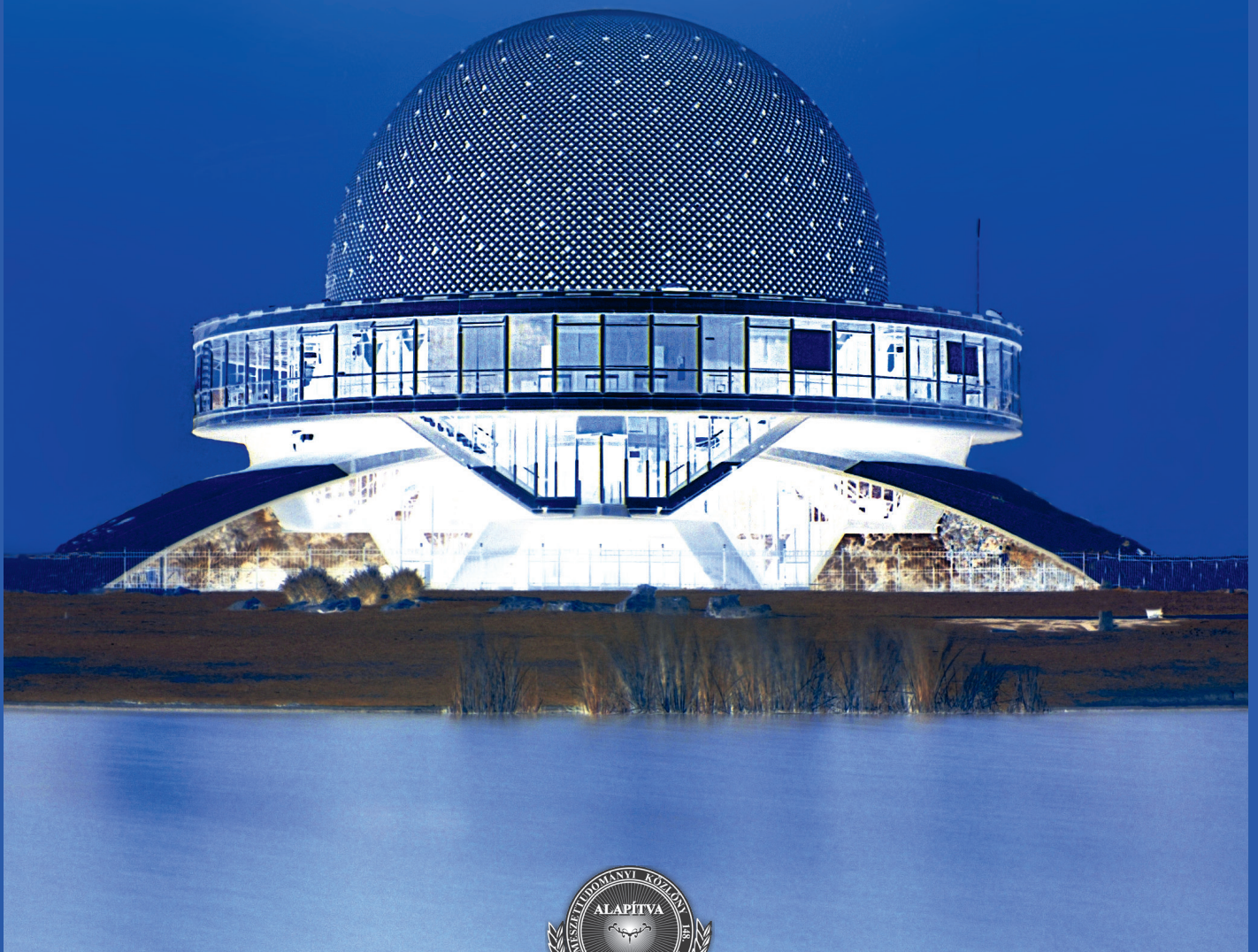
TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

148. évf. 7. sz.

2017. JÚLIUS

ÁRA: 780 Ft

Előfizetőknek : 670 Ft



- AZ EMBER NEME
- VÁLTOZÓ ÉGHAJLAT
- ÉGBŐL POTTYANT BÉLYEGEK
- HATÁSOS KOMBINÁCIÓK. BESZÉLGETÉS HUDECZ FERENC AKADÉMIKUSSAL
- A PLANETÁRIUMOK VILÁGA
- SELYE FELFEDEZÉSEI
- HULLADÉKBÓL ENERGIA

Változatos orchideavilág



A fehér madársisak árnyéktűrő orchideafaj, a kultúrerdőkben, faültetvényekben is gyakran megtelepszik



A hússzínű ujjaskosbor lápréteink gyakori orchideája



A mészkedvelő méhbangó szaporodására az önbeporzás jellemző



A hazai bangófajok közül kétségtelenül a pókbangó a legerjedtebb



A poloskaszagú sisakoskosbor neve virágainak illatára utal



Az árnyékkedvelő széleslevelű nőszőfű üde hegy- és dombvidéki erdeinkben ma még nem ritka

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
148. ÉVFOLYAMA



2017. 7. sz. JÚLIUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



Nemzeti
Tehetség Program



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala



EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKÉZELŐ



Nemzeti Kulturális Alap



MAGYAR MŰVÉSZETI
AKADÉMIA

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap, az Emberi Erőforrások Minisztériuma, az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő, a Nemzeti Tehetség Program, a Magyar Művészeti Akadémia és a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával.



A kiadvány a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával készült.

Főszerkesztő:
STAAR GYULA

Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 327-8950, fax: 327-8969
Levél cím: 1431 Budapest, Pf.: 176
E-mail cím: termvil@titnet.hu
Internet: www.termeszetvilaga.hu

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja
a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 327-8900

Nyomás:
PAUKÉR Nyomda

Felelős vezető:
Vértes Gábor

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06-1-3278-950
e-mail: titlap@telc.hu

Előfizetés, reklamáció:
Magyar Posta Zrt.
Telefon: 06-1-767-8262
E-mail: hirlapelofizetes@posta.hu
Internet: eshop.posta.hu
Postacím: MP Zrt., Budapest 1900.

Előfizetésben terjeszti: Magyar Posta Zrt.
Árusításban megvásárolható a Lapker Zrt. árusítóhelyein.

Előfizetési díj:
fél évre 4200 Ft, egy évre 8040 Ft

TARTALOM

Változó éghajlat – mezőgazdasági kihívások.....	290
Bartholy Judit – Pongrácz Rita: Globális és regionális klímaváltozás	
Veisz Otto – Varga Balázs: Klímaváltozás: kihívások és lehetőségek a mezőgazdaságban.....	292
Hegedüs Tibor: A planetáriumok világa – a világ planetáriumai. Ponori Thewrewk Aurél emlékére.....	295
Szabó Sándor – Filakovszky János – Tóth János: Selye, a stressz és más felfedezései.....	301
<i>E számunk szerzői</i>	306
Csaba György: Az ember neme. Első rész.....	307
Minek nevezzelek? Négy új elem (B. GY.).....	310
Hatásos kombinációk. Hudecz Ferenc akadémikussal beszélget Gács János	311
Mező Szilveszter: Óserdők mélyén, vulkánok hátán Costa Ricában.....	313
Kovács Gergely Károly: Orchideák nyomában Fejér megyében.....	317
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSEGEK</i>	321
Rözszenberszki Tamás: Hulladékból energia. Baktériumok az emberiség szolgálatában.....	324
Babinszki Edit – Gáspár Anita – Kőbányai Péter: Mire jó a feleség, ha festő?.....	327
Hérincs Dávid: Az atlanti- és csendes-óceáni hurrikánszezon.....	328
Szabó Jenő: Égből pottyant bélyegek.....	330
Bencze Gyula: Mobilitás és tudományos együttműködés.....	332
Csaba György: Az emberi természet világa (<i>OLVASÓNAPLÓ</i>).....	333
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i>	334
<i>KÖNYVISMERTETŐ</i>	336

Címképünk: A Galileo Galilei Planetárium éjszakai kivilágításban
(Buenos Aires, Argentína)

Borítólapunk második oldalán: Változatos orchideavilág (*Kalotás Zsolt* felvételei)

Borítólapunk harmadik oldalán: Űrfotók a bélyegen

Borítólapunk negyedik oldalán: Planetáriumok világszerte

Mellékletünk: A XXVI. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei. *Härtlein Károly György:* Séta az ijászat körül; *Csubák Ramóna:* Hóvirág- és vetővirág-szövettenyésztetek és a kiindulási növények enzimmintázatainak összehasonlító vizsgálata. A TIT 46. Kalmár László Matematika Versenyének döntője (2017. május 19–20.). A XXVII. Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása és a verseny szabályzata

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ,
BAUER GYÖZÖ, BENCZE GYULA, BOTH ELŐD, CZELNAI RUDOLF,
CSABA GYÖRGY, CSÁSZÁR ÁKOS, DÜRR JÁNOS, GÁBOS ZOLTÁN,
HORVÁTH GÁBOR, KECSKEMÉTI TIBOR, KORDOS LÁSZLÓ,
LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS, PAP LÁSZLÓ,
PATKÓS ANDRÁS, RESZLER ÁKOS,
SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI, SÓTONYI PÉTER,
SZATHMÁRY EÖRS, SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR, WESZELY TIBOR

Főszerkesztő: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu; 327–8960)
NÉMETH GÉZA (n.geza@titnet.hu; 327–8961)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:
HORVÁTH KRISZTINA

Változó éghajlat – mezőgazdasági kihívások

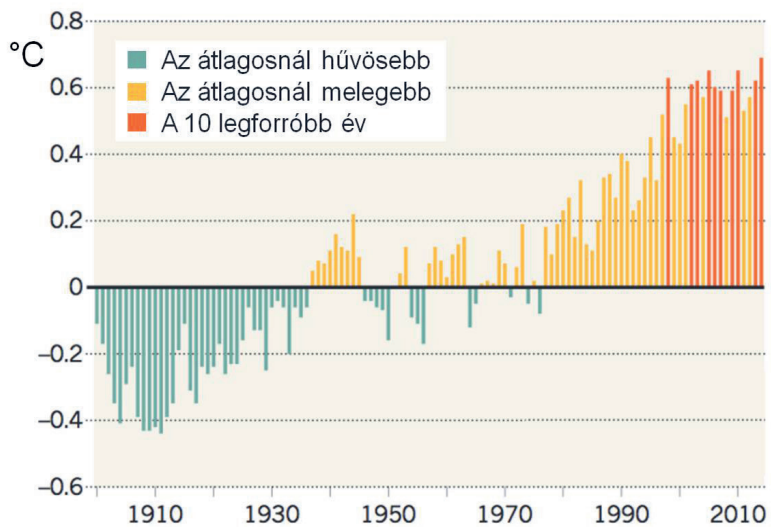
Globális és regionális klímaváltozás

BARTHOLY JUDIT – PONGRÁCZ RITA

A globális melegedés ténye mára már vitathatatlan. A rendszeres műszeres mérések kezdete óta a legmelegebb tíz évet 1998 után regisztrálták (1. ábra). Nem új keletű az a megállapítás, hogy az emberiség intenzív ipari és mezőgazdasági tevékenysége következtében változik az éghajlat. Elsőként 1896-ban Svante Arrhenius svéd kutató fogalmazta meg, hogy az emberi tevékenység hatására jelentősen növekedhet a légköri szén-dioxid mennyisége, s becslése szerint a szén-dioxid-koncentráció megduplázódása 5–6 °C-os melegedéshez vezethet. Az elmúlt évtizedek mérései és a jövőre vonatkozó becslések azt jelzik, hogy egyre közelebb kerülünk ehhez a szén-dioxid-mennyiséghez. Az ipari forradalom előtti 280 ppm-es légköri szén-dioxid-koncentráció mára 44%-kal emelkedett (IPCC, 2013), s az elmúlt évben a globális átlag-koncentráció elérte a 402 ppm-et.

Az elmúlt 800 ezer évre vonatkozó antarktisi jégfuratminták elemzéséből tudjuk, hogy míg ebben a hosszú időszakban a szén-dioxid-koncentráció 170–300 ppm intervallumban mozgott, addig az elmúlt két évszázadban 280 ppm-ről 390 ppm-re nőtt, s az optimista becslések szerint sem valószínű, hogy a XXI. század végére 560 ppm alatt tartatható (2. ábra).

Miért érdekes számunkra a légköri szén-dioxid gáz – akár kétszeresre növekvő – koncentrációváltozása, mely jelenleg a légkör 0,04%-át sem teszi ki? Az üvegházhatás 33 °C-kal növeli a felszínközeli átlaghőmérsékletet, enélkül nem lenne lakható a Föld. Annak ellenére, hogy a vízgőz hozzájárulása a legnagyobb ehhez a hőmérsékleti többlet, a többi üvegházhatású gáz fontossága is egyértelmű. Több évtizedes klímaszimulációk alapján igazolható, hogy önmagában a rövid (alig 10 napos) tartózkodási idejű vízgőz nem képes tartósan biztosítani az üvegházhatásból származó többlethőmérsékletet, s a hosszú tartózkodási idejű üvegház-



1. ábra. A XX. századi átlagos hőmérséklettől való eltérés jól mutatja a globális átlaghőmérséklet növekedését 1900-tól napjainkig

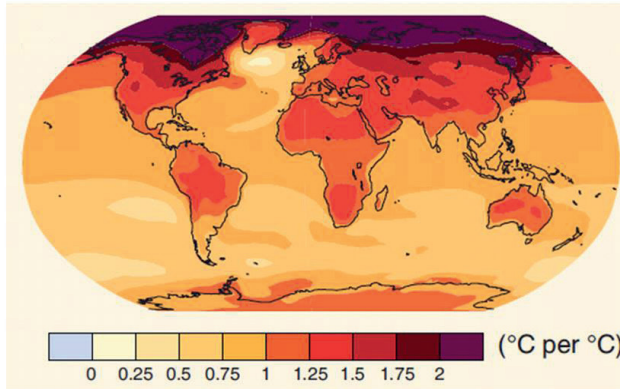
hatású gázok hiányában egy-két évtized alatt a Föld felszínének szinte teljes egésze eljegesedne (Lacis et al., 2010).

Ha ennyire fontosak az üvegházhatású gázok, köztük a szén-dioxid, akkor hogyan lehetséges, hogy nagymértékű koncentrációnövekedésük csak néhány tized °C-os globális melegedést (0,89 °C-ot a XIX. század közepétől napjainkig) okozott a légkör felszínközeli rétegeiben? Egyrészt jelentős mértékben csökkentette az üvegházgázok melegítő hatását az ugyancsak antropogén eredetű légszennyezés növekedése, mely az aeroszolkoncentráció emelkedését eredményezte. Az aeroszolrészecskék fokozódó légköri jelenléte hűtő hatást vált ki. Másrészt, az elmúlt 50 évben az üvegházhatású gázok koncentrációnövekedése miatt megjelenő többletenergia nagy része, mintegy 84%-a az óceánok felszínközeli vízrétegeinek melegítésére fordítódott, további 7%-a, illetve 5%-a a tengeri jég és a gleccserek olvadásá-

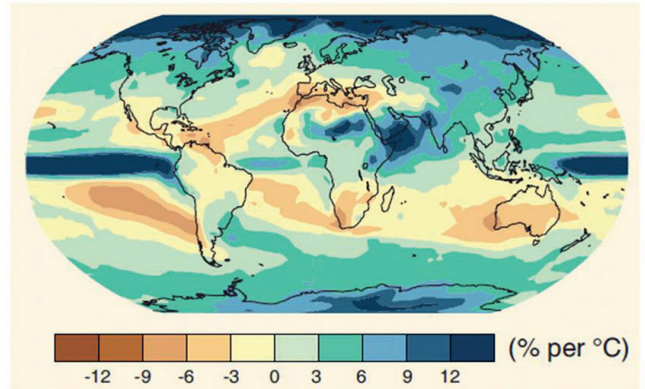
ra, illetve a szárazföldök melegítésére használódott fel, s csupán 4%-a maradt a légkörben (IPCC, 2013).

A globális éghajlati rendszer leírására elsődlegesen a globális éghajlati modellek alkalmasak. Ez a fizikai közelítés képes a légkör általános cirkulációját és annak természetes és antropogén változásait leírni. Az elmúlt évszázadra vonatkozó modellefuttatásokból következtethetünk a múltban lezajlott éghajlatváltozások okaira, s ezen információkat felhasználhatjuk a jövőre vonatkozó éghajlati becslésekhez. Az ún. ensemble módszer alkalmazása, azaz a nagyszámú modellefuttatás eredményeinek együttes elemzése lehetővé teszi a jövőre vonatkozó éghajlati becslések bizonytalanságának számszerűsítését. Például a sok modellszimuláció felhasználásával meghatározhatjuk az 1 °C-os globális felmelegedéshez tartozó hőmérsékleti és csapadékbeli változás területi eloszlását (3. ábra). Egyértelmű, hogy az északi félgömb melegedése jóval nagyobb mértékű, mint a

Hőmérséklet-változás



Csapadékváltozás



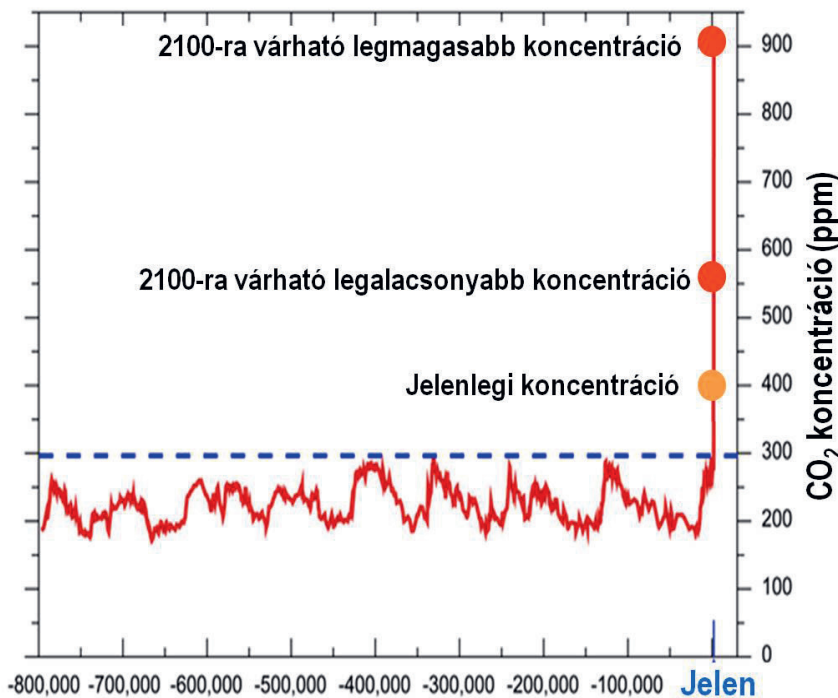
3. ábra. Az 1 °C-os melegedéshez tartozó várható klímaváltozás mértéke (IPCC, 2013)

déli félgömbé. Különösen szembetűnő az Északi-sarkvidék várható melegedése, mely meghaladja a 2 °C-ot, vagyis a globális átlag kétszeresét. Ugyancsak leolvasható az ábráról, hogy a szárazföldek melegedése lényegesen nagyobb az óceáni területeknél. A melegedéssel együtt jár a globális csapadék növekedése, mivel a melegebb légkör több vizgőzt képes befogadni, s így összességében intenzívebbé válik a felhő-

tendenciák előfordulnak. A legnagyobb csapadéknövekedés (10%-ot meghaladó mértékű) a trópusi óceáni, illetve a poláris területeken várható. Ezzel ellentétben jelentős szárazodásra számíthatunk a Földközi-tenger térségében, valamint a szubtrópusi óceáni medencék keleti részén.

A jelenlegi globális éghajlati modellek tipikus térbeli felbontása 100 km és 400 km közötti. Ha ennél finomabb térbeli fel-

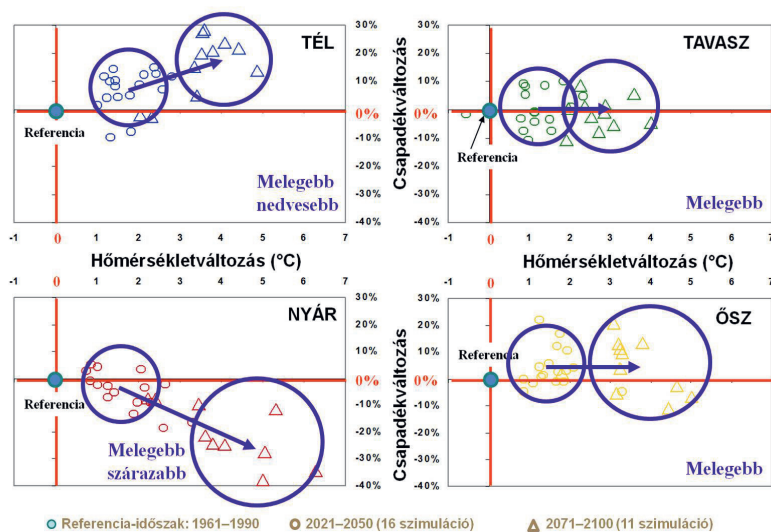
összefüggéseket használunk fel, melyek meghatározása az észlelt adatsorok alapján történt. Ez ugyan kis számítástechnikai kapacitást igényel, de ehhez a közelítéshez nagy mennyiségű, jó minőségű, hosszú mért adatsorokra van szükség, melyek általában nem állnak rendelkezésre. A módszer legnagyobb hátránya az a feltételezés, hogy a múltban érvényes statisztikai összefüggések változatlanok maradnak a jövőben esetlegesen változó klíma esetén is. (2) A dinamikus leskalázás során finom (10–25 km) térbeli felbontású regionális éghajlati modelleket használunk kisebb térségekre (kontinentális vagy annál is kisebb régiókra), amelyek futtatásához szükséges bemeneti adatokat a globális éghajlati modellek szolgáltatják. A regionális éghajlati modellek lehetővé teszik a felszíni domborzat pontosabb reprezentációját, a felszínborítottság és a talajtípusok precízebb megadását, valamint a mezoskálájú nem-lineáris hatások figyelembe vételét. A regionális éghajlati modellek alkalmazásának korlátja a nagy számítástechnikai kapacitás igény. Ugyanakkor a fizikai rendszerben lejátszódó folyamatok és kölcsönhatások korrekt leírása miatt az ok-okozati összefüggések pontosabban elemezhetők. Az alkalmazott éghajlati modellek jövőre vonatkozó szimulációi nem egyszerű fizikai előrejelzések, hanem számos társadalmi, gazdasági folyamat éghajlatra gyakorolt hatását is figyelembe veszik. A lehetséges társadalmi-gazdasági jövőképek következményeképpen alakuló üvegházhatású gázkoncentrációk határozóak meg alapvetően a különböző lehetséges éghajlati forgatókönyveket (optimistábbakat és pesszimistábbakat). Ezek tartalmazzák az éghajlati rendszer válaszait a változó környezeti és antropogén kibocsátási feltételekre. A fentiek miatt a modellbecslések bizonytalanságához jelentős mértékben hozzájárulnak a társadalmi-gazdasági folyamatok bizonytalanságai.



2. ábra. A légköri szén-dioxid-koncentráció változása az elmúlt 800 000 évben antarktisi jégfúrattminták alapján, valamint a XXI. század végére becsült koncentrációk

képződés, a víz körforgása. Ennek ellenére a nagy térbeli és időbeli változékonyság miatt a csapadék régiókénti változását jelző térképen mind növekedő, mind csökkenő

bontással szeretnénk éghajlati becsléseket készíteni, akkor statisztikus vagy dinamikus leskalázásra van szükség. (1) A statisztikus leskalázás során olyan statisztikai



4. ábra. Magyarországra várható évszakos hőmérséklet- és csapadékváltozás közepes forgatókönyvet figyelembevevő modellszimulációs eredmények alapján (Pongrácz et al., 2011)

A regionális éghajlati modelleknek a Kárpát-medence térségére vonatkozó eredményeit összegezve valószínűségi becslést adhatunk a jövőben várható éghajlati viszonyokra. A század közepére és végére várható hazai éghajlatváltozást a hőmérsékleti és csapadékbecslések együttes megjelenítésével szemléltetjük a 4. ábrán. Az 1961–1990 referencia időszak átlagos klímáját a két tengely metszéspontja jelöli ki. Ez a kétdimenziós megjelenítés lehetőséget ad az éghajlati viszonyok változásának komplexebb értékelésére: a modellszimulációk alapján tavasszal és az őszi a melegedés fog dominálni, a csapadékviszonyokban szignifikáns változás nem várható. Nyáron egyértelmű a me-

gebb és szárazabb klíma irányába történő eltolódás. A modellszimulációk nagy része az évszázad végére szignifikáns változást jelez mind a hőmérséklet, mind a csapadék esetén. Végül télen a melegedés mellett csapadékosabb klíma valószínűsíthető.

A mezőgazdaság számára is alapvető információkat szolgáltatnak a regionális éghajlati modellek szimulációi. Mind a hőmérsékletben, mind a csapadékban bekövetkező változások lényeges hatással lesznek a termesztett növényekre, ezért a zavartalan élelmiszerellátás biztosítása érdekében elengedhetetlen a stratégiai tervezés a mezőgazdasági természetben. Példaként bemutatjuk, hogy a modellszimulációk eredményei alapján

hogyan változik a tenyészidőszak hossza a XXI. század során (5. ábra). A tenyészidőszak természetesen növényenként változó, itt egy általános, a nemzetközi szakirodalomban is gyakran használt definíciót alkalmaztunk. Eszerint a tenyészidőszak kezdő időpontja az a tavaszi dátum, amikor a napi középhőmérséklet legalább öt egymást követő napon meghaladja az 5 °C-ot. Ősszel a tenyészidőszak akkor zárul, amikor ez a feltétel már nem teljesül. Magyarország két tájegységére (az Alföldre és a Dunántúli középhegység-re) kiemelve láthatjuk a tenyészidőszak kezdő és befejező időpontjának alakulását a XX. század utolsó két évtizedében, illetve az elkövetkező néhány évtizedre (2021–2080). A pesszimista forgatókönyvet tekintő éghajlati szimulációk alapján a tenyészidőszak kezdete március elejéről február közepére tolódik előre, míg a vége november végétől decemberre csúszik át. Ennek következtében a tenyészidőszak meghosszabbodik. Ennek mértéke a közeljövőre (2021–2040) vonatkozóan az Alföld térségében átlagosan mintegy 26 nap, a Dunántúli-középhegységben kb. 12 nap. A távolabbi jövőben (2061–2080) a tenyészidőszak átlagos hossza az Alföldön várhatóan kb. 1,5 hónappal, a Dunántúli-középhegységben kb. 1 hónappal növekszik.

Ezek az eredmények bizakodásra adhatnak okot a lehetséges természeti időszak meghosszabbodása miatt, de nem szabad elfeledkeznünk a modellbecslések alapján valószínűsíthető időjárási szélsőségek (pl. árvíz, aszály, aszályhullámok stb.) intenzitásának és gyakoriságának növekedéséről (Bartholy et al., 2008). A mezőgazdasági hatások részletes elemzéséhez az agrárszakemberek komplex vizsgálataira szükség van.

Klíma változás: kihívások és lehetőségek a mezőgazdaságban

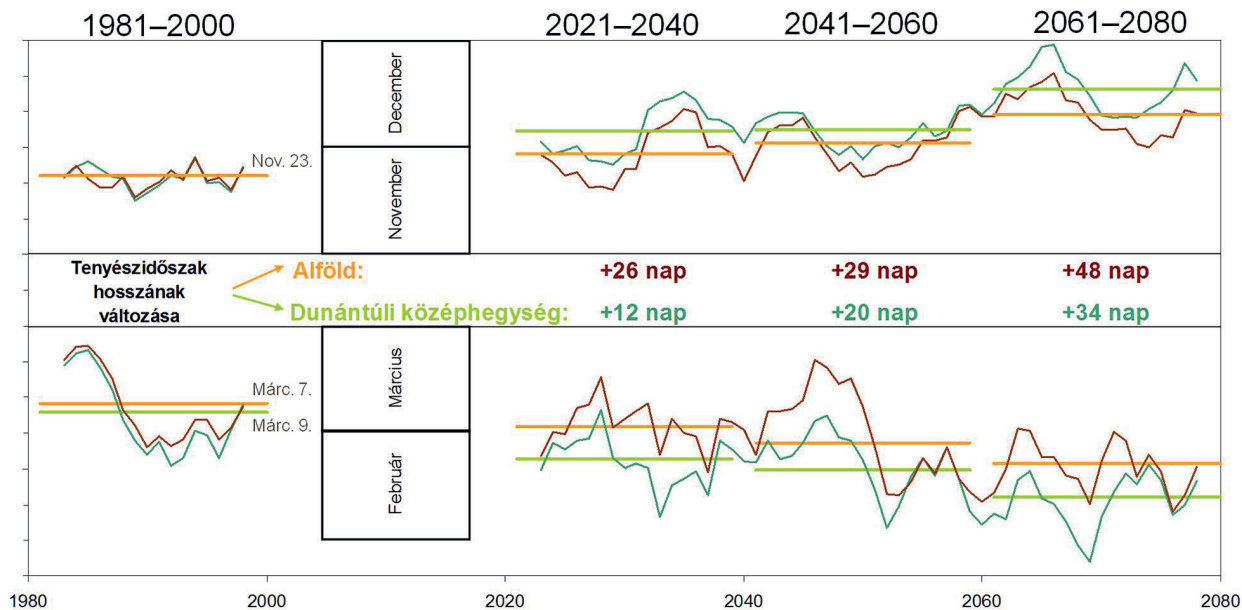
VEISZ OTTÓ – VARGA BALÁZS

Aszántóföldi növénytermesztés a globális klímaváltozás okozta időjárási szélsőségeknek talán legnagyobb mértékben kitett nemzetgazdasági ágazat. Magyarország éghajlata és az ország talajadottságai alapozzák meg hatékony mezőgazdasági termelést. A növénytermesztési programok eredményeként újabb és újabb növényfajták biztosítják a termesztéshez a megfelelő genetikai alapot, azonban az új fajtákban rejlő nagy potenciális termőképesség elérését számos hatás gátolhatja, melyek

közül az időjárási szélsőségek okozta veszteségek a legjelentősebbek. Míg a kultúrnövények jelentős része a hosszabb időtávban megfigyelhető kisléptékű változásokhoz képes alkalmazkodni, addig a klimatikus tényezők extrém kilendülését csak a legkiemelkedőbb alkalmazkodóképességgel rendelkező fajták képesek komoly termésvesztés nélkül átvészelni.

Az MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézetben már évtizedek óta zajlik a klímaváltozás és az

azt kiváltó légköri CO₂-koncentráció-emelkedés növényekre gyakorolt pozitív és negatív hatásainak kutatása. A múltban sokszor kétségbe vonták, hogy egyáltalán változik-e a klíma globálisan vagy helyi szinten. Aki mezőgazdasággal foglalkozott és foglalkozik, az látta és tapasztalta napjainkban is, hogy eddig is voltak aszályos évek, árvizek, belvizek, enyhébb és hidegebb telek. Az élő és élettelen környezet változékonysága kapcsán fellépő folyamatos kihívások a szakma velejárási.



5. ábra. Pesszimista forgatókönyvet figyelembevévó modellszimulációs eredmények alapján a melegedés hatására várhatóan növekszik a tenyészidőszak hossza (amikor legalább öt napig a napi középhőmérséklet meghaladja az 5 °C-ot) Magyarországon

Napjainkra a folyamatos technológiai fejlődés lehetőséget ad a jövőben várható klimatikus feltételek modellezésére. Martonvásáron az éghajlatváltozás várható hatásának kutatásához kiváló technikai feltételeket kínál a *fitotron*, mely Európa egyik legnagyobb és legfejlettebb növénykísérleti nagyberendezése. A fitotron növénynevelő kamráiban, a külső környezeti feltételektől függetlenül, programozhatóan és reprodukálhatóan végezhető el kísérletek. A növénynevelő egységekben az összes fontos környezeti tényező szabályozható és a Föld bármely, a növénytermesztés szempontjából fontos részén előforduló klimatikus viszonyok előállíthatók. Nemcsak napjaink időjárása szimulálható, hanem az ötven, vagy száz év múlva várható környezeti feltételrendszer is programozottan megvalósítható és vizsgálható annak hatása a növények növekedésére és fejlődésére. A fitotronban a klímamelemek túlmenően (hőmérséklet, páratartalom, sugárzás-intenzitás, vízellátás) lehetőség van a légkörszén-dioxid módosítására is, így a CO₂-koncentráció is szabályozható. A különböző környezeti tényezők hatásainak interakciójára is adottak a lehetőségek.

Az előrejelzések alapján a Kárpát-medence térségében a klímaváltozás legfontosabb növénytermesztést érintő hatásai az alábbiak. A csökkenő nyári csapadékmennyiség aszályt és vízhiányt idéz elő. A növekvő téli csapadékösszeg árvíz- és belvízveszélyt okoz. A növekvő csapadékkoncentráció csökkenő csapadékvíz hasznosuláshoz vezet és az elfolyó víz növeli

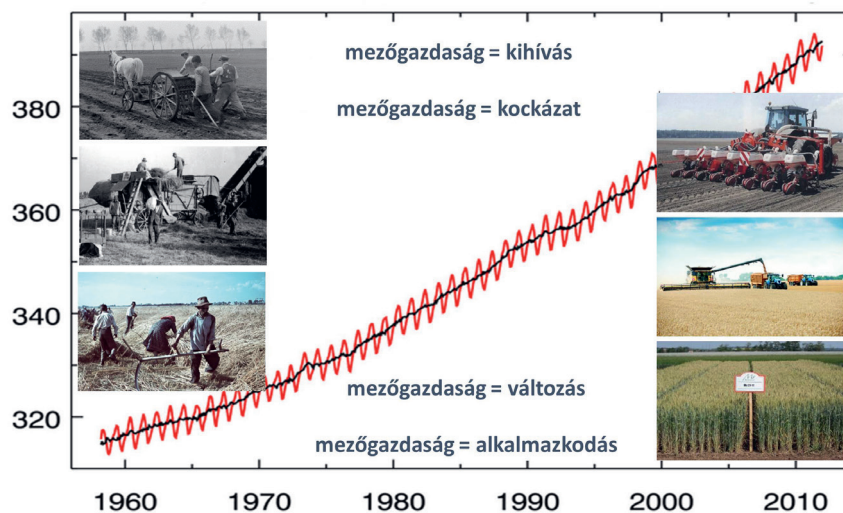
a talajeróziót. Az emelkedő hőmérséklet hozzájárul az aszály kialakulásához és következtében rövidül a vegetációs periódus.

Alkalmazkodási lehetőségek

A kedvezőtlen környezeti hatások okozta veszteségek csökkentésére két lehetőség kínálkozik. Az egyik a fajok és fajták genetikai állományának fejlesztése, ami

sa, ideértve a vízmegőrző talajműveléstől kezdve, a precíziós növénytermesztési technológiák alkalmazásán át az öntözéses gazdálkodásig bezárólag minden elemét a technológiának.

A Kárpát-medencében a növénytermesztés eredményességét várhatóan a legnagyobb mértékben korlátozó tényező a víz lesz, ezért az átfogó vízgazdálkodási intézkedések mellett a mezőgazdasági termelésben is minden technikai és technológiai fejlesztési lehető-

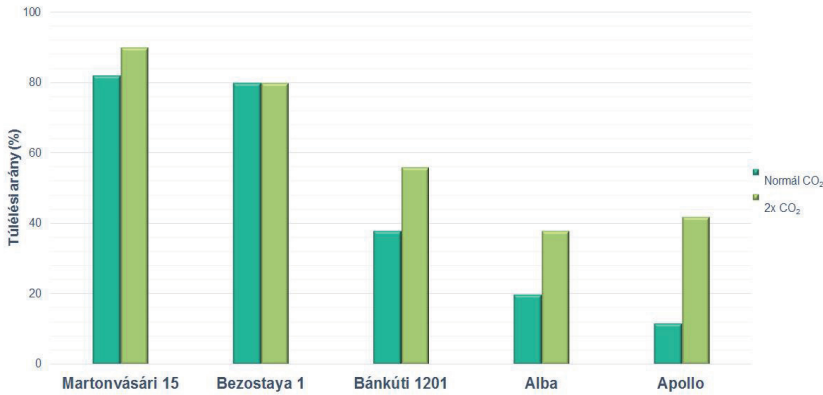


6. ábra. A mezőgazdasági termelés sajátosságai

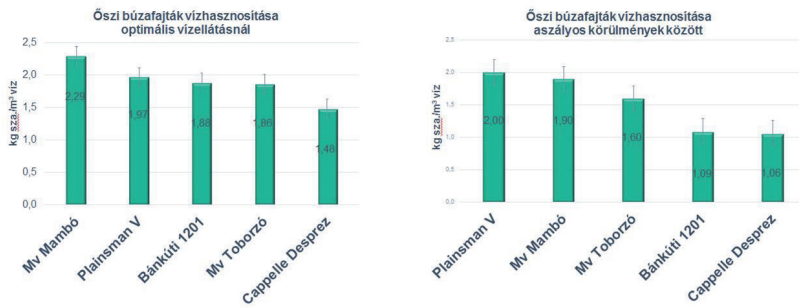
a klimatikus szélsőségeknek jobban ellenálló növényfajták nemesítését foglalja magába. A másik új termeszéstechnológiai eljárások kidolgozása és alkalmazá-

séget kihasználunk rendelkezésre álló vízkészletek hatékony felhasználása érdekében.

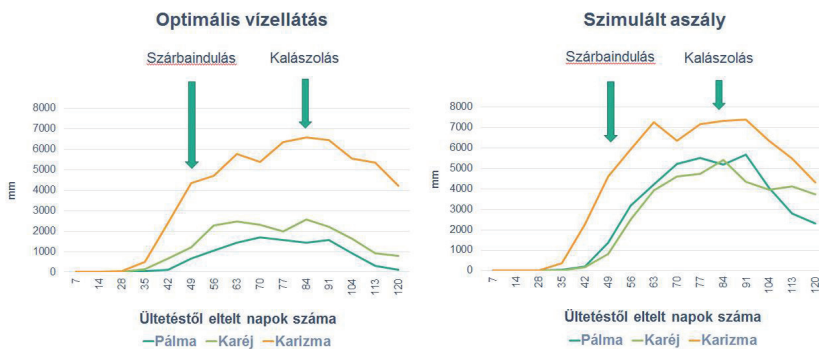
Kutatási programunk első lépéseként (7. ábra) a globális klíma várható változásá-



7. ábra. Őszibúza-fajták fagyállósága, normál légköri és kétszeresre emelt szén-dioxid-koncentráción



8. ábra. Őszibúza-fajták vízhasznosító képességének összehasonlító vizsgálata optimális és limitált vízellátás mellett



9. ábra. Őszibúza-fajták gyökérfejlődésének üteme 75 cm-es talajmélységben optimális vízellátás és szimulált aszály esetén

nak modellezésével megállapítottuk, hogy az egyes szántóföldi növényfajok és fajták hogyan reagálnak a megemelt légköri CO₂-koncentrációra, a megemelt vagy éppen extrém alacsony hőmérsékletre, vízhiányra stb.

A vizsgálat sorozat folytatásaként már a különböző abiotikus környezeti tényezők hatásait egymással, illetve biotikus

faktorokkal (növénybetegségek) kombinálva végeztünk megfigyeléseket szabályozott klimatikus körülmények között. A kalászos fajok és fajták stressztűrő képességének meghatározását követően a kutatások fő irányát az erőforrás-felhasználás hatékonyságának irányába fordítottuk, ugyanis például a növények vízhasznosító képessége kulcs-

fontosságú tényező a szárazságtűrőben. A vízhasznosítás hatékonyságát az mutatja, hogy a növény a fejlődése során egységnyi mennyiségű víz felhasználásával mennyi szemtermést képes előállítani különböző környezeti feltételek mellett (8. ábra).

A víz- és tápanyaghasznosító képesség szorosan összefüggnek, közös bennük továbbá, hogy mindkét paraméter alakulásában alapvető szerepe van a növények gyökérfejlődésének. Az, hogy mikor, melyik talajrétegben, hogyan és mennyi vizet és tápanyagot képes felvenni a gyökérzet, alapjaiban határozza meg a növény alkalmazkodóképességét (9. ábra).

A kísérleteink során tesztelt nagyszámú növényfaj és fajta között tapasztalt különbségek egyrészt lehetőséget nyújtanak a megváltozó környezeti feltételek mellett is jobb alkalmazkodóképességgel rendelkező genotípusok szelekciójához, másrészt pedig ezek a genotípusok lehetőséget teremtenek a nemesítésben hagyományos és molekuláris nemesítési módszerek alkalmazásával új fajták előállítására.

A globális klímaváltozáshoz történő alkalmazkodás egyik legfontosabb célkitűzése az élelmiszer-ellátás biztosítása, mely stratégia komplex megoldást igényel, ami a növényfajta választásától kezdve, az alkalmazott termesztéstechnológián át a betakarított termény raktározásáig terjed. Ezért is rendkívül fontos a kutatási- és a termelői kapacitások fejlesztése, beleértve a teljes innovációs láncban résztvevő humán erőforrások képzését, az új biológiai alapok létrehozását, valamint az okszerű termelési rendszerek alkalmazását. ▶

Irodalom

Bartholy J., Pongrácz R., Gelybó Gy., Szabó P., 2008. Milyen mértékű változás várható a Kárpát-medence éghajlati szélsőségeiben a XXI. század végére? *Léggör*, 53/3. 19–23.

IPCC, 2013. *Climate change 2013: The physical science basis. Contribution of working group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M., eds.) Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 1535p.

Lacis, A.A., Schmidt, G.A., Rind, D., Ruedy, R.A., 2010. Atmospheric CO₂: Principal Control Knob Governing Earth's Temperature. *Science*, 330, pp. 356–359.

Pongrácz R., Bartholy J., Miklós E., 2011. Analysis of projected climate change for Hungary using ENSEMBLES simulations. *Applied Ecology and Environmental Research*, 9(4), 387–398.

HEGEDÜS TIBOR

A planetáriumok világa – a világ planetáriumai

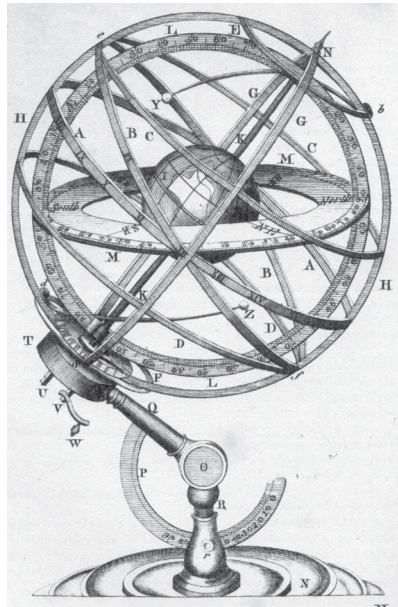
Ponori Thewrewk Aurél emlékére

E mberi kultúránk számtalan területre alakul át napjainkban. Sok minden, ami meghatározó szerepű volt korábban, eltűnni látszik, funkcióját új típusú dolgok veszik át. Szélsőséges vélemények kísérik ezeket az átalakulásokat – sokan üdvözlik, és örömmel támogatják a változásokat, de sokan drámaian, a szomorú vég felé közeledés baljós előjeleiként élik meg ugyanezeket. Ilyen terület a nyomtatott könyvek világa, és intézményi környezetük: a könyvtárak – amelyek az e-bookok és más elektronikus kiadványok térhódításával küzdenek, vagy a közösségi mozikultúra, amit a home video és a kábel-tévé-rendszer előretörése igyekszik lebontani. De ilyen az új nemzedékek oktatásának, a tudás átadásának rendszere is (ha sokan még nem is érzik azokat a folyamatokat, amelyek már megindultak).

Egy ilyen változó korban próbálja megtalálni helyét, és megőrizni létjogosultságát egy különleges intézménytípus is: a *planetárium*. Bár napjaink kultúrájának sok más területéhez hasonlóan ez is évszázados hagyományokra nyúlik vissza, láthatóan nem vesztese, hanem inkább az új digitális és virtuális világ térhódításának nyertese. Folyamatos térhódítása, terjedése egészen nyilvánvalóan annak tulajdonítható, hogy olyan látványt, élményt tud nyújtani a legkülönbözőbb korosztályba tartozók számára, ami a jelenlegi és közeljövőbeli eszközökkel odahaza, illetve más módokon nem valósítható meg.

A mai típusú planetáriumok előfutárai, történelmi előzmények

Ha évezredek távlatban akarunk találni olyan eszközöket, amelyek valamilyen szinten kapcsolatba hozhatók a mai planetáriumokkal, el kell szakadnunk ezek számtalan jellemzőjétől, és csak a lényegre figyelni. Maga a „planetárium” szó olyan eszközt jelöl, amely a bolygók (mozgásának) bemutatására szolgál – egy bizo-



Egy összetett armillaris szféra ábrája (1771) (Forrás: *Encyclopaedia Britannica*)

nyos pontossági szintig. A legrégebbi ilyen tárgy (egyre szélesebb körben elfogadottan) az *antiküthérai mechanizmus*. Ezt egy a Földközi-tengerben elsüllyedt hajóroncsban találták 1902-ben, elkészítése Kr. e. 212–205 közé tehető. Sokan úgy vélik, hogy megalkotója maga a szürakuszai Arkhimédész lehetett. Igen elkorrodálódott az évezredek során, de a legutóbbi időben elvégzett röntgen-átvilágításos vizsgálatokat követő modellezés eredményeképpen világossá vált, hogy kb. 40, gondosan megtervezett és kivitelezett fogaskerék-rendszeréből áll. Ezek mozgásba hozásával valószínűsíthetően az összes akkoriban ismert bolygó (és a Hold) égi pozícióját lehetett előállítani.

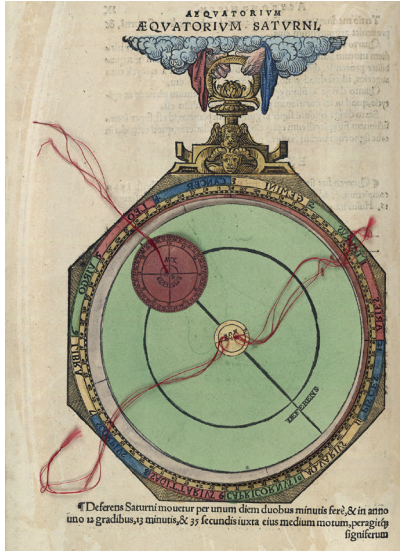
Nagyjából ugyanezekben az időkben a fémművesek már készítettek olyan szemléltető eszközöket, amelyek a fő égi köröket, köztük az ekliptikát és rajta az állatövi csillagképek pontos elhelyezkedését

is mutatták – ezek az *armillaris szférák*. A legkorábbi ilyen eszköz leírása Kínában maradt fenn a Kr. e. IV. századból – gömbjét megfelelő áttételekkel vízi erővel forgatták. De művészi kivitelű darabok maradtak fenn az arab világban és Európában is.

A planetáriumok előfutárának tekinthető még egy érdekes, többnyire festett, feliratozott papírból, tengely körül forgathatóan elkészített többretegű segédeszköz, az úgynevezett *ekvatórium*. A Nap égi mozgását pontosan modellező változata a Kr. u. V. században bukkan fel a görögök-nél, a Napon felül a bolygók mozgását is pontosan bemutató változatok leírását pedig egy 1276–79 között készült európai műben találjuk meg. Az újabb történelmi kutatások szerint ez a leírás egy korábbi arab forrásmunkán alapul – tehát valószínűsíthető, hogy ezt az eszközt is elterjedten használták a csillagászok.

Amint közeledünk a modern kor felé, az első igazán látványos, égbolt-megjelenítés is megszületett: a híressé vált „gottorfi glóbusz”. *Adam Olearius* matematikus-könyvtáros irányításával épült meg 1654–64 között. Ez volt a csillagos égbolt első olyan ábrázolása, amely nem az „isiteni nézőpontból”, azaz tükörképként, hanem a csillagképek valódi látványát mutatta. Ehhez egy közel 4 méter átmérőjű, zárt gömbhéj szerkezet készült, amelybe egy csapóajtón keresztül juthatott be néhány érdeklődő. A gömb átlátszatlan burkolatának belső felületére festették fel a csillagképeket, a fényesebb csillagokat pedig fényes, arany csillagocskákkal szimbolizálták. A benn helyet foglalók számára egy olajlámpás fénye segítette a csillagos égbolt megfigyelését. A gottorfi gömb később kalandos utat járt be a történelem viharai során, de renovált változata ma is megtekinthető Szentpéterváron.

Később még egy hasonló, de kisebb gömb is készült, *Erhard Weigel* irányításával 1670–1700 között. Ebben rejtett világitással sarki fényt, meteorológiai jelen-



A Szaturnusz ekvatóriuma (Johannes Schöner: Opera Mathematica, 1551)

segeket és meteorokat is tudtak szemléltetni. Az égbolt látványának ilyen módon történő szimulálása még sokáig nem vesztett értékéből: Robert Long Cambridgeben 1758-ban már egy 5,5 méter átmérőjű csillagömböt épített meg, amelybe állítólag harminc embert is be tudtak engedni egyidejűleg. 1871-ig végeztek bemutatókat ezzel az eszközzel. Végül pedig egy Wallace Atwood nevű chicagói szakember 4,5 méteres éggömbjét érdemes megemlítenünk, amely bár 1912-ben készült, de némi renoválás után a mai napig működik, és fogadja a látogatókat. Ez nem csupán a legfényesebb 700 csillag pozícióját tudta élethűen bemutatni, de egy ügyes trükkkel még az égi látszólagos bolygómozgásokat is láttatta (az egymás utáni pozíciók lyukait takaró lemezek kívülről, egy segéderő által történő kinyitásával-becsukásával). Az éggömb napi látszó forgását is szimulálni tudta az egész gömb motoros forgatásával.

E statikus, meglehetősen passzív szerkezetekkel párhuzamosan az ipari forradalomhoz méltó, kellő bonyolultságú mozgó gépezetek (időt és pozíciókat mutató órászerkezetek, ill. később a valós kinézetet is közelítő ábrázolások) is megjelentek, amelyek lenyűgöző módon mutatták be a Föld, a Hold, és a nagybolygók mozgásait. Az első ilyen szerkezeteket Bösch (1653), és Huygens (1665–81) készítette. De széleskörűen az Orrery 4. grófjának megrendelésére készült másolat híre járta be a korabeli világot, így az ilyen jellegű szerkezetek azóta *orrárium* nevet viselnek. A legszebb és talán legnagyobb korabeli orrárium a mai napig létezik, és látogatható: a hollandiai Franekerben található az Eise Eisinga Planetárium mennyezetén. Készítője: Eise Eisinga (1774–1781 kö-

zött). Az orrárium szerkezetek már átvezetnek a mai korba: ugyanis a legnagyobb, legbonyolultabb ilyen szerkezet már a XX. század terméke. Oskar von Miller (a müncheni Deutsches Museum igazgatója) a Zeiss cég főmérnökét, Franz Meyert bízta meg 1905-ben egy minden korábrinál nagyobb orrárium elkészítésével. Egy nagy terem mennyezetén kialakított bonyolult mechanizmus méreteit jellemzi, hogy pl. a Szaturnusz pálya átmérője 11,25 méter. Az 1924-re elkészült szerkezet az égbolt állatövi csillagképeinek 180 csillagát az ekkor már létezett elektromos izzókkal jelenítette meg az oldalfalakon.

Mind az orráriumok, mind az éggömbök egyedi termékek voltak, amelyeket a világ nagyon kevés pontján, helyhez kötötten lehetett használni. Egy-egy adott időpontban is kevés ember juthatott általuk lebilincselő élményhez és tudáshoz – így egész működési idejük tartama alatt is igen korlátozott számú érdeklődő részesülhetett mindebben. Azonban az emberiség lélekszáma a gottorfi glóbusz elkészültétől a Zeiss orráriumának működésbe lépéséig megnégyszereződött, az írástudó, polgáriasult lakosság száma még nagyobb mértékben nőtt. A kulturálódási igények egyik területe volt a csillagok világának élményszerű bemutatása – amihez a korábbi megoldásoknál jóval könnyebben reprodukálható, sorozatban gyártható, bárhol letelepíthető eszköz kellett volna feltalálni. Az akkori kor egyik vezető műszeripari cégénél, a Zeissnél meg is bízták az akkori egyik főkonstruktőrt, Walther Bauersfeldet (1879–1959), hogy alkosson meg valamilyen látványos szemléltető szerkezetet. Hosszú ötletelés után Bauersfeld olyan tervvel állt elő, amely minden korábbi megoldástól különbözött! Egy csillagvetítő szerkezetet alkotott meg, öt-, és hatszög alakú síkidomokkal közelítve a gömböt – és az egyes burkoló síkidomokat a megfelelő égtérületről készült, jó minőségű, pozitívba fordított fotolemezek alkották*. Az egészet belülről egy erős fényű lámpával világította meg, és az egyes síkidomok fénypontjait egy-egy lencsével képezte le az egész vetítőszerkezet köré épített nagy átmérőjű, félgömb alakú vetítőfelületre. Összesen 4900 csillagot tudott megjeleníteni. Az így kapott vetítőszerkezetnek az égbolt napi és éves mozgását lehetővé tevő tengelyt és motort adott. A bolygók, a Hold és a Nap külön mozgatható, kisebb egyedi vetítőket kaptak. Ezzel új korszakot teremtett: megszületett a mai, korszerű planetárium! Az első 1923-ra készült el, és Mark

* A későbbiekben parányi lyukakat fűrtak vékony fémlemezekbe, és ilyen lapkákat világitottak át belülről. Ezekkel jobb kontrasztot lehetett elérni, mint a fotolemezekkel.

I. névre keresztelték – ez csupán a Jénából látható égboltot tudta bemutatni. A vetítéshez egy 16 méter átmérőjű, félgömbkúpolás termet építettek. Hamarosan elkészült a javított verzió, a Mark II., amely tetszőleges földrajzi hely fölötti égboltot is be tudta mutatni – ennek megfelelően ez már 8956 csillagot jelenített meg.

Az opto-mechanikus planetáriumok hősora

A jénai ősbemutatót olyan frenetikus sikersorozat követte, aminek folyamányaként a Zeiss sorra kapta a megrendeléseket. A két világháború között Berlin, Düsseldorf, Róma, Párizs, Chicago, Los Angeles és New York nyitott meg hasonló égbolt-vetítő termeket – azaz planetáriumokat. A szélesedő piac üzleti sikerrel is kecsegtetett, így a második világháború után az amerikai Spitz is elkezdett saját planetáriumokat gyártani (1947-től). A cég kivetítőin kívül még sikeresebbé vált speciális vetítőkupoláival, amelyből mára már több, mint kétezret telepítettek világszerte. Japán is beszállt a planetáriumgyártásba 1957-ben



Giovanni Dondi dell'Orologio által 1348 és 1364 között készített asztrárium (csillagászati óra) rekonstrukciója. 7 példány készült, ez a Leonardo da Vinci Múzeumban (Milánó) található. Kb. 80 kg és csaknem 1 m magas

(a Minolta jogelődjével, a Chiyoda Optical Seiko Co. nevű céggel), majd a később sokkal szélesebb körű ismertségre szert tett Goto nevű céggel (amely egyébként már 1926 óta létezett, és távcsöveket, ké-

sőbb a planetáriumokon kívül orvosi be-
rendezéseket is gyártott). Ezeken felül
egy-két, kisebb sikereket elért cég is pró-
bálkozott opto-mechanikai planetáriumi
vetítők fejlesztésével és gyártásával, de a
világ „klasszikus” planetáriumainak fel-
szereltségét döntő részben a Zeiss, a Goto,
a Spitz és a Konica-Minolta adta. A digitá-
lis planetáriumi korszak körülbelül 1994-
re tehető beköszöntéig számtalan techni-
kai fejlesztésen ment át a planetáriumi mű-
szertechnika. Már a legelején is szeniális
ötleteket vonultattak fel a tervezők: pl. a
horizont alatti csillagok automatikus eltű-
nését a vetítőlencsék elé helyezték, forgó,
ellensúlyos takarólemezekkel oldották
meg. De idővel a Tejút, a bolygók holdjai,
a fogyókázások, meteorrajok és még más
különlegesebb, érdekesebb effektusok is
bemutathatóvá váltak. A planetáriumok to-
vábbi kiegészítőket is alkalmaztak műso-
raikhoz: hangtechnikát, diavetítőket, film-
vetítőket, lézereket. A tartalomfejlesztés is
egyre magasabb szintre jutott. A mai, kor-
szerű planetáriumi technika reneszánszát
újabb innovációval sikerült elérni, amely-
ben ismét a Zeiss járt az élen: a csillagokat
száloptikákkal vetítik, amellyel minden
eddiginél nagyobb fénysűrűséget sikerült
biztosítani, így a kupolán megjelenő csil-
lagok sokkal realiztikusabbak, a fényes-
ségkülönbségeket nem a kivetített korong
méretével kell megvalósítani (ez a régi,
lyuk-maszkos technika velejárója volt),
valamint a valós színek és a szcintilláció
hatása is megjelenhetett. Egy gond van:
ezek a vetítők méregdrágák. A csillagászat
iránti lelkesedés és érdeklődés azonban
egy jóval olcsóbb megoldást is talált az el-
múlt években...

Digitális „szép új világ”

Az ezredforduló felé közeledve a képal-
kotás az analóg fotográfiai technika felől
egyre gyorsulva eltolódott a digitális CCD
(és CMOS) szenzorokra alapuló technika
felé. A digitális képek kivetítéséhez új
technológiára volt szükség – bár az alapok
megmaradhattak (nagy fényszerű izzó, hő-
elnyelő szűrő, és tökéletes lencserend-
szer). Az új projektor-technológia nagy te-
rekben történő alkalmazhatóságához gyors
fejlesztésre volt szükség, hogy a megjele-
nítés minősége elérje, netán meg is halad-
ja a digitális eszközökkel létrehozott ké-
pek színárnyalati-, és képpont-felbontását.
Ez csak 1999-ben sikerült (Texas Instru-
ments), és még mind a mai napig elmarad
az elvárásoktól, igényektől. Például míg a
félvezető ipar 5000 x 5000 pixeles kép-
felvételre csipeket könnyedén tud gyártani,
virtuális térben, grafikus számítógépekkel
pedig akár több tízezer pixeles képek is ge-

nerálhatóak – a vetítésre alkalmazható leg-
nagyobb DMD panelek mérete tipikusan
2500 pixelt alig haladja meg (a hosszanti
oldalon). A 4000 pixeles méretet ezekben
az években érik el. Valószínűsíthető, hogy
a jövő más technológia irányába történő
elkanyarodást fog szükségessé tenni (pl.
már léteznek lézeres projektorok is).

A digitális planetáriumok világa az
opto-mechanikusokénál lényegesen ol-
csóbb eszközökre, a nagy profesz-
zionális projektorokhoz tervezett
halszemoptikákra, és planetáriumi
szoftverekre épül. Ez utóbbiak a digitális
planetárium hardverrel egyenrangú, kulcsfontosságú sze-
replői – mert míg a hagyományos
planetáriumok vetítői maguk ad-
ják a bemutatható látványt, emitt a
szoftver nélkül csak egy egyszerű
vetítőnk van, ami legfeljebb koc-
kánként lefényképezett képeket,
vagy filmet tud vetíteni. E szoft-
verek legfrissebb verziói a csilla-
gászat nagy adatbázisait is kezelni
tudják, így mára már lehetővé vált
képzeletbeli 3D utazást is tenni
a világűr mélységeibe, a csilla-
gok valódi térbeli távolságkülön-
bségeinek láttatásával. A műsor-
készítést is speciális programok
szolgálják. Ilyen pl. a népszerű
Worldwide Telescope program.

A pixelezettség miatt a csillagok megje-
lenítési minősége általában elmarad a ha-
gyományos planetáriumi vetítők élethűbb
ábrázolásához képest. Ezt a körülményt
új információs technológiai megoldások-
kal lehet némiképp javítani (több pro-
jektor alkalmazása, ami további speciá-
lis technikák és szoftveres megoldások
bevezetését tételezi fel). Ezzel egyide-
jűleg azonban egy ilyen rendszer költ-
ségei is közelíteni kezdik a hagyomá-
nyos égbolt-vetítőkét. Azonban ne fe-
lejtjük el: a digitális planetáriumi pro-
jektor lehetőségei messze túlfutnak az
opto-mechanikusakéin. A legaktívabb,
legsikeresebb planetáriumok ma a két
technológia kombinálására esküsznek:
ezek a *hibrid rendszerek*. Magát a csil-
lagos égbolt kivetítését opto-mechanikus
vetítőfőj biztosítja (lehet ez bármelyik
nagy gyártó bármelyik modellje), és a kö-
zépponttól valamilyen mértékben eltolt
helyzetű digitális projektor(ok) pedig a
plusz lehetőségeket nyújtják.

A világ planetáriumai

Nehéz pontosan megmondani, hány pla-
netárium is működik a világban. A gyár-
tói honlap szerint csak maga a Goto 1000
feletti installációt jegyezz. Persze ennek

jelentős hányada lehet a legkisebb, ottho-
ni EX-3, vagy az eggyel nagyobb, „osz-
tálytermi” modell (a híres E5), amelyek
valószínűleg fel sem kerültek a nemzet-
közi adatbázisokba. Az interneten fellel-
hető legkiterjedtebb nyilvántartás közel
600-at említ, amelynek 43%-a az ame-
rikai, valamivel több, mint 40%-a pedig
Európában található. Ázsia mindössze
15%-ot mondhat magáénak, míg Afriká-



**A gottorfi glóbusz ma. Jól látható a nyitott
csapóajtó, amin keresztül be lehet menni a
belsejébe (Kunstammer, Szentpétervár)**

ban és Ausztráliában az adatbázis szerint
csak 6–6 db működik (a valóságban nyil-
ván ennél több).

A legnagyobb

Körképünket természetesen a legnagyobb-
bal kezdjük. Ha fizikai méretekkel aka-
runk jellemezni egy planetáriumot, a
„mesterséges égbolt” félgömbjének átmé-
rője lehet alkalmas mérőszám. Ismert tény,
hogy annál realiztikusabb a mesterséges
égbolt látványa, minél távolabb van a ve-
títési felület a nézőktől. Kb. 10–12 méter-
nél van az a határ, aminél kisebb átmérő-
jű gömbfelület távolságát még „érezzük”,
az annál nagyobbaknál már elveszítjük a
közelség érzetét. A vetítőfelületet millió-
nyi apró lyukacskaival ellátott könnyűfém
lapok ívelt vázra történő hajlításával, sze-
gecselések rögzítésével képezik ki. A lyu-
kak olyan méretűek, hogy a nézők vetítés
közben ne lássák azokat, de rajtuk kellően
át tudjon szellőzni a kupola alatti tér, és az
akusztikai csillapítást is ellássák. A kupo-
la átmérőjének növelése az ár gyors növe-
kedését vonja maga után. De ezen felül a
vetítők fényteljesítményének is nőnie kell
(a vetítőfelület sugara négyzetével arányos
mértékben), hogy a kép ne legyen fénysze-
gény, ez pedig a vetítőrendszer árát drágít-

ja. Mindazonáltal a világban sok planetárium van, amely 30–33 m-es átmérőjű kupolát mondhat magáénak. Ebből a „klubból” emelkedik ki a jelenlegi legnagyobb: a 35 m-es kupolájú nagojai „Brother Earth”^{***} Planetárium. Ez a *Nagojai Tudományos Múzeum* részeként működik. A csillagászati rész igazából már 1962-ben megnyílt, azonban a jelenlegi új planetárium 2011-ben, egy nagy felújítási program ré-

ké 500 jen^{***}. További érdekesség, hogy a klimatizálás teljesítmény-igényét az épület tetőpázsitjával, és a homlokzat hatalmas, 1500 m²-nyi felületű „zöld fal”-ával természetes módon csökkentik (ezt időjárás-álló borostyán alkotja). A déli üveghomlokzat mögött napelemlal található, amely összesen 7 kW teljesítménnyel járul hozzá a működés fenntartásához. Ezen felül két szélgenerátor is az épület része, amelyek 6 kW hozzájárulást képesek adni (kellő szél esetén).

A legmagasabb

Sem méretében, sem technikai megoldásában nem kiemelkedő, de a hely tengerszint feletti magassága tekintetében mindenképpen rekorder (2877 m-en található) a nemrégiben átadott *Pic du Midi* (Franciaország) planetárium. A világhírű magashegyi obszervatórium látogatói program-



Eise Eisinga által 1774–1781 között készített mennyezeti orrárium (Royal Eise Eisinga Planetarium, Franeker, Hollandia)

szeként kezdhetette meg működését. Méretével a Guinness Rekordok Könyvébe is bekerült. A csillagos égboltról egy Zeiss Universarium IX. és 6 digitális vetítőfej koordinált működése gondoskodik. A nézőtér a nagy kupolaátmérő ellenére „csak” 350 fős befogadóképességű. A planetáriumon kívül 10 teremben összesen 7500 m² kiállítótere van az intézménynek. A műszaki-technikai épületrészt 1964-ben adták át a nagyközönségnek, míg a legfiatalabb egységet, a biológiai-élettudományit csak 1989-ben. A tetőn egy csillagvizsgáló, a földfelszínen pedig külső kiállítóter is szolgálja az ismeretterjesztést. Körképünknek az is célja, hogy hazánkban is átvehető ötleteket vonultassunk fel – ezért kiemelendő, hogy 9 m-es magasságú „tornádó laboratórium” mutatja be a légörvények sajátosságait, egy „mélyhűtött terem” pedig mínusz 30–35 fokos hőmérsékletet, azaz a sarkkörön túli viszonyokat, a jég viselkedését, sarki fényt, és egyéb különlegességeket tesz szemléletessé. A honlap tanúsága szerint az elmúlt években évi 312 ezer fős látogatottságot érték el. A belépés kisiskolásoknak ingyenes (!), a felnőtt (mindenrová történő belépésre jogosító) jegyek ára 800, míg a középiskoláso-

jának támogatására kialakított planetárium mesterséges égboltja 7 méter átmérőjű, amelyet az egyik legrégebbi távcsőkupolán belül alakítottak ki, és kb. 45 főt képes befogadni. Vetítője a francia RSA Cosmos planetárium-gyártó cég műszere: a kupola pereménél felszerelt 2 db Barco F50 projektor.

Egy patinás

Az USA legelső planetárium, az *Adler Planetarium* (Chicago) még ma is a legjelentősebbek közé tartozik. A Michigan-tó partjánál kialakított múzeumi negyedben számtalan látványosságot kínálnak az érdeklődőknek: van itt akvárium, múzeum, színház. A planetárium egy gazdag üzletember nevét viseli, *Max Adlerét*, aki 1928-ban unokaöccsével, *Ernest Grunsfelddel* Németországban járt, ahol meglátogatták a pár évvel ezelőtt indult müncheni planetáriumot. Ez akkora benyomást tett mindkettőjükre, hogy Adler

*** Ez valamivel kevesebb, mint 2000, ill. 1200 forint. Ez itthon is elfogadható, de ha még hozzátesszük, hogy Japánban az átlagfizetés kb. 1 millió Ft-nak felel meg, rendkívül kedvező, és érthetővé is teszi az elért magas látogatottsági számokat.

** Talán leginkább „Föld testvér” planetáriumnak fordíthatjuk.

félmillió dolláros támogatást ajánlott fel arra, hogy megalapítsák a nyugati félteke első planetáriumát Chicagóban. Az épületet maga Ernest Grunsfeld tervezte, különlegesen a Közel-Kelet régi építményeinek stílusában – ez különleges patinát ad az intézménynek. A koncepció már a kezdeteknél is olyan sikert aratott, hogy az Amerikai Mérnöki Intézet aranyéremmel díjazta, 1987-ben pedig a Nemzeti Történelmi Mérföldkő minősítést kapta meg. A világ planetáriumai sorában azért is tettünk külön említést az Adler Planetáriumról, mert itt is találni olyan különleges ötleteket, amivel idehaza is lehetne látogatószám-növelő fejlesztéseket megvalósítani: érdemes bemutatni a nagyobb kiállítási terek felé vezető (és összekötő) folyosókat (Clark Family Welcome Gallery). Mozgásdetektorok és 125 db programozható RGB LED fényforrás szolgált soha nem ismétlődő (kb. 2 milliárd kombinációs lehetőséggel bíró, 16 millió színből és színárnyalatból kikevert) látványt a látogatóknak. A planetárium csapata külső helyszíneken is szervez rendszeresen „citizen science”^{****} eseményeket, pl. magaslégköri ballonkísérleteket. Ezen kívül minden elképzelhető módon mozgatják a társadalom minden korosztályát: Chicago több helyszínén lebonyolított járdacsillagászati bemutatóktól kezdve iskolákba kitelepülve, állandó tagsági körök számára szervezett terepi expedíciókig mindennel foglalkoznak. Természetesen a törzsprogramok a főintézményen belül történnek, itt 3 szinten 3 nagyterem, összesen 13 517 m² kiállítóter várja a látogatókat. 2016-ban csaknem 569 ezren voltak kíváncsiak mindarra a csodára, amit az Adler csapata hozott létre nap mint nap. Így már az is érthetővé válik, ami számunkra hihetetlennek tűnik: a működtetésben is tömegek vesznek részt! Csak az 1000–2500 dolláros tartományban 140 támogatójuk volt tavaly. Ennyiből nálunk egy komplett kis városi planetáriumot létre lehetne hozni... A többit már nem is említjük – csak a

**** Ez egy egyre terjedő aktivitási formát jelző fogalom: amikor egy tudományos témakör tekintetében nem képzett érdeklődők (az utcáról betérő emberek) válnak részeseivé kutatási eseményeknek, kísérleteknek, maguk is aktív szereplőként. Nyilvánvalóan ez csak jól megválasztott területeken képzelhető el, pl. atomerőműbe, űrprogramok közvetlen közelébe nem lehet képzetlen embereket odaengedni, de számtalan más olyan tudományos munkába be lehet vonni civileket, ahol bepillantást nyerhetnek a tudományos kutatások működésébe, átélhetik az eredmények eléréséhez szükséges erőfeszítéseket és a sikerek okozta élményeket.

végösszeget: 4 669 380 dollár. Ez egyébként a teljes évi költségvetésük 38%-át teszi ki. A belépőjegyekből további 34% jön. Némi egyéb bevétel, önkormányzati és egyéb pályázati támogatás osztozik a fennmaradó részen.

Egy európai különlegesség

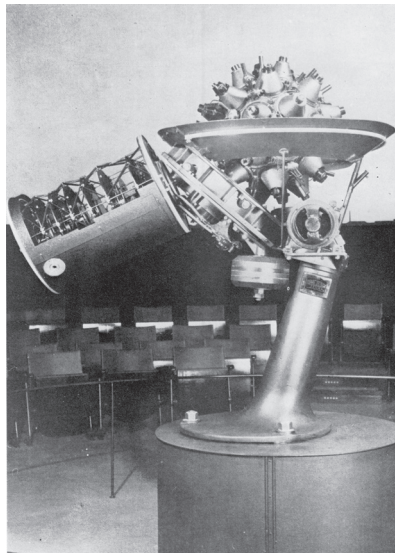
A *L'Hemisféric* nevű valenciai (Spanyolország) planetáriumot szintén a külső megjelenés rendkívülisége miatt mutatjuk be. A Spanyolország legnagyobb bemutatótermének is emlegetett intézmény alaprajzát tekintve egy emberi szemet formáz. Tervezője *Santiago Calatrava*. Maga a planetárium a szemgolyó gömbjében kapott helyet – oldalnézetben egyébként csak egy félgömb látható kívülről, azonban a kb. 100 m hosszú ovális épületet körülvevő medencék vizében tükröződve mégiscsak megjelenik a szem látványa. 6 db Barco projektor vetíti be a 24 m átmérőjű vetítőkupolát, amely alatt 300 fős, döntött nézőteret találunk. A planetáriumon kívül még egy iMax és egy 3D moziterem is várja a látogatókat. 1998-ban nyitották meg, átlag évi félmillió látogatót ez az intézmény is könnyedén teljesít. A környezet is különleges: egy tudományos és művészeti városnegyed részeként működik a *L'Hemisféric*. Itt található például Európa legnagyobb akváriuma is, amely (nem is méltánytalanul) évi 1 milliós látogatottságot is elér. A planetárium egység belépőjegy árai 10 euró alatt maradnak (átszámolva kb. 2800 Ft).

Egy a déli féltekéről

Buenos Aires (Argentína) *Galileo Galilei Planetáriumát* a budapestinél korábban alapították – 1968-ban. Kisebb a kupolája (20 m), nézőtere 360 fős befogadóképességű. Azonban ez már átesett a korszerűsítési folyamaton, és ma már 6 DLP projektorral elért 14 000 lumenes fényteltjesítménnyel digitálisan vetít. Az épület szintén figyelemre méltó, *Enrique Jan* tervei alapján egy furcsa, félgömb felsőrészt, űrhajószerű alakot formáz. Napról is érdekes, de az éjszakai kivilágítása valóban fantasztikussá teszi. Példáját merész programjai miatt is hoztuk fel: rendszeresen hívnak meg különleges vendégeket, akiket a planetárium műsorok előtt/után ill. külön produkciókban szerepeltetnek (volt űrhajósokat, neves tudósokat, tévés személyiségeket). Ezen felül rendszeresen mutatnak be zenei és táncprodukciókat is – nagy sikerrel. Kiemelhető 2015-ből a Beatles Tribute koncertje. Ehhez hasonló programokat idehaza még idegenkedés fogadna.

Szülinap és pizsamaparti a planetáriumban...

Az előzőhöz hasonlóan 1968-ban nyitotta meg kapuit a vancouveri *MacMillan Space Centre planetárium*a. 230 fős nézőterű, 20 méter magas kupolaátmérőjű termében manapság 4000 pixeles digitális vetítés folyik. Nem csak kívülről tűnik úralomának az épület, belül is az űrkutatás dominál. Az éves látogatottság a fentiekénél szerényebb, nagyjából megfelel a budapesti planetárium fénykorában tapasztalt 110 ezer fős számnak – de Vancouver lényegesen kisebb Budapestnél. Állandó kínálatukban szerepel (elsősorban gyerekek, fiatalok számára) születésnap parti hely-



A Zeiss legelső planetárium vetítője, a Mark I. 1923 októberé és decembere között telepítették működési helyszínére (Deutsches Museum, München)

szín biztosítása (természetesen egy külön e célra rendszeresített teremben, emelt összegű belépőjegy megfizetése ellenében). A korlátozott időre szóló parti során érdekes, űrrrel kapcsolatos játékokat, foglalkozásokat is kapnak a résztvevők. Minimum 15 fő jelentkezhet ilyen programra, és fejenként 18 USD a részvétel díja. Természetesen a díj ellenében a parti során magukat az aktuális kiállításokat is megnézhetik a meghívottak.

Ennél is érdekesebb, és sokkal intimebb, magához a planetáriumhoz is közelebb hozza az érdeklődőket a 23 m-es kupolájú, 1952-ben megnyílt *Morrison Planetárium* (San Francisco) még hajmeresztőbb ötlete: aludjunk a planetáriumban, pingvinekkel! Hogy mit keresnek pingvinek a hirdetésben? Maga a planetárium is zöld környezetben található, az épület teteje is zöldtetős.

A csillagászati programok mellé környezetvédelmi és zoológiai oktatóprogramokat is kínálnak, amihez egy hatalmas akvárium is páratlan lehetőségeket kínál. A pingvinek az ehhez kapcsolódó attrakció főszereplői. A kicsit borsos pizsamaparti jegy ára 100 dollár feletti (éves klubtagsággal rendelkezőknek persze alacsonyabb, „mindössze” 88 USD). Az ár azonban élő állat show-t, különleges éjszakai programokat, vacsorát és reggelit is tartalmaz, valamint a másnap délelőtti érdekes oktatóprogramok látogatására is feljogosít. A havonta 1–2 meghirdetett ottalvós parti időpontjára interneten kell bejelentkezni. Minden bizonnyal sokáig emlékezetes marad azoknak, akik kipróbálják ezt. A weblapon található fényképek tanúsága szerint kétségtelenül hangulatos esemény, ami itthon is kipróbálható lenne, a már létező bemutatóhelyeinken is.

Keleti kávézó repülés előtt...

Különös alkalmazásra, érdekes kísérletre adták a fejüket a japán ismeretterjesztők: a *tokiói Haneda Nemzetközi Repülőtéren* 2011-ben helyezték üzembe egy 10 méter átmérőjű kupolájú hibrid planetáriumot. A Goto kis Pandia vetítögömbjét két, a peremre szerelt digitális projektor egészíti ki. Folyamatosan, ill. időnkénti szünetekkel megszakítva csillagászati és op-art művészeti (látványos, számítógép-generált minták, zenei aláfestéssel) műsorok váltogatják egymást. A cél: a repülőjűkre váró utasok szórakoztatása. Ami érdekes: halvány hangulatlény biztosításával asztalok is vannak a nézőtérén, és a műsorok közben el lehet is a max. 50 fős vendégsereg. A cikk szerzője 2014. évi ottjártakor mérsékelt látogatottságot tapasztalt, kb. 20 fő tartózkodott egyidejűleg benn – bár elég késő este volt. Közülük is talán ha a fele nézte a műsort, a többi a mobiltelefonjával volt elfoglalva. Az ötlet azonban mindenképpen figyelemreméltó.

És mégis mozog a... planetárium!

Körképünk végén még egy planetáriumot mindenképp meg kell említenünk, amely habár fix telepítésű, mégis mozog: ez a *Queen Mary II. üdülő óceánjárón* kialakított planetárium! 13 méteres kupolája alatt 150 fős nézőközönség élvezheti a műsort (már amikor nem hanykolódik nagyon a hajó). Itt is digitális rendszerrel vetítenek. Igaz, maga a teljes, döntött nézőtér lényegesen nagyobb befogadóképességű – nem pusztán a planetárium műsorokat szolgálja, hanem színházi és egyéb bemutatókat (balett, koncert) is. Ez a 2004 óta létező, érdekes kombinált funkciójú elrendezés is figyelemreméltó.

Záró tanulságok

Történelmi és földrajzi utazásunk végén megfogalmazhatjuk: a XXI. századba át lépve a planetáriumok nem csupán egy több évszázados technológiai fejlődés kicsücsösodásai, hanem világszerte a természettudományok és a technika látványos bemutatóhelyei. Az emberek millióinak közkedvelt művelődési és élményszerző célpontjai. Sokfélék, a helyi adottságokból, és lehetőségek-ből táplálkozva szinte mindegyik más-más kínálattal várja az érdeklődők tömegeit. Érdemes nem csupán egyszer, vagy csak egybe ellátogatni. És mára már az sem igaz, hogy csupán okosodni lehet a planetáriumokban (ami esetleg egyeseknek még fásasztó is lehet) – hisz láttuk, a művészetek is nagyszerű helyszíne lennek a kupolák alatt és körül.

Emellett a másik oldalról: a létrehozók, fenntartók oldaláról is fontos dolgokat fogalmazhatunk meg! Ma már nem elég a virtuális égboltot fölévetíteni a látogatóknak... a virtuális valóság olyan szinten, és olyan minőségben özőnlík már gyerektől az emberre, hogy észre kell venni: ezzel épp ellenkezően, minél több interakciót, kézbe vehető és megtapintható dolgot kell adni. Tárgyakat, eszközöket, amelyek a földi és űrbéli környezetünkhöz tartoznak, és amelyek nagy részének már sem a belső szerkezetét, sem eredetét, sem működését nem érti a többség. És végül: egyre bonyolódó világunkban, egyre szaporodó tudományos és műszaki tudanyagunkban az automatikus műsorok nem képesek a teljes körű eligazodást megadni – mindenütt szükség van magára az emberre! Olyanra, aki minél hitelesebben, szuggesztívebben, és minél érthetőbben képes beszélni széles korosztályi és műveltségi szintű közönségnek. A planetáriumok élő műsorai, a vetítéseken felül kínált kiállítások és foglalkozások mediátorai különleges egyéniségek kell legyenek, akik a napi gyakorlatban meggedzódve meg tudják adni intézményük karakterét, és újabb és újabb ötleteikkel újabb vendégeket tudnak vonzani, és a korábbiakat is újra visszacsábítani. Ilyenek nélkül csak steril kiállítótérre válik az intézmény, amelyben csak véletlenül odatévedők lézengenek. A világ talán legismertebb planetáriumi embere a

New York-i Hayden Planetárium igazgatója, *Neil deGrasse Tyson*. Amellett, hogy lebilincselő, kitűnő adottságokkal rendelkező előadó, fáradhatatlanul tesz eleget a legképtelenebb felkéréseknek is, és adja nevét minden olyan dologhoz, ami az ismeretterjesztés céljait szolgálja. Szerepelt sci-fi filmekben, milliós nézettségű tévé műsorokban, de már képregény-szereplőként is láhattuk. Hazai kábeltévé-nézők is ismerhetik, mert egy nagy nézettségű tudományos sorozatnak is szóvivője.

Házunk tája

Kis országunk 10 milliós lakosságára jelenleg két hagyományos, épített planetárium (Budapest, Kecskemét) és egy kicsi (Eger) jut, valamint négy digitális fix (Bakonybél, Zselic, Pécs, Alsómocsolád). Emellett jó néhány tudományos bemutatóközpont (mosonmagyaróvári Futura, deb-

Azonban sok további árnyalt szempont is megfogalmazható. Például, hogy gazdag (és időszakonként megújított) látványanyag, interaktív lehetőségek nélkül nem állnak meg a lábukon a planetáriumok. Törekedni kell az újak létesítésénél is egyedi, máshol nem ismétlődő kiállítási anyagok megalapítására, a diákok és felnőttek foglalkoztatására, ezekhez a programokhoz pedig nem pusztán szakképzett, de kiemelkedő előadói képességekkel is megáldott mediátorokat is kell társítani. Hazánkban is vannak „Neil Tysonok”, szuggesztív előadók, showmanek. Nélkülük nem lesz korszerű planetáriumi kultúránk, velük viszont felzárkózhatunk e téren is a nemzetközi szintre.

A cikk szomorú aktualitása legnagyobb planetáriumunk bezárása, amely pedig méreteiben is méltó világvárosunkhoz, Budapesthez, de elfeledettségében, magára hagyottságában csak pusztá lehetőség marad. Minden mai nagyplanetárium komoly felújítási hullám után vált újra sikeressé. Most értünk el arra a pontra, hogy fővárosunk általános megújulási programjában végre a tudományt, az élményt nyújtó látványos ismeretterjesztést is el kell érje a fejlesztés, ha országunk a tudás közép-európai központja is szeretne lenni (mint ahogy ez gyakran elhangzik), akkor ehhez méltó módon korszerűsített, különleges látványelemekkel felruházott, bővített központtá kellene tenni a korábbi generációk büszkeségének tárgyát, a Budapesti Planetáriumot is. A meglévő épület felújításával egyidejűleg kiépített új látványelemekkel (úrállomás modul, szélsatorna épület, vagy a cikkben is említett ötletek némelyike), megfelelő személyzetbővítéssel olyanná válhat, ami nem csupán az iskolákat, hanem a Budapestre érkező turistákat is különleges programokkal várhatja, megsokszorozva a korábbi látogatottsági számokat. Ellenőrizhető tény, hogy Buenos Aires hasonló méretű planetárium a várost látogatók számára kiemelt 10 legajánlottabb látnivaló sorában 6. helyen, a New York-i a 7. helyen áll! A kiindulási alap megvan ehhez Budapestben is, de most, 2017-ben egy segítő kéz is kell hozzá, hogy hasonló elismertségi szintre küzdhesse vissza magát hazánk vezető planetárium... A felhozott példák is mutatják: mindenhol elsősorban a helyi önkormányzatok eltökéltsége és felvilágosultsága hozta létre, és tartja fenn a planetáriumokat. Ezekkel konkrét célja, szándéka van egy nagyváros, vagy egy térség vezetőinek (oktatási-turisztikai koncepciójuk része). Mint ahogy nem lehet kérdés, hogy minden nagyvárosban lennie kell korszerű stadionnak – a XXI. században nem lehet kérdés, hogy legyen-e planetárium.



A Zeiss még ma is forgalomban lévő, sikeres Starmaster ZMP vetítőrendszere. Átmenet a kétgömbös súlyzó-típusú Skymaster ZKP és a korszerű „csillagömb” modellek között
(Forrás: Zeiss gyári honlap)

receni Agora) és három országjáró cég (Utazóplanetárium, Csillagszekér Planetárium, Partiscum Mobil Planetárium) rendelkezik mobil planetáriummal. A legutóbbi évek pályázati hullámaival sok további szervezet és intézmény vette fel terveibe egy-egy fix vagy legalább mobil planetárium létesítését. Feltehetjük a kérdést: vajon szükség van-e hazánkban a planetáriumi intézményforma további szaporítására, vagy már az is elég (netán sok), ami ma megvan?

Erre a gyors válasz: az elmúlt évek tapasztalatai azt mutatják, hogy az újonnan létesült planetáriumok nem csökkentették a régebbiek látogatottságát, sőt mindenhol évről évre növekvő számok a jellemzők. Tehát valószínűsíthető, hogy az igény még tovább fog nőni.

(Az NKA 201113/255. sz. pályázat támogatásával)

SZABÓ SÁNDOR – FILAKOVSKY JÁNOS – TÓTH JÁNOS

Selye, a stressz, és más felfedezései

Selye János (Hans Selye) Bécsben született 1907-ben, de Komáromban nőtt fel, ott járt gimnáziumba. Apjának ott volt jól működő magánklinikája. Prágában szerzett orvosi diplomát, utána ment ki a baltimore-i Johns Hopkins Egyetemre, majd a montreali McGill Egyetemre. Montrealban hunyt el 1982-ben.

Komáromban régóta működnek Selyéről elnevezett intézmények, például a gimnázium és a 2004-ben alakult magyar nyelvű Selye János Egyetem. A valamikori Selye-házon tábla emlékeztet a város világhírű szülöttjére. Ez év januárjától állandó kiállítás mutatja be munkásságát a nevét viselő egyetemen. Sőt idén tavasztól a hallgatók „A stressz elmélete és alapjai” egyetemi tantárgyi kurzus keretein belül közelebbről is megismerkedhetnek Selye János életművével, kutatásaival, és elsajátíthatják az eredményességük növeléséhez vezető egészséges stresszkezelő technikákat. Idén júniusban immár ötödik alkalommal került sor Komáromban a Stressz Nyári Szabadegyetem megrendezésére a Selye János Egyetemen.

„Életünk és a stressz” című könyvének előszavában Selye 1963-ban érzelmes szavakkal ír komáromi kötődéséről: „Életem nagyobb fele Kanadában telt el, és új házamhoz kapcsolódik tudományos munkásságom is. De most, amikor első magyarul megjelenő könyvemet útjára bocsátom, komáromi gyermekkoromra gondolok, s apám izes magyar szavára emlékezve nyújtom át ezt a kötetet az olvasónak”. [1] Habár Selyét világszerte a stressz felfedezőjének és atyjának tekintik, számos más nagy felfedezés fűződik a nevéhez. Például a szteroid hormonok felosztása, elnevezése és hatásuk a gyulladáshoz kapcsolódó betegségekre, a plurikauzális (multifaktoriális) betegségek felismerése, valamint több emberi betegség állatmodelljének felállítása.

Stressz: distressz és eustressz

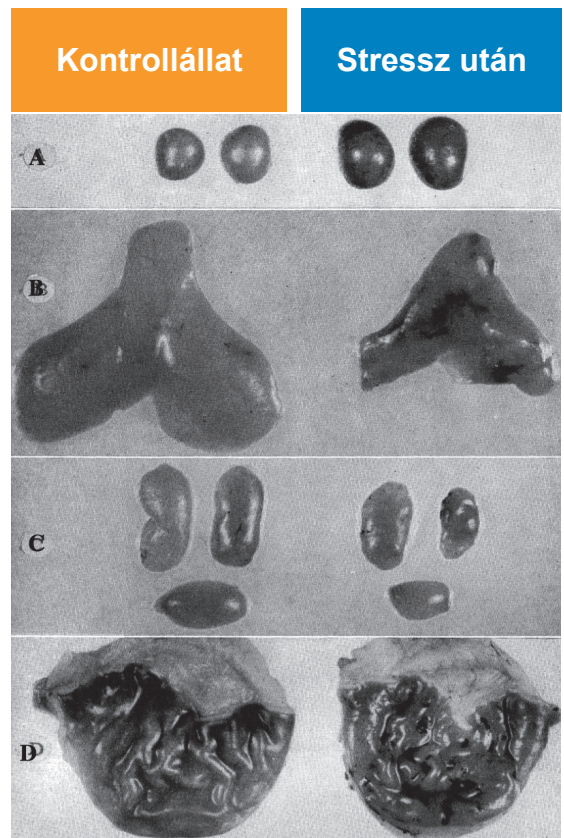
Selye sokszor hangsúlyozta, hogy nem ő fedezte fel a stresszt, csak „feltette a térképre”. Legtöbbször Amerika felfedezésével hasonlította össze, hangsúlyozva, hogy Kolumbusz előtt már sokan jártak Észak-Amerikában, például a vikingek 500 évvel Kolumbusz előtt. De Amerika ismeretlen

Mellékvesék

Csecsemőmirigy

Nyirokcsomók

Gyomor-nyálkahártya



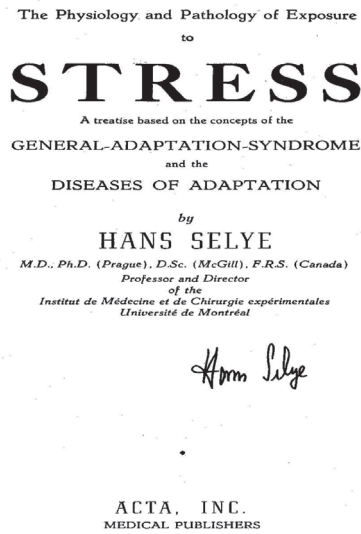
1. ábra. Stressz okozta változások a patkány szerveiben (módosítva Hans Selye: *The story of the adaptation syndrome* könyv alapján, Montreal, 1952.)

földrész maradt mindaddig, amíg a spanyol király megbízásából utazgató itáliai hajós, *Kolumbusz Kristóf* (1451–1506) és honfitársa, *Amerigo Vespucci* (1454–1512) a térképre nem tette Amerikát.

Selye nem csak a vikingekkel és Kolumbuszal hasonlította össze felfedezését, elismeréssel nyilatkozott két nagy XIX. és XX. századi tudósról, a francia *Claude Bernard*-ről és az amerikai *Walter Cannon*-ról is.

Bernard nevéhez fűződik a kísérletes orvostudomány fogalmának bevezetése, és felfedezte állatkísérletei alapján, hogy az emlősállatok és az ember megtartja belső biztonságát, stabilitását, függetlenül a külső környezettől. Bernard másik nagy felfedezése az volt, hogy rájött, a májban glükogén van, ami valójában tartalékszénhidrát, és amit a máj cukorra tud bontani, hogy szükség esetén a vércukortartalma állandó szinten maradjon.

Ez a folyamat valójában ugyanaz, amit Selye 80 évvel később írt le az összetett stresszreakció egyik részeként, csak Selye ezt a folyamatot a mellékvesén, a glükokortikoidokon keresztül közelítette meg. Selye tehát nemcsak felhasználta a korábbi eredményeket, hanem új felfedezésekkel egy nagyon összetett, de hormonokkal és neurotranszmitterekkel logikusan szabályozott védekező nem specifikus folyamatot írt le először 1936-ban, ami később stresszreakcióként lett ismert. Bernard harmadik nagy felfedezése a vérellátással és stresszreakcióval kapcsolatos. Ő fedezte fel, hogy a vazomotoros idegek szabályozzák a vérerek tágulását és szűkülését, amiről Cannon és Selye után tudjuk, hogy ezt nagy részben a mellékvesekéregből fel-



2. ábra. Selye első könyve, amiben a „STRESS” az első oldalon szerepelt (Selye ezt a könyvet 1972-ben írta alá Szabó Sándor, akkori PhD-diákja, részére)

szabaduló adrenalin és az idegvégződésekből származó noradrenalin, illetve acetilkolin szabályozza.

A bostoni Harvard Egyetemen kutató Walter B. Cannon két évtizeddel Selye kísérletei előtt Bernard elméletét bővítve bevezette a homeosztázis fogalmát, ami testünk belső világának stabilitására utal. Cannon szerint az agy koordinálja belső szerveinket azzal a céllal, hogy a test hőmérséklete 37 °C maradjon, a szérumnátriumszint 140 mEq/l legyen, a vér glükózsintje 90 mg/dl maradjon. Cannon úgy vélte, az agy szükséghelyzetekben azonos módon reagál, azaz adrenalin és noradrenalin fokozott kiválasztásával válaszol. Ő alkotta meg a „küzdj vagy menekülj” szlogent: azt állította, hogy nemcsak a fizikai vészhelyzetek, például a vérvesztés, trauma, hanem pszichológiai vészhelyzetek is nagyon gyorsan megemelik a véráram adrenalin-szintjét. Szerinte a test „küzdj” harci válasza ugyanaz, mint a „menekülés” folyamán. Ezt valószínűleg azért gondolta, mert az adrenalin számos fontos hatást fejt ki a különböző szervekre, amelyek mindegyike – Cannon szempontjából – a homeosztázis fenntartásához, a harchoz vagy a meneküléshez nagyon fontos. Így a vértágítók izmaiban az adrenalin ellazítja az ereket, növeli a helyi véráramlást. Ez azért fontos,

hogy több energiaforrás, glükóz kerüljön az izmokba, és az anyagcsere melléktermékei ne halmozódjanak fel a vázizmokban, mert azok egyébként befolyásolnák az izomteljesítményt. Az adrenalin a borbén összehúzza az ereket, elősegíti a vérárvadást; mindkét hatás a vérvesztéséget korlátozná fizikai trauma esetén. Ugyanakkor az adrenalin a máj glikogénjéből felszabadítja a metabolikus üzemanyagunkat, ami gyorsan a véráramba kerül – ahogyan azt Bernard néhány évtizeddel hamarabb kimutatta.

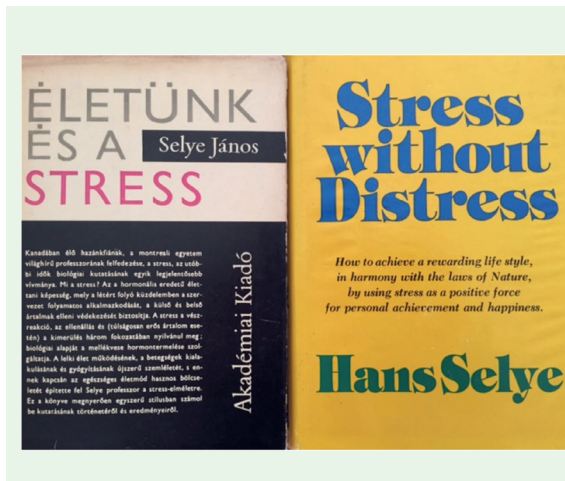
Tehát Selye nem véletlenül tisztelte és idézte Bernard és Cannon korábbi megfigyeléseit. Cannon viszont nemigen fogadta el Selye első kísérletes eredményeit és közleményeit. Ez részben azért volt, mert a bostoni tudós az egész „küzdj vagy menekülj” reakciót csak idegi alapon, főleg adrenalin és noradrenalin neurotranszmitterek szerepével magyarázta, és nem vette figyelembe a hormonok, főleg a glukokortikoidok fontos szerepét.

Az első közlemények

Selye első publikációi a stresszről 1936–1937-ben jelentek meg a világ legismertebb tudományos folyóirataiban (*Nature, Science*). [2, 3] Az akkor 29 éves tudós

mutatták, hogy majdnem minden patkány mellékveséje nemcsak vérbő és nagyobb lett, hanem a csecsemőmirigyük (thymus) és lépük sokkal kisebb, mint a kontrollesoportban. Sőt a legtöbb állatban vérző gyomoreróziókat és fekélyeket talált (1. ábra). Selye ezért arra gondolt, hogy egy szindrómáról lehet szó. Ezt megerősítették újabb állatkísérletei, amikor ugyanilyen belső elváltozásokat látott olyan patkányokban is, amelyek csak szerves oldószert vagy formalin-injekciókat kaptak – vagy csak nagyon hideg szobában voltak. Ezért nevezte ezt a kezdetekben „általános adaptációs szindrómának”. A „stressz” szó nem is szerepel Selye első idevágó közleményeiben. Először az 1950-ben megjelent nagy terjedelmű monográfiájában (2. ábra), valamint az 1952-es első ismeretterjesztő könyvében használja a stressz kifejezést. [4]

Az említett hármas tünetcsoport – a mellvése korai vérbőségét követő megnagyobbodás, a nyirokesomók és szervek (pl. csecsemőmirigy, lép) elsoványodása, valamint a gyomor- és nyombélfekélyek – így lett később „stresszhármas”-ként (stress triad) ismeretes. Ezeket a szabad szemmel látható szervi elváltozásokat, amelyeket patkányokban fizi-



3. ábra. A stressz meghatározása felfedezője szerint: az első magyar definíciója az „Életünk és a stressz” borítóján is szerepelt. Az utolsó és sokkal rövidebb meghatározás a „Stress without distress” könyvében jelent meg

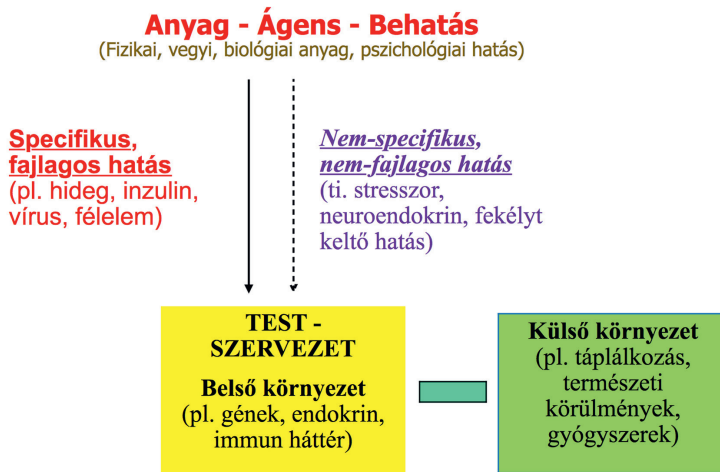
- A stressz első magyar definíciója az „Életünk és a stressz” borítóján (1964): „Az a hormonális eredetű élettani képesség, mely a létért folyó küzdelemben a szervezet folyamatos alkalmazkodását, a külső és belső ártalmak elleni védekezését biztosítja.”
- Selye korai (1940-1960), rövid meghatározása: „Stressz a szervezet nem-specifikus neuroendokrin reakciója.”
- Selye „Stress without Distress” könyvében (1974): „Stressz a szervezet nem-specifikus reakciója.”

előtte néhány évig egy agyalapi mirigyből származó új szexhormon után kutatót, de kecsgetető első eredményei ellenére, az új hormont nem sikerült kimutatnia. Akármennyire finomította az agyalapi mirigyből származó kivonatot, a kísérleti nőstény patkányokban a petefészkek ugyanúgy nem nagyobbodtak meg, mint a him állatok heréi. Viszont Selye meglepetésére, a boncolások azt

kai (pl. hideg), kémiai (pl. formalin-injekciók) vagy pszichológiai behatások (pl. immobilizáció) okoznak, Selye előtt senki nem írta le. Ma már azonban tudjuk, hogy Selye a három szervi elváltozást az agyalapi miriggyel és a mellékvesékkel mechanisztikusan kötötte össze, mert tudta, hogy a stresszhármas nem jön létre hipofízektomizált patkányokban (az agyalapi mirigy sebészeti eltávolítása után).

Stressz = a szervezet nem-fajlagos válasza

Stresszor = a stresszt okozó anyag



4. ábra. Specifikus és nem-specifikus (stresszor) hatások az élő szervezetre

Stressz, stresszorok, distressz és eustressz

Selye sok előadásában és személyes beszélgetésekben is elmondta, hogy bevándorlóként, amikor még nem volt járatos az angol nyelv használatában, habár ismerte a fizikában használt „stressz” és „strain” (= feszültség) kifejezéseket, félt ezek használatától a kísérletes orvostudományban. Csak némi bátorítás után kezdte a „stressz” szót használni, akkor viszont azért bíralták őt, hogy az adaptációs folyamatot és a kiváltó okokat is stressznek nevezi. Kritikusai valószínűleg nem tudták, hogy Selyének milyen nagy készsége van új kifejezéseket találni és szavakat kreálni. Selye azt ajánlotta, hogy a reakció legyen stressz, a kiváltó okokat pedig nevezzük stresszoroknak. Így már könnyebb volt a stresszreakció meghatározása is: „stressz a szervezet nem specifikus reakciója” (3. ábra).

A nem specifikus kifejezés hangsúlyozása az általános stresszreakcióban azért is fontos, mert Selye biztos akart lenni abban, hogy a szakértők és a közvélemény egyaránt megérti és helyesen értelmezi. Addig ugyanis az emberek „egy okozó-egy reakció” példájában gondolkodtak, pl. hidegben fázunk és libabőrösek leszünk, melegben izzadunk, a bakteriális fertőzések lázzal járnak. Ezek specifikus válaszok, de mindezek nagyobb mennyiségben vagy hosszabb idő után stresszreakciót is kiválthatnak: tehát a stressz nem specifikus, nem fajlagos. Ha ezt megértjük, akkor elkerülhetjük a „stressz” szó felesleges használatát. Selye és tanítványai kedvenc példája a specifikus és nem specifikus, tehát stresszor hatásra az inzulin volt (4. ábra), ami gyógyszeresen beadott dózissal

csökkenti a vércukorszintet, de nagy adagban, különösen ismételt injekciók után, kísérleti állatoknál stresszreakciót okoz, amikor is emelkedik a katekolaminok és glükokortikoidok vérszintje. Az ebből következő morfológiai változások alkotják a stressztriád (1. ábra): a mellékvesék megnagyobbodnak, a csecsemőmirigy, a lép és a nyirokcsomók elsorvadnak, gyomoreróziók és fekélyek fejlődnek ki. Itt meg kell említenünk a mellékvesék közötti szerepét (5. ábra), és hogy régebben miért keverték időnként össze Selye és Cannon nevét a stressz kapcsolatán. Selye ismerte fel, hogy a kéregből származó kortikoid hormonoknak szerepe van a stresszben, Cannon csak a mellékveséből és idegvégződésekből származó adrenalinnal és noradrenalinnal foglalkozott élete végéig, amikorra Selye idevágó közleményei már megjelentek. Tehát nem valószínű, hogy ezekről nem tudott, illetve nem olvasott volna Cannon.

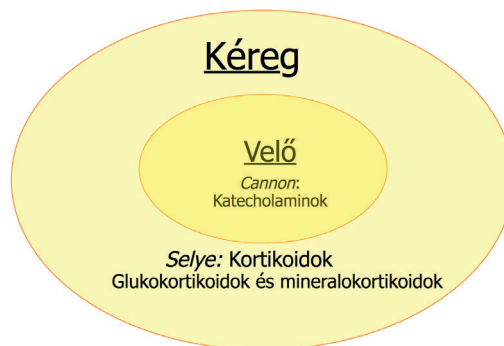
Majdnem négy évtizedbe telt, míg Selye felismerte, hogy nem minden stresszreakció egyforma – annak ellenére, hogy a neuroendokrin-változások nagyon hasonlóak. Mint Selye bevallotta, erre a felismerésre Lennart Levi svéd kutató klinikai és társadalmi vizsgálatai ve-

zették. Selye ugyanis élete végéig alapkutató maradt, aki soha nem haladt túl az állatkísérleteken. Mégis, mint az orvosi irodalom lelkes és megrögzött olvasója, Selye nagyon korán értesült minden újdonságról – még a klinikai és társadalomkutatás fejleményeiről is. Így hallott 1971-ben arról, hogy Levi különbséget tett pozitív és negatív stressz között. Ebből következik az, hogy csak agyunk tudja megkülönböztetni a pozitív és negatív stresszorokat. Ezzel szemben, a mellékveséből egyformán szabadulnak fel a szteroidok és katekolaminok, függetlenül a stresszor tulajdonságától.

Erre a felismerésre részben azok a humán tanulmányok vezettek, amikor katonának kezdtek a stresszhatást tanulmányozni, ekkor már a stresszreakció alatt felszabaduló adrenalint és kortizolt is mérték. A laboratóriumi eredmények azt mutatták, hogy a katonák vérében és vizeletében éppúgy emelkedett a kortizol szintje a háborús helyzetet utánzó gyakorlatok alatt, mint amikor esténként, relaxált környezetben szexfilmeket nézhetek... Ezért tehát szükség van sok laboratóriumi állatkísérlet eredményeinek kiegészítésére emberi tanulmányokkal. Patkányokon és egereken ugyanis nemigen ismerhető fel a pozitív és a negatív stressz.

A kreatív Selye az 1970-es évek elején kezdett új szavakat használni a kellemetlen, negatív stresszre és a kellemes, pozitív stresszre. Így vezette be a „distressz”

Mellékvese keresztmetszete



5. ábra. Selye, Cannon és a mellékvese: stresszel kapcsolatos felfedezések

(distressz, szorongás vagy vészjelzés) és a „eustressz” (az eufória, jókedv alapján) neveket és fogalmakat az 1974-ben megjelent „Stress without distress” („Stressz distressz nélkül”) a nagyközönség számára írt könyvében (3. ábra). [5] Ekkoriban és az 1977-es önéletrajzi könyvében („Stress of my life”, „Életem stressze”) nagyon so-

kat emlegette, amit már korábban megfogalmazott: „nem az a stressz, ami történik veled, hanem az, ahogyan reagálsz rá”.

A szteroidok elnevezése, hatása és felosztása

Selye János kétségtelenül a stresszelmélet, ill. -reakció felismerése miatt lett ismert az orvostudományban és a nagyközönség előtt. Sajnos még szakkörökben is kevesen tudják, hogy az adaptációs reakciók előtt és azok felderítése folyamán is Selye sokat foglalkozott a szteroid hormonokkal, amelyek nemcsak a mellévese kérgéből, hanem a női petefészkekből és a hím heréből is származnak. Selye, mivel PhD-témája kémiai jellegű volt, mindig azon csodálkozott, hogy a nagy szteroid molekulákon (amik főleg három, egyenként 6 szénatomot tartalmazó és egy 5 szénatomos gyűrűből állnak), nagyon kis szerkezeti különbségek, pl. egy új kettős kötés bevezetése, egy hidroxil- vagy metilgyök, esetleg egy 2–3 új szénatomos lánc hozzáadása drámaian megváltoztatja élettani hatásukat (6. ábra). A szteroidok ma is használatos neve és felosztása Selyétől származik. A szteroidok vizsgálata Selye nagyon korai kutatási témája volt, majd később egyidejűleg végezte az adaptációs folyamatokkal kapcsolatos kísérleteivel. De ezt maga Selye sem szokta emlegetni: ő mindig inkább a legújabb kutatási témájáról beszélt vagy tartott előadásokat és írt könyveket. Ez lehetett az egyik oka annak, hogy sok felterjesztés után sem kapott Nobel-díjat. A szteroid hormonok legtöbb hatása ismert volt a stresszreakció felfedezése előtt. Valójában az ókori görög atléták voltak az elsők, akik az anabolikus (tesztoid) szteroidok hatását felismerték és használták. Persze, akkor még nem voltak izolált tesztoszteron-készítmények, de az ógörög olimpiai versenyzők sokszor állati herét fogyasztottak nagyobb események előtt. Mellékvesekéreg-kivonatokkal csak a XX. század elején kezdtek foglalkozni a kutatók, és felismerték, hogy ezek adagolása kísérleti állatokban nagymértékben befolyásolja a vércukor-, nátrium- és káliumszintet.

A ma ismert molekulák közül elsőként a dezoxikortikoszteront (DOK) izolálták, és használhatták állatkísérletekben. Selye a DOK nagy dózisu adagolásával patkányokon reprodukált különböző gyulladós betegségeket, például reumatikus gyulladásokat az 1940-es évek elején. Arra is rájött, hogy a

mellékvesekéreg-kivonatoknak gyulladás elleni hatása is van. Nem meglepő, hogy kb. 75 éve Selye állította fel a szteroidok ma is használatos csoportosítását. Sikerének egyik oka az, hogy a szteroidok felosztását a leghíresebb tudományos folyóiratokban közölte. Az is nagyon fontos, hogy a csoportosítás három tárgyilagos tényen és kutatáson alapult: a csoportnevek a szteroidokat termelő szervektől származnak (pl. a kortikoidok a mellékvesekéreg latin cortex nevéből); logikus, molekulaszervezeti képleteken alapultak; élettani hatásuk csoporton belül azonos.

Külön hangsúlyozzuk, hogy a glükokortikoid és mineralokortikoid neveket is Selye találta ki, és vezette be a szakirodalomba. Selye élete végéig nem értette, sőt, amikor csak lehetett, tiltakozott, hogy miért beszélnek a klinikusok „szteroidokról”, amikor valójában glükokortikoidot adnak betegeknek a gyulladás csökkentésére. Hiszen ilyen esetekben biztosan nem androgén vagy ösztrogén szteroidokra gondolnak. Az a nyelvi figyelmetlenség is nagyon zavarta, hogy „kortikoszteroidokat” említenek, hiszen itt a „szteroid” szó teljesen felesleges, mert az eredeti „kortikoid” ezt fedezi.

A szteroidok Selye-féle felosztásának értékét nem csökkenti, hogy az évek során tesztoid helyett az „androgén”, illetve luteoid helyett a „progesztin” nevek let-

tek használatosak. A csoportosítás értékét viszont növeli, hogy a később előállított szintetikus szteroidok is besorolhatók ezekben a csoportokba. Mint mindenki az 1940-es években, Selye is csak a természetesen előforduló, endogén hormonszerű szteroidokat ismerte. Azt is hangsúlyozta, hogy patkányban a kortikoszteron, emberben a kortizol a fő glükokortikoid, valamint azt,

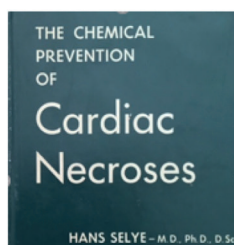
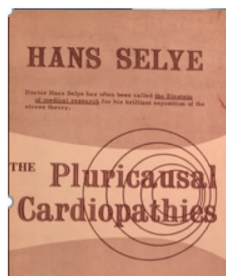
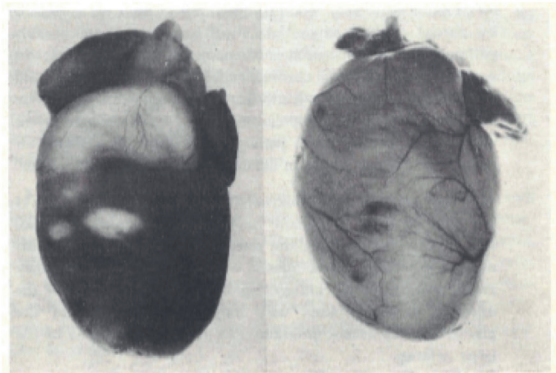
No. 3742, JULY 19, 1941 NATURE

- Corticoid = having activity of: cortin, adrenal cortical hormone, principle maintaining life of adrenalectomized animals, etc.
 Luteoid = having activity of: progestin, corpus luteum hormone, progesterone, luteine, β-hormone, kythine, luteohormone, corporin, relaxin, mucifying hormone, luteocrinine, etc.
 Folliculoid = having activity of: oestrin, oestrogenic hormone, feminine, gynaecogenic hormone, menformon, folliculin, α-hormone, follicular hormone, female hormone, etc.
 Testoid = having activity of: androkinin, male hormone, testis hormone, androgenic hormone, etc.

Selye – 1941	Modern
Kortikoidok	Kortikoidok („kortikoszteroidok”)
Tesztoidok	Androgének
Follikuloidok	Ösztrogének
Luteoidok	Progesztogének

6. ábra. A szteroidok felosztása és elnevezése Selye Nature közleménye szerint

elsők között az amerikai Philip Hench tettem meg, amikor a Mayo Klinikán reumatikus gyulladós betegeket sikeresen kezelt adrenokortikotrop hormonnal, és kortizonnal. Ezért a „nagy” felfedezésért (amit Selye 8–10 évvel hamarabb kimutatott állatmodelleken) kapta Philip Hench az említett két kémikussal megosztva az 1950-es Nobel-díjat. A Nobel-bizottság sajnos nem



nek, hanem sok más betegségnek is több oka lehet. Selye egyik korai plurikauzális modellje a veszeszklerózis és magas vérnyomás előidézése volt olyan patkányokban, amelyek néhány napon keresztül csak nagyon sós ivóvíz mellett nagy dózisu mineralokortikoidokat kaptak. Bármennyire is hasonlítottak ezek a szövettani veszeváltások az emberi nephroszklerózisra, ezeket a kísérleteket később sok kritika érte, mert a szteroidok és konyhasóval dúsított ivóvíz bevitele messze meghaladta azt a mennyiséget, amelyet egy ember elfogyasztott volna. Selye erre azt szokta válaszolni, hogy egy állatmodell csak hasonló, és nem azonos az emberi betegséggel.

Minden kritikus megjegyzés ellenére Selye volt az egyik első kutatóorvos, aki belátta a túlzott sófogyasztás veszélyét, főleg a magas vérnyomás, szív- és érrendszeri betegségek kialakulásában. Továbbá ő fedezte fel – állatkísérletei alapján – a káliumsó védő hatását, és hirdette is, hogy kövessék példáját, miszerint a szokásos konyhasó (NaCl) mellett használjanak egy kis káliumsót (KCl) is. Sajnos a KCl elég keserű, és az 1970-es években csak ezt lehetett kapni, akkor nem sokan követték tanácsát... Manapság világszerte lehet vásárolni a kálium szerves változatait (pl. káliumcitrát) tiszta kristály formájában vagy összekever-

7. ábra. A Selye intézetében kifejlesztett infarktusszerű patkányszívnekrózis (balra) és annak kivédése katatoxikus szteroidokkal. Ez a szívelhalásmodell volt Selye egyik első példája a plurikauzális (multifaktoriális) betegségekre

vette tudomásul (vagy csak azért, mert minden évben egy kategóriában legfeljebb három díjat adnak ki?), hogy Selye a mellékveséből származó szteroidok pro- és anti-inflammatorikus hatásait állatokban már az 1940-es évek első felében leírta. Tehát, amit a Mayo Klinika orvosainak sikerült betegeken kimutatni 1948–49-ben, az – Selyét idézve – nem több, mint a nyilvánvaló következő lépés az állatmodellel elért hasonló eredmények után.

Ez az igazságtalanság még a különben nagyon sztoikus Selyének is rosszul esett. A későbbi Nobel-díjas Selye-tanítvány, Roger Guillemin nemrég megerősítette, hogy az 1950-es Nobel-díj bejelentése után Selye egyszerűen bezárkózott intézeti irodájába, és napokig senkivel sem beszélt. Szerencsére ezt a mellőzést és sértődöttséget nagyon jól feldolgozta. Húsz évvel később már mosolygva mesélte nekünk a történelmi hasonlatot, hogy amikor az ókori Rómában megkérdezték a híres költőt, politikust és filozófust, Catót, miért nem emeltek neki is szobrot Róma főterén, ő lakonikusan azt válaszolta: jobb, ha azt kérdezik, hogy miért nincs szobrod, mintha azt, hogy miért van.

De ez a kiábrándulás sem térítette el Selyét a szteroidkutatástól, hiszen az 1970-es években fedezte fel a katatoxikus szteroidokat és dolgozott ki tanítványaival (pl. a cikk egyik szerzőjével, Szabó Sándorral – a szerk.) egy egyszerűsített nomenklaturát a szteroidokra. Továbbá a szteroidokkal kapcsolatos széles körű ismeretek segítettek későbbi új felismerésekhez, pl. az angiosztatikus és angiogenikus szteroidok felfedezéséhez, mely utóbbi új molekulák alkalmazásához vezetett a nyombélfékély kezelésében.

Plurikauzális betegségek és az emberi betegségek állatmodelljei

Selye egyik kedvenc témája volt a plurikauzális (több okú) betegségek kutatása állatmodelleken. Az elnevezés is tőle

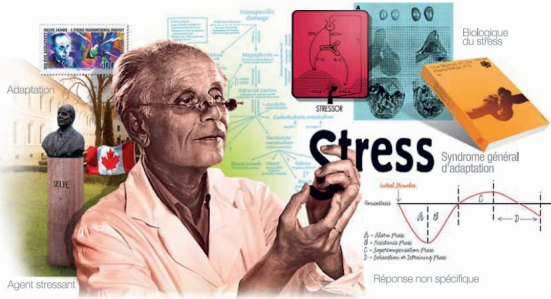


8. ábra. Calciphylaxis patkány bőrén, a Selye könyv borítóján (balra) és beteg emberen (<https://en.wikipedia.org/wiki/Calciphylaxis>)

származik, amelyet az 1961-ben megjelent „The pluricausal cardiopathies” és azt követő néhány más monográfiájában is elemzett (7. ábra). Az a felfogás, hogy a betegségeknek nemcsak egy oka, hanem több okozója is lehet, forradalmi ötletnek számított a XX. század közepén. Addig ugyanis az volt az általános felfogás, hogy egy ok – egy betegség. Selye állatkísérletei során elég korán rájött, hogy nemcsak a stressz-

ve a hagyományos konyhasóval. Tehát az ipar is rájött arra, hogy a N–K keverék sokkal egészségesebb, mint a tiszta NaCl. Viszont kevesen tudják, hogy ez főleg Selye János állatkísérleteinek köszönhető.

Az állatmodellek kidolgozása után Selye rájött arra is, hogy a két vagy több betegségek között valójában két csoportra lehet osztani: 1. érzékenyítők, amelyek előkészítik, érzékennyé teszik a szervezetet egy



„Nem az a stressz, ami történik veled, hanem az, ahogyan reagálsz rá”

bizonyos folyamatra (pl. gyulladás, nekrosis, trombózis, vérzés); 2. provokátorok, amelyek létrehozzák a sérülést egy bizonyos testrészen. A több okú betegségek ilyen analitikus lebontása és elemzése dicséretes mechanisztikus megközelítés még mai szemmel is, de sajnos, ezekért Selye nem kapott sok elismerést, részben mert élete utolsó kutatási stádiumában ismét témát váltott, rátért az általa felfedezett katatoxikus szteroidok tanulmányozására. A sors ironiája az is, hogy habár ma már a legtöbb betegséget több okúnak tekintjük, ezt már nem több okú, plurikauzális, hanem multifaktoriális néven emlegetjük...

A calciphylaxis betegségcsoport ma sem eléggé ismert, de abban mindenki egyetért, hogy ezt a nevet és folyamatot állatmodelleken alapján először Selye írta le 1962-ben. A calciphylaxis nevet Selye az anaphylaxis, régóta ismeretes orvosi név alapján alkotta. Selye szerint a calciphylaxis olyan túlérzékenységi állapot, amikor egy kritikus időszakban a szisztémás kalcifikáló anyagokkal (pl. D-vitamin, mellékpajzsmirigy-hormon) történt kezelés után, lokálisan beadott bizonyos szenzibilizáló provokátorokat követően akut helyi szövetelhalás, majd gyulladás és elmeszesedés jön létre (8. ábra).

Selye lelkes kutató lévén, a calciphylaxist kiváltó anyagokat változtatva olyan helyi elmeszesedéseket tudott patkányokban előidézni, amelynek a mechanizmusát ma sem értjük. Az eredeti calciphylaxis bekerült a gyakorló orvosok tanba. Leginkább súlyos krónikus vesebetegségben figyelték meg (a dializált betegek 1–4%-át érinti), de veseelégtelenség nélkül is előfordulhat. Az eredmény helyi bőrelhalás és meszesedés, ami krónikus, nem gyógyuló sebekhez vezethet, és általában halálos kimenetelű. A calciphylaxis tehát valójában egy új típusú csontrendszeren kívüli elmeszesedés, amit más hiperkalcémiás állapotokban is megfigyeltek, pl. tej-alkáli szindróma, szarkoidózis, és D-hipervitaminózis eseteiben. Selye és tanítványai több más emberi betegség ál-

latmodelljeit dolgozták ki. Ilyen volt az indometacin okozta fékély a patkányok vékonybélében, ami valójában első közlemény volt az orvosi szakirodalomban a gyógyszer okozta vékonybél-károsodásokról. Selye intézetében az 1970-es években általánosan elfogadott vélemény volt, hogy „egy betegség teljes patomechanizmusát beteg embereken klinikailag tanulmányozni olyan,

mint egy hangversenyre menni, amikor már elhalkult a zene”. Ez arra utal, hogy beteg embereken csak azt lehet tanulmányozni, hogy miért aktív egy betegség, miért késik vagy lehetetlen a gyógyulás, és nem azt, hogy miért és hogyan kezdődött. Betegeken csak serkenteni lehet a gyógyulást, viszont állatmodelleken ezt gyakran lehet szabályozni, pl. lassítani (mint egy filmvetítést), hogy lejátszódó folyamatokat jobban lehessen tanulmányozni. A természetes úton kifejlődött vagy mesterségesen előállított állatmodelleken viszont kutatható a betegség eredete (etiológiája) és a legkorábbi biokémiai, celluláris változások, amelyek legtöbbször megelőzik a szövettani, strukturális szervi átalakulásokat, nem is szólva új gyógyulási módok korai vizsgálatairól.

Ez a rövid összefoglaló is mutatja, hogy Selye János sokkal többet adott az orvostudománynak és az emberiségnek, mint a 80 évvel ezelőtt általa először leírt stresszszindróma.

Irodalom

- [1] Selye J. *Életünk és stressz*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1963.
- [2] Selye H. *A syndrome produced by diverse noxious agents*. Nature, 1936; 138:132.
- [3] Selye H. *The significance of the adrenals for the adaptation*. Science, 1937; 85:247.
- [4] Selye H. *The Physiology and Pathology of Exposure to Stress*. A treatise based on the concepts of the General-Adaptation-Syndrome and the Diseases of Adaptation. Montreal, Canada: ACTA, Inc. Medical Publishers, 1950.
- [5] Selye J. *Stressz distressz nélkül*. Budapest, Akadémiai Kiadó, 1976.
- [6] Szabo S., Tache Y, Somogyi A. The legacy of Hans Selye and the origins of stress research: A retrospective 75 years after his landmark “letter” in Nature. Stress, 2012; 15:472.
- [7] Szimpózium: A stresszen túl - Selye János kevésbé ismert kutatásai. *Orvosi Hetilap*, 2015; 156: 35 szám.

E számunk szerzői

DR. BABINSZKI EDIT geológus, PhD, tudományos főmunkatárs, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; DR. BARTHOLY JUDIT tanszékvezető egyetemi tanár, ELTE, Meteorológiai Tanszék, Budapest; DR. BENCZE GYULA, a fizikai tudomány doktora, MTA Wigner Fizikai Kutatóközpont Részecske- és Magfizikai Intézet, Budapest; DR. CSABA GYÖRGY professzor emeritus, Semmelweis Egyetem, Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet, Budapest; DR. FILAKOVSKY JÁNOS MD, PhD, MBA professor, Selye János Egyetem, Komárom, Szlovákia; DR. GÁCS JÁNOS vegyész, iparjogvédelmi szakértő, c. egyetemi docens, Budapest; GÁSPÁR ANITA informatikus könyvtáros, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; HEGEDŰS TIBOR igazgató, Szegedi Tudományegyetem Bajai Obszervatóriuma, Baja; HÉRINCS DAVID egyetemi hallgató, ELTE TTK, Budapest; KOVÁCS GERGELY KÁROLY agrármérnök, „Völgyhíd” Természetvédelmi Alapítvány kuratóriumának elnöke, KŐBÁNYAI PÉTER geográfus, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; MEZŐ SZILVESZTER geográfus, Déri Múzeum, Debrecen; DR. PONGRÁCZ RITA PhD, egyetemi adjunktus, ELTE Meteorológiai Tanszék, Budapest; RÓZSENBERSZKI TAMÁS környezetmérnök, PhD, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézet, Veszprém; SZABÓ JENŐ muzeológus, Bélyegmúzeum, Budapest; DR. SZABÓ SÁNDOR professor, MD, PhD MPH, DSc(h.c.), University of California, Irvine, USA; DR. TÓTH JÁNOS professor PhD, Selye János Egyetem, Komárom, Szlovákia; DR. VARGA BALÁZS PhD, MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár; DR. VEISZ OTTÓ, az MTA doktora, MTA Agrártudományi Kutatóközpont Mezőgazdasági Intézet, Martonvásár.

Augusztusi számunkból

Keleti Arthur: A magánélet nyílt titkai, avagy privát zóna az internet korában
Lente Gábor: Van Gogh fakuló színei
Besenyei Adám–Csomós Petra: Kalandok az alkalmazott matematikában
Trájer Atila: Zátontörténelem
Tószegi Zsuzsanna: A hétköznapi kérdések is elvezetnek a mélyebb megértéshez (Interjú Gillicze Bálinttal)
Herczeg János: Honnan nézte Poszeidón Trója ostromát?

CSABA GYÖRGY

Az ember neme

Első rész

Az ember normális és kóros nemi szerkezete

Bár annak tudományos megismerése, hogy egy szülőpárnak miért lesz fia vagy lánya, csak relatíve rövid időre tekinthet vissza, ennek az okát már idősámításunk előtt 500 körül Hérakleitosz görög filozófus is próbálta megfejteni. Szerinte a szülők kora, illetve az idősebb vagy erősebb szülő neme határozza meg az utód nemét. Galénosz és sok más ókori tudós viszont úgy gondolta, a bal petefészkekből származó petesejt női nemet tartalmaz, míg a jobboldali származó férfit. Más görög bölcselők elméletében a fogamzáskori hőmérséklet számított, vagy a szél iránya; a férfútnak kedvezett, ha a közösléskor északi szél fújt. Mikor már felismerték az ovulációt, és tudták, hogy a petesejt kijut a petefészkekből, és ezután történik a megtermékenyítés, az, hogy ez mennyi idővel ezután történt, döntötte el az utód nemét (ha hamar, akkor nő, ha későn, akkor férfi). Mindennek azonban csak történelmi érdekessége van.

Az emberi szervezet felépítését és működését meghatározó gének, tehát a teljes genetikai állomány 46 kromoszómába van csomagolva. Ebből 44 (2x22) autoszóma, tehát a testi felépítéssel kapcsolatos kromoszóma, amihez hozzájön a két szexkromoszóma (XX vagy XY), melyek a nemiség kialakulásáért elsörendően felelősek. Az ivarsejtben e mennyiség fele van, tehát 22+X (a petesejtben) vagy 22+Y (a spermiumban). Fogamzáskor a megtermékenyített petesejtben (a zigótában), amikor a férfi és női ivarsejt összeolvad, elvileg 50–50% az esélye annak, hogy 44 XX (nő) vagy 44XY (férfi) egyed fejlődik ki, attól függően, hogy milyen szexkromoszómákkal rendelkezik. A gyakorlatban azonban ez nem így van, 100 lányra világszerte 106 fiú esik születéskor, ami a férfinem fokozott esendősége miatt később kiegyenlítődik, majd megfordul. A nemiség első és alapvető meghatározói a nemi kromoszómák, azonban a helyzet korántsem ilyen egyszerű. A nemet ugyanis sokféle szempontból vehetjük figyelembe. Ennek alapján beszélhetünk kromoszómális nemről, gonádális nemről, anatómiai nemről (nemi megjelenés), pszichés nemről (nemi magatartás), és akár törvényes nemről is, mert a nem szerkezete rendkívül bonyolult, és az



1. ábra. Az X kromoszóma olyan méretű, mint az autoszóma, de az Y kromoszóma csak töredék

említett különböző nemi fogalmak lehetnek függetlenek egymástól, valamint az adott sorrendben őket megelőző nemi kategóriáktól is.

A kromoszómális nem: a nem alapja

Az X kromoszóma nagy, és mintegy 1600 különböző funkciót meghatározó gént tartalmaz, szemben az Y kromoszómával, amely kicsi, mintegy 50 gént tartalmazó „töredék”, és utóbbiak közül csak 27 az, ami a nem meghatározásában részt vesz (1. ábra). Ezek legfontosabbika az SRY (sex-determining region Y) gén, mely utasítást ad a gonád (here vagy petefészek) bipotenciális telepének, az ivarredőknek him (here) irányba történő fejlődéséhez. A gén (vagyis utasítás) hiányában a gonádtelep női irányban (petefészek) fejlődik, mivel az alapnem női, és a férfi nem kialakulása indukált, energiabefektetést igényel. Az SRY gén a SOX (SRY-like box) géncsalád tagja. Az utasítás TDF (testis determining factor) formájában jelenik meg, mely az SF1 fehérjével kapcsolódik, és így transzkripció (átírást indukáló) faktorrá vá-

lik, azaz hozzásegít egy másik transzkripció faktor, a SOX9 beindításához. Ez a genitális redők átalakulását váltja ki, melyből ebben az esetben a herék fejlődnek. További Y kromoszómás gének szabályozzák a spermiumok képződését.

Az Y kromoszóma méretével kilóg a kromoszómák közül. Feltételezik, hogy valaha ugyanolyan nagy volt, mint az X, azonban csak a hímnem indukciójával és működésével kapcsolatos génei maradtak meg, a többi elvesztette. Ugyanakkor az X kromo-

szóma teljes méretű, és a nem meghatározásában játszott szerepén kívül számos más folyamat szabályozásában is közreműködik.

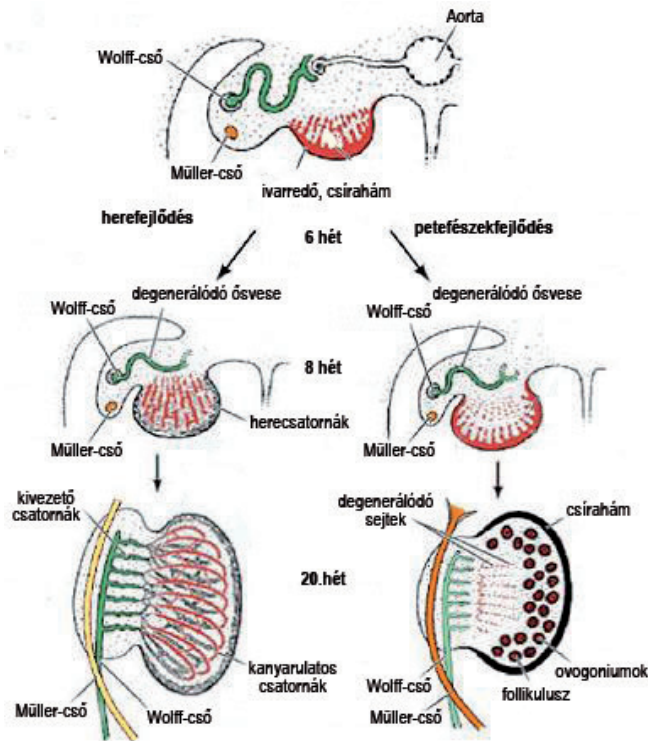
Bár a férfívé fejlődéshez az indukciót az Y kromoszóma adja, az X kromoszóma jelenléte is nélkülözhetetlen, már csak azért is, mert ez kódolja a férfi nemi hormon, a tesztoszteron receptorának génjét (TRG), tehát nélküle a tesztoszteron hatása nem nyilvánulhat meg. A csak Y kromoszómát tartalmazó zigóta életképtelen. Mivel az X és Y kromoszóma tömegében eltérés van, ez dóziskompensációval oldódik meg, azaz nőben az egyik X kromoszóma inaktíválódik. Ennek jeleként a maghártyához tapadva szex-kromatin jelenik meg (sötétre festődő testecske, melynek segítségével sejtkenetben a „tulajdonos” neme könnyen diagnosztizálható). Y kromoszóma hiányában és X kromoszóma jelenlétében nő fejlődik ki, a normális fejlődéshez azonban az inaktívált X kromoszóma sem nélkülözhető, mert ennek hiányában a petefészkek fejlődése csak az első három hónapban tart, a további fejlődés elmarad, és csikgonád alakul ki.

Ha a nemi kromoszómák száma kevesebb, vagy több mint kettő, ugyancsak problémák mutatkoznak a nem kialakulásában és működésében. Ilyenkor rendszerint a nemi kromoszómát alkotó két kromatida a redukciós osztódás (meiozis) alkalmával nem válik szét. Így lesz olyan ivarsejt, amelyben fölös mennyiségű X kromoszóma van, de lesz olyan is, amelyikben egyáltalán nincs. Mintegy 3500 nő között van egy Turner-szindróma (45X0) csikgonáddal, meddőséggel, esetleg mentális gyengeséggel. A triplo X (47 XXX) szindróma gyakoribb (1:300), a Turner-szindrómához hasonló tüneteket mutat, de ritkán termékeny lehet. Férfi vonalon a Klinefelter-szindróma 47 XXY kromoszóma-garnitúrával rendelkezik. Előfordulása 1:500. Alkatuk nőies, libidójuk csökkent értékű és terméketlenek. X kromoszóma nagyobb számban is jelen lehet, ami a feminin jellegét fokozza. [1]

Érdekes külön kiemelni az XYY-szindrómát, melynek viselője nem ritkán az átlagnál agresszívebb és szellemileg gyengébb, és bár az átlagpopulációban is jelen lehet, agresszív bűnözők között gyakrabban fordul elő.

A gonadális nem: a nemiség karmestere

Égészséges emberben az indifferens (bipotenciális) gonádelepből létrejövő két gonád egyike fejlődik ki, vagy petefészek (ovarium) vagy here (testis). A nemileg indifferens – tehát mindkét nemű ivarsejt létrehozására képes – ősvarsejtet az 5–6. héten vándorolnak be az ivarredőkbe, és kezdetben annak felszínén helyezkednek el, csirahámot hozva létre. Ennek megtörténte alapvető, hiányában sem here, sem petefészek nem alakul ki. [2] A továbbiakban az ivarredő fejlődésének irányát a már említett SRY-SOX gének komplex szabja meg: ha az Y kromoszóma és benne ezek a gének jelen vannak, a csirahám a mélybe vándorol és kötegeket hoz létre, melyekből később a here kanyarulat csatornái (a spermiumok termelői) fejlődnek ki. Ez a medullarizációnak (velősődésnek) nevezett folyamat a terhesség hatodik hetében kezdődik meg és a 12. hétre el kell érnie abba a stádiumba, amikor már nem engedi megtörténni az X kromoszómák által irányított kortikalizációt (kérgesedést), tehát a csirasejteknél a felszín alatt való elhelyezkedését és női ivarsejtek-



2. ábra. A gonádok fejlődése

ké fejlődését (2. ábra). Ha ezt a stádiumot nem éri el (késik), akkor a kortikalizáció is megindul, és mindkét nemű gonád kifejlődik (interszexualitás, valódi hermafroditizmus). A gonádok kialakulásához tehát a biszexuális ivarredők, és az ugyancsak biszexuális ősvarsejtek adják a szükséges nyersanyagot, míg a férfivé fejlődés irányát az Y kromoszóma jelenléte és erőssége szabja meg. Figyelembe véve a 12-ik hetes „határidőt”, ez utóbbi rendkívül fontos, és ennek labilitása, kis időre való gyengülése is a gonád működésének későbbi zavarához vezethet. Az egyik vagy másik irányba fejlődő gonádok hormonokat (androgének és ösztrogének) termelnek, melyek részben a fejlődés alatt, részben az egész élet folyamán szabályozzák a nemi folyamatokat. Ugyanakkor ezek egyike a tesztoszteront is szintetizáló Leydig-sejtek által termelt inzulinszerű 3. faktor (INSL3), a tesztoszteronnal együttműködve alapvető jelentőségű a here herezacskóba való leszállásában, ami a terhesség hetedik hónapjában következik be, és szükséges ahhoz, hogy a herében egészséges spermiumok termelődjenek. [5] Ha a herék nem tudnak leszállni, rejtettheréjűség (kriptorchizmus) lép fel, a spermiumok érésének zavarával és kóros formák termelődésével. Érett szervezetben az androgének és ösztrogének felsőbb szabályozója az agy, az úgynevezett hipotalamo-hipofízis rendszer, mely az agyalapi mirigy hormonjainak (follikulus stimuláló hormon – FSH, luteinizáló hormon –

LH) közvetítésével a gonádokat szabályozza. E rendszer működésének irányát, tehát hogy az folyamatos (férfi) vagy ciklikus-e (női), viszont a gonádok által termelt androgén, illetve ösztrogén hormonok állítják be, és itt megint a női az alapnem, a férfi típus kialakulásához az indukciót az androgén plusz adja. Említésre érdemes, hogy a mellékvesekéreg is termel androgén jellegű hormonokat, melyek kóros esetben befolyásolhatják az ivari fejlődést.

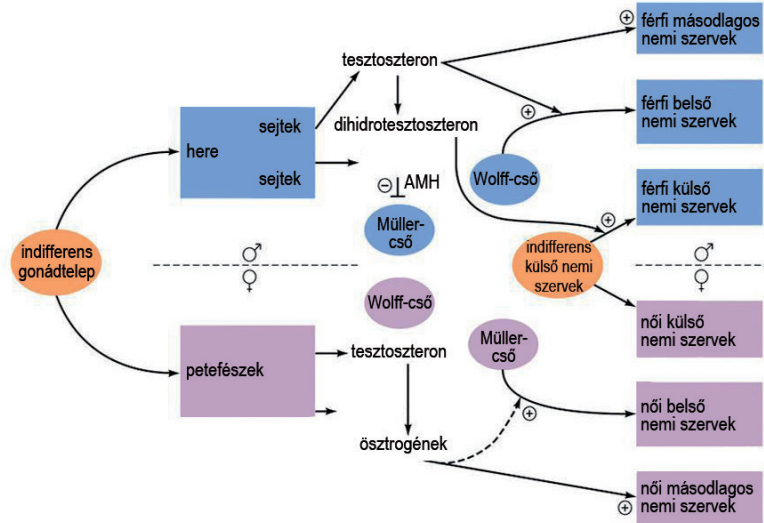
A gonádok alapján definiálják a hermafroditizmust (himműséget). A valódi hermafrodita nem gonádjával, tehát herével és petefészekkel is rendelkezik (rendszerint egybeolvadt ovotestis formájában), amihez a mindkét gonád hormonjai által előhívott képletek társulnak, tehát pénisz és nőies emlő, a péniszben a vulvának megfelelő hasadék stb. Leggyakrabban XX kromoszómával rendelkeznek, de egyéb lehetőség is van. A valódi hermafrodita különbözik az ál (pseudo)-hermafroditától, akinek rendszerint heréje van és női meg-

jelenése. Ez többféle is lehet. Legfurcsább a tesztikuláris feminizáció, azaz XY kromoszóma van, here van, de külsőleg szabályos nő fejlődik ki. Ilyenkor a here normálisan termeli a tesztoszteront, de az alkat kifejezetten feminin, csak az ivari szövet hiányzik. Nem működik (nincs meg) ugyanis a tesztoszteron-receptor gén, ha viszont nincs receptor, a hormon nem tud hatni, a Wolff-cső-képletek eltűnnek, miközben a Müller-cső-képletek (lásd később) spontán kifejlődnek, de az ivari szövetet nem tudja előhívni a hormon. Ennek ellentéte a veleszületett mellékvese-túlműködés, amikor a mellékvese androgéntúlúsít teremt a leánymagzatban, ami megnöveli a húgyvezetékét is tartalmazó csiklót és a herezacskót is kifejleszt.

Az anatómiai nem: minek néznek engem?

A belső nemi szervek esetében nőre a méh, a petevezeték és a hüvely hátsó része, míg férfira a dűlmirigy (prosztata), ondóvezeték és a mellékhere jellemző. A külső nemi szervek a szeméremtest (vulva), a hüvely elülső része és a csikló (klitoris), illetve a hímvessző (pénisz) és a herezacskó (scrotum). Ezen képletek kifejlődését ugyancsak indifferens telepekből a gonádok irányítják, és ugyanúgy a hím gonád, a here dominál, mint a kromoszómális nem esetében az Y kromoszóma.

A gonádok mellett két cső helyezkedik el, közelebb a Wolff-cső, mely a belső férfi nemi szervek telepe, távolabb a Müller-cső, mely a belső női nemi szerveké (3. ábra). A here Sertoli-sejtjei által termelt Müller-cső-gátló hormon (AMH) hatására a Müller-cső felszívódik, míg Wolff-cső-képletek kifejlődnek. Ugyanakkor a Müller-cső-képletek fejlődésükhöz nem igénylik a petefészek jelenlétét, spontán megmaradnak, ha az AMH nem gátolja őket fejlődésükben. A here másik sejtje a Leydig-sejt, ami tesztoszteront (androgén hormonokat) termel, és ez indukálja a Wolff-cső-képletek fejlődését, ez tehát nem spontán folyamat. Így a lányembrió korai (150 mm-s hosszánál kisebb) fejlettségi állapotában a szervezetbe kerülő, vagy ott körösen termelődő androgének megindíthatják a Wolff-cső fejlődését is, tehát mindkét nemre jellemző belső nemi szervek jelennek meg. Az ivargumó a kilencedik terhességi hétig azonos küllemű a lány- és fiúembrióban. Ekkor azonban XY esetben androgénhatásra növekedésnek indítja és létrehozza a péniszt. Ha az androgénhatás (túlsúly) 150 mm-nél hosszabb lányembrióban következik be, akkor az a külső nemi szervekben okoz változást, például jelentősen megnő a csikló (pé-



4. ábra. A nemi apparátus fejlődésének áttekintése

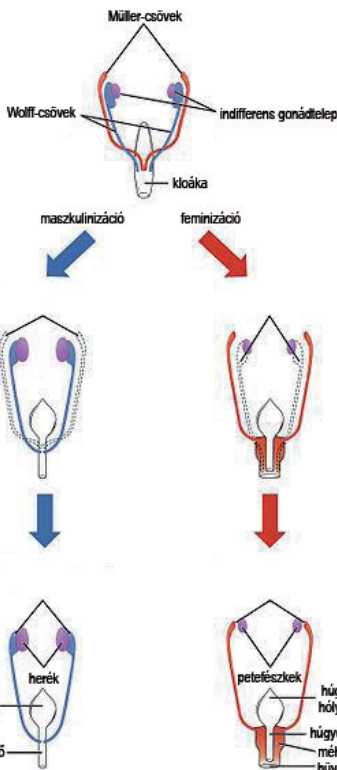
telepből férfiban a herezacskó és a pénisz, míg nőben a vulva (kis és nagyajkak, csikló). Ugyancsak e hormonok hatására alakulnak ki a másodlagos nemi jellegek: a tipikus szőrnövekedés, a hangszín, az emlők, a medence szélessége stb. A nemi apparátus fejlődésének összefüggéseit a 4. ábra mutatja.

meg, melyik nembe kíván tartozni. Korábban ez nem volt így és ma sincs így a vallásoktól mélyen befolyásolt konzervatív országokban, amint ahogy a demokratikus országok köztudatában is nehezen rögzül.

Jobb híján a pszichés nem kategóriájába sorolódik be a transzszexualitás és homoszexualitás is, mivel okaik, mozgatórugóik pontosan nem ismertek. A pszichés hatások, az ellentétes nembe tartozás vágya, illetve annak megnyilvánulása olyan mértékű lehet, hogy transzszexualitás esetén a sebészi beavatkozás sem kizárt. Enyhébb esetben ez csak a másik nem ruházatának viselésében, magatartásának utánzásában nyilvánul meg (transzvesztita). Homoszexualitás esetében jelentős próbálkozások történtek a biológiai alapok meghatározására, eddig azonban nem történt áttörés. Ugyanakkor az átlagostól való eltérések tapasztalhatók a hormon-szintekben, és jelentős méretbeli különbségeket találtak az agy nemi magatartásért felelős régiójában, ami homoszexualitás vagy transzszexualitás esetében jóval kisebb, mint a heteroszexuálisaké, és szinte azonos a nőkével [4], ami születés körüli beállítódási zavarra utalhat. Ez cáfolja a nevelés, illetve a környezet (katonaság, börtön) oki tényezőként való elfogadását, miközben provokáló hatásuk az arra biológiailag előkészített személyekben nem tagadható.

A törvényes (hivatalos) nem

Születésekor mindenkit besorol valamilyen nembe az anyakönyvvezető, ez lesz a törvényes neme (nő, férfi). Ez a nem az élet folyamán az adott személy pszichés nem által befolyásolt kívánsága szerint változtatható,



3. ábra. A belső nemiszervek fejlődése

nisszerűvé válik). A külső nemi szervek kialakulása a terhesség harmadik hónapjában indul meg az adott gonád hormonjainak (androgének és ösztrogének) hatására. Így alakul ki a közös

A pszichés nem: minek tartom magam?

A pszichés nem normális körülmények között a kromoszomális és gonadális nem által, valamint a nemi megjelenés által meghatározott. Előbbiek által azért, mert a hormonok hatása alapvető, utóbbi által azért, mert az ember saját magát tanulmányozva is megállapítja, hová tartozik. Másrészt mert mások által is emiatt lesz besorolva, nálunk például a lányt már születéskor rózsaszín, a fiút kék ruházzal várják. A nemmel kapcsolatos társadalmi szokások hatása jelentős, és vallásoktól, földrajzi régióktól, korszakoktól befolyásolt, ami azt is jelenti, hogy ugyanabban az időszakban nagy eltéréseket mutat. Mivel a családi ráhatásnak is van közvetlen szerepe, a pszichés nem általánosságban nem határozható meg, mert egyéni bizonyos csoportokon belül. Ennek ellenére vannak bizonyos általános pszichés nemi jellegzetességek, főleg, ha a női és férfi nem pszichéjét vetjük össze. Ezek a valaha éles különbségek korunkban csökkenni látszanak, ami a viselkedés, öltözködés, dominancia-viszonyok stb. hasonulásában mutatkozik meg.

A pszichés nem független lehet az összes többi nemi kategóriától, és ezt napjainkban a fejlett demokratikus országokban el is ismerik. Tehát az egyén saját maga határozhatja

ami azt jelenti, hogy a törvényes nem egyik kategóriájából a másikba kerül át, de újabbban lehetséges az interszexként való meghatározás is. Ezek a lehetőségek azonban társadalmilag meghatározottak, tehát a Föld korlátozott területére terjednek ki.

Minél bonyolultabb, annál több a hiba

Mivel az ember nemi felépítése rendkívül bonyolult, sok tényező egymásra hatása alakítja ki. A nemi szervek telepei kezdetben indifferensek (bipotenciálisak) és a nemi kromoszómák által előhívott gonádok hormonjai fejlesztik ki azokat – normális körülmények között az egyik irányban. Ebből következik, hogy számos találkozási pontnak kell időben és térben egyeznie ahhoz, hogy a fejlődés valóban egyirányú, azaz normális legyen. A normális fejlődéshez szükséges harmóniát azonban számos belső és kívülről bekerülő tényező zavarhatja meg, könnyebben, mint a kevésbé bonyolult felépülő rendszerek esetében. A belső tényezők hatása az ősidők óta végbemegy, ha ennek regisztrálása a jelenleginél kevésbé történt is meg. Kívülről azonban minőségileg és mennyiségileg nagyságrendekkel kevesebb zavaró tényező jutott be az emberi szervezetbe, mint napjainkban, ennek ellenére már a század elején is riasztó volt a nemiséggel kapcsolatos problémák mennyisége. Az Egyesült Államokban végzett felmérés szerint 1/100 volt a mennyisége azoknak, akiknek a teste eltért a normál női vagy férfi alkatától és 1–2/1000, akiknél sebészeti beavatkozásra volt szükség (27 000 műtét/év) a genitális apparátus „normalizálásához”. [5,6] A statisztika nem pontos, mégis jelzi a probléma méretét. És úgy tűnik, a java még csak most jön. Ezzel a problémakörrel foglalkozik a cikk második része. 📖

Irodalom

- [1] Csaba G. Orvosi Biológia. Semmelweis Kiadó Budapest 1994
- [2] Törő I, Csaba G. Az ember normális és patológiás fejlődése. Akadémiai Kiadó, Budapest 1964
- [3] Nef S, Parada L.F. Hormones in the male sexual development. *Genes Develop* 14, 3075-3186, 2000
- [4] Swaab DF, Garcia-Falgueras A. Sexual differentiation of the human brain in relation to gender identity and sexual orientation. *Funct Neurol* 24, 17-28 2009.
- [5] Fawzy F. et al. Cryptorchidism and fertility. *Clin Med Ins Repr Health* 9, 39-49 2015
- [6] Blackless M. et al. How sexually dimorphic are we? *Review and synthesis*. *Hastings Center Rep* 28, 3, 24-35 2000

Minek nevezzetek?

A Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Szövetség (*International Union of Pure and Applied Chemistry, IUPAC*) 2016 júniusában négy új elem elnevezését hagyta jóvá. [1–2] Ezek a következők:

- a 113. rendszámú **Nihonium**, vegyjele **Nh**, amelyet a japán RIKEN Nishina Centerben fedeztek fel. Nihon a japán nyelvben az ország egyik elnevezése, szó szerint „a felkelő nap országa”
- a 115. rendszámú **Moscovium**, vegyjele **Mc**, a Moszkva melletti Dubna városában működő Egyesített Atommagkutató Intézet munkásságát elismerve, ahol az elemet felfedezték
- a 117. rendszámú **Tenneszine**, vegyjele **Ts**, az amerikai Tennessee államra utalva, elismerve az ott működő *Oak Ridge Nemzeti Laboratórium*, a *Vanderbilt Egyetem* és a *Tennessee Egyetem* hozzájárulását a szupernehéz elemek kutatásához,
- a 118. rendszámú **Oganesson**, vegyjele **Og**, amelynek felfedezése a dubnai *Egyesített Atommagkutató Intézet* és a *Lawrence Livermore National Laboratory* együttműködésének eredménye. A névvel az 1933-as születésű *Jurij Oganesszján* örmény származású kutató kiemelkedő munkásságát kívánják elismerni a transzaktinida elemek, valamint a szupernehéz elemek magfizikájának kutatásában, különös tekintettel a „stabilitási sziget” felfedezésére. [3]

Jurij Colakovics Oganesszján 28 éves korában csatlakozott a dubnai Egyesített Atommagkutató Intézetben *Georgij Fljorov* professzor csoportjához. Ma már a Fljorov Magreakció Laboratórium (*Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, FLNR*) igazgatója. A atommagszintézis és a stabilitási sziget kiemelkedő kutatója, a *Flerovium* szupernehéz elem felfedezője, akinek a felfedezését tíz évvel később, 2009-ben amerikai kutatók is megerősítették.

A IUPAC 2016 novemberében erősítette meg, hogy a 118. rendszámú elemet *Jurij Oganesszjánról* nevezik el. Korábban összesen csupán egy tucat tudós részesült abban a megtiszteltetésben, hogy elemet neveztek el róla (*curium, einsteinium, fermium, mendelevium, nobelium, lawrencium, rutherfordium, seaborgium, bohrium, meitnerium, roentgenium, copernicium*), és ezek közül csak egy tudós, Glenn Seaborg volt életben a névadás idején. Ma már csak *Jurij Oganesszján* az egyetlen élő tudós, akinek neve szerepel az elemek periódusos táblázatában.

Ebből az alkalomból a *New Scientist* folyóirat interjút közölt a kiemelkedő tudóssal *Richard Gray* tollából.[4] Érdemes az interjúból néhány érdekes részletet kiemelni.

– *Őn az egyetlen élő személy, akiről elemet neveztek el. Milyen érzés csatlakozni Albert Einsteinhez és Marie Curie-hez?*

– Számomra igazán nagy megtiszteltetés. A 118-as elemet az oroszországi Egyesült Atommagkutató Intézet és az amerikai Lawrence Livermore National Laboratory kutatói fedezték fel, és a kollégáim javasolták az Oganesson elnevezést. Gyermekeim és unokáim évtizedek óta az Egyesült Államokban élnek, de a lányom azt írta, hogy a hír hallatán egész éjjel nem aludt, mert végig sírt. Az unokák, mint minden fiatal, hűvösen reagáltak.

– *Hány elemet segített felfedezni, mióta 1956-ban dolgozni kezdett a témában 1956-ban?*

– Hosszú idő telt el azóta. Amikor elkezdtem, csak 101 elem volt ismeretes. Most már 118 van, és betöltik a periódusos rendszer hetedik sorát. Mióta csatlakoztam a Fljorov Laboratóriumhoz, főként új elemek előállításával foglalkoztam, ezért tudtam segédkezni a felfedezésükben. A mi együttműködésünk az amerikai kutatókkal még a hidegháború idején is igen szoros volt.

– *Hogyan állítják elő a szupernehéz elemeket?*

– Nagy nehézségek árán. Ahhoz, hogy egy atom létrejöhessen, szükség van egy magra, hogy egyensúlyt teremtsen a vonzó és tasztító erők között, ezért „mágikus számú” protonra és neutronra van szükség. Új elemeket úgy hozunk létre, hogy atomokat felgyorsítunk a fénysebesség egytizedére, és nehezebb, céltárgy elemekkel ütköztetjük. Amikor az ütközés létrejön, van némi esély arra, hogy összeolvadnak és szupernehéz atommagot hoznak létre.

A kutatások tovább folynak, és feltehetően újabb elemeket is sikerült majd felfedezni. Az olvasóban csak az az érdekes kérdés fog felmerülni: mekkora rendszámú él majd véget az elemek periódusos rendszere?

B. GY.

Irodalom

- [1]. <https://iupac.org/iupac-is-naming-the-four-new-elements-nihonium-moscovium-tennessine-and-oganesson/>
- [2]. <http://www.panarmenian.net/eng/news/214255/>
- [3]. https://en.wikipedia.org/wiki/Yuri_Oganessian
- [4]. <https://www.newscientist.com/> 2017. április 11.

Hatásos kombinációk

Beszélgetés Hudecz Ferenc akadémikussal

Az ELTE Szerves Kémia Tanszékén lévő dolgozószobájában beszélgettünk Hudecz Ferenc professzorral, akit nemrégiben választottak meg az Akadémia rendes tagjává. A tanszék a magyarországi peptidkémia egyik bölcsője. A szakterület a múlt század ötvenes éveiben, Bruckner Győző professzor munkássága nyomán bontakozott ki, s mindmáig ez maradt a tanszéken folyó kutatások egyik fő területe. Hudecz akadémikus teljes életpályája ehhez a tanszékhez kötődik.

– Melyek professzor úr kutatásainak fő irányai?

– Már tanszéki munkám kezdetén, amikor témavezetőm, Szekerke Mária irányításával diplomamunkámat, illetve doktori dolgozatomat készítettem, találkoztam azzal a két-három molekulatípussal – peptidekkel, fehérjékkel, illetve a különböző rákellenes hatású molekulákkal –, amelyek ezután egész pályafutásomat végigkísérték. Ugyancsak ekkor köteleződtem el amellett, hogy kémikusi, biokémikusi tudásomat a gyógyítás szolgálatába állítom.

Jelenleg bizonyos fehérjék szerkezetének mélyebb megismerésén dolgozunk munkatársaimmal, ami azért fontos, mert a természetes struktúrák módosításával olyan, a természetes fehérjéknél hatékonyabb immunreakciót kiváltó úgynevezett „szuperantigének” állíthatók elő, amelyek alkalmasak a Herpes simplex vírus, illetve a tuberkulózisfertőzés, valamint bizonyos tumorok korai kimutatására és az ezek ellen ható szintetikus vakcinák kifejlesztésére.

Kutatásaink másik fő iránya a biokonjugátumok előállítására. Ezek olyan molekulák, amelyekben egy hosszabb-rövidebb szintetikus polipeptid-, vagy természetes eredetű fehérjelánchoz kapcsolunk egy vagy több biológiailag hatásos kisebb molekulát, amelyek így célzottan tudnak bejutni az elpusztítani kívánt daganatsejtbe, vagy a tumoros sejtekhez kötődve jelzőanyagként segíthetik elő a betegségek korai felismerését. Ez a kutatási terület körülbelül negyedszázada fejlődött ki, s egyre több eredményt tud felmutatni.

– Megismertetné olvasóinkat néhány konkrét eredményével is?

– Elsőként egy olyan eredményünket említettem meg, amelynél felhasználtuk a kombinatorikus kémia módszerét, amit tanszékünkön dolgozott ki Furka Árpád professzor a nyolcvanas évek elején, és azóta világszerte elterjedt. Az eljárásához szükséges eszközök, berendezések előállítására napjainkra egy egész iparág ala-

kult ki. Arra voltunk kíváncsiak, hogy a tumoros szövetekből származó fehérjék (pl. mucin-1 és -2 glikoproteinek, azaz cukormolekulákat is tartalmazó fehérjék) esetében pontosan milyen annak a résznek a szerkezeti felépítése (aminosav összetétele, aminosavsorrendje), amely immunválaszt vált ki a szervezet erre „szakosodott” sejtjeiből. Ennek ismeretében egyrészt hatékony diagnosztikai módszer dolgozható ki a rák korai felismerésére, másfelől a szervezet immunreakciójának felerősítésére alkalmas hatóanyagok állíthatók elő. Ahhoz, hogy a kérdésre választ kapjunk, a vizsgált fehérjék egy rövid, mindössze 4 aminosavat tartalmazó szakaszának 2 pontján kellett próbálnunk valamennyi lehetséges aminosavat, azaz 19x19, tehát 361 modellvegyületet kellett szintetizálnunk. Erre kiválóan alkalmas módszernek bizonyult a kombinatorikus kémia, amelynek segítségével úgynevezett peptidtárakat szintetizáltunk, s az immunreakciók tesztelése után csak azokat a molekulákat állítottuk elő tiszta formában, amelyek ezekben az előzetes tesztekben hatékonyaknak bizonyultak.

Másodszor egy, főként a trópusi területeken elterjedt parazita fertőzés, a *Leishmania* ellen előállított hatásos biokonjugátumot említettem meg, amelyben egy ismert, egyébként rákellenes szert, az úgynevezett metotrexátot kapcsolunk egy peptid típusú hordozóhoz. Az általunk kifejlesztett molekulakombináció 95%-kal csökkentette a paraziták számát a kalkuttai együttműködő partnereink által vizsgált fertőzött egerek májában/lépében. A kísérletek azért is fontosak, mert ezek az élős-



Ma is azokkal a peptidekkel, fehérjékkel, rákellenes hatású molekulákkal foglalkozom, amelyekről már tanszéki munkám kezdetén megismertem

ködök, amelyeket az ún. lepkeszúnyogok terjesztenek, már a mediterráneumban is kezdenek elterjedni, sőt egy esetben (kutyában) már hazánkban is kimutatták a jelenlétüket.

– Tudjuk, hogy „a rák gyógyszerének” kifejlesztésére hiába várunk, hiszen ahány fajta van a rákbetegségnek, annyiféle terápiát kell alkalmazni. Ezen a területen minden részeredmény nagy figyelmet kelt, s az önök kutatócsoportja is komoly előrehaladást ért el a rák elleni küzdelemben. – A daunomicin nevű ismert és hatékony rákellenes szert („piros anyag”) kombináltuk egy polipeptid láncmolekulával, s mivel ennek a biokonjugátumnak az elektromos töltésviszonyai mások voltak, mint az ere-

deti kismolekulái, sokkal hatékonyabbnak bizonyult, ráadásul a kellemetlen mellékhatások is jelentősen csökkentek. A rákos kísérleti egerek több mint 80%-os túlélést mutattak, ha ezzel a szerrel kezelték őket.

A különböző alkotórészek kombinációi más betegségek esetében is sikerrel kecsegtetnek. A rheumatoid arthritis egy igen kellemetlen, az ízületek gyulladásával járó ún. autoimmun betegség, amelynek során a szervezet saját védekező rendszere nem egy idegen anyagra, hanem a szervezetben mindig jelenlévő fibrin nevű fehérjemolekulák közül azokra „támad” – s okoz ezzel gyulladást –, amelyekben az egyik aminosav oldallánca egy kissé átalakult. Ez az átalakulás valamennyiünk szervezetében rendszeresen végbemegy, betegek azok lesznek, akiknél ez túlzott mértékű, pél-

malmas lehet arra, hogy egy szilárd hordozóhoz kötve, a vérszérumból „kifogja” a beteg szervezetben termelődő ellenanyagokat, lehetővé téve ezzel a betegség korai felismerését. Nem mindegy azonban, hogy a peptidlánc melyik végét (az ún. N- vagy a C-terminálist) kötjük a hordozóhoz.

– *Professzor úr még az akadémikusoknál megszokottnál is szélesebb körű társadalmi, közéleti aktivitást fejt ki. Kérem, említsen meg néhányat ez irányú elfoglaltságai közül.*

– 2010 és 2016 között az 1989-ben alapított Európai Peptid Társaság elnöke voltam, amit nagyon élveztem, de meglehetősen sok szervezési munkát is igényelt. Tavaly egy spanyol kolléga vette át ezt a tisztséget. Tiszteletbeli elnöke voltam a 2011–2015 közötti időszakban a Dunamenti

Végül megemlítem, hogy kuratóriumi tagja vagyok a Szekerke Mária Rákkutatásért Alapítványnak (<http://www.rakkutatasesert.hu/>), amelynek tevékenysége egyaránt kiterjed a hazai rákkutatás támogatására, illetve a nehéz anyagi helyzetbe került rákbetegek segítésére is. A kuratórium elnöke korábban orvosegyetemi professzortársam és barátom, Kéry György volt, akit alkotóereje teljében tavaly ragadt meg el a halál.

– *Valamennyi társadalmi tisztségének csak a felsorolása is szétfeszítené ennek a beszélgetésnek a kereteit, de feltétlenül megemlíteném ezek közül a Konfuciusz Intézetek Központjának Igazgatótanácsában viselt tiszteleti tagságát és a Szezsuan Egyetemen betöltött tiszteletbeli egyetemi tanári címét, valamint két, a közelmúltban kapott kitüntetését (Socius Honoris Causa Medal [Alapítvány az Orosz Nyelvért és Kultúráért] és Individual Performance Excellence Award [Confucius Institute Headquarter, Peking]).*

– Ezek a megtisztelő külföldi elismerések 2006 és 2010 közötti rektori működésemhez kötődnek. Nagy örömmre szolgált, hogy segíthettem Szvák Gyula professzor úr tevékenységét, amikor létrehozta a Russzkij Mir orosz kulturális intézetet (www.russtudies.hu/), amely azóta is kiválóan működik. A kínai elismeréseket pedig azért kaptam, mert 2006-ban Hamar Imre sinológus professzor közreműködésével létrehoztuk az ELTE-n a Konfuciusz Intézetet (www.konfuciuszintezet.hu/), amely igen gyorsan, mindössze két év elteltével követte a világon elsőként Koreában létrehozott intézet megalapítását. Úgy az orosz, mint a kínai intézet tevékenységének célja az anyaország kultúrájának, mindennapi életének külföldi megismertetése és népszerűsítése. Ehhez jó alapot adott, hogy a bölcsészkaron már 1924 óta folyamatos a kínai nyelv oktatása.

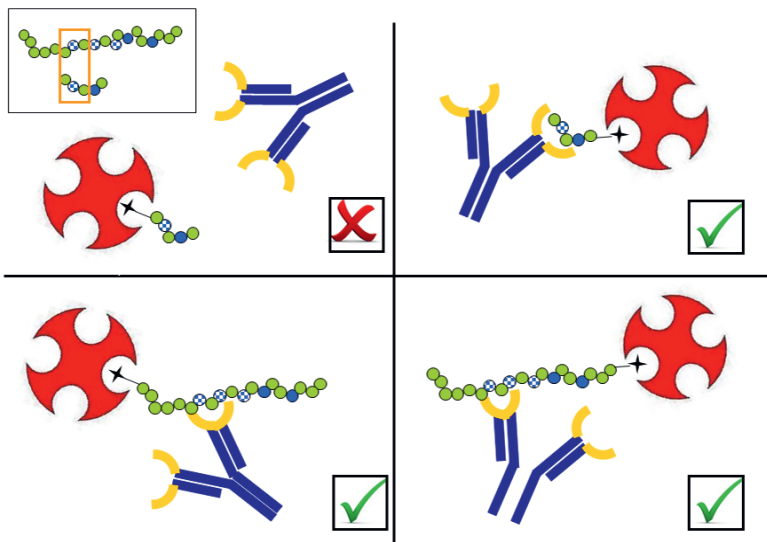
– *Fia nem követi nyomdokait, egyiptológus lett, ami nem tekinthető mindennapi foglalkozásnak.*

– András fiam több sikeres ásatáson is részt vett Egyiptomban, de ma már nem ezzel keresi a kenyerét. Az okát, gondolom, könnyű kitalálni... Közgazdászdiplomájának manapság sokkal nagyobb hasznát veszi.

– *Van egy igen érdekes hobbija is, a kés-tartók gyűjtése.*

– Édesanyám férjének háztartásában találkoztam először késtartókkal, a letűnt polgári békeidők sajátos hírmondóival. Azóta keresem ezeket a bolhapiacokon. Mivel mindegyik más stílusú, rendszerint iparművészeti kialakítású kis tárgy, érdekes egymás mellé téve szemlélni őket, ahogyan a kutatásaink során elért eredményeinket, a hatásos peptidkombinációkat is.

Az interjút készítette: GÁCS JÁNOS



A rheumatoid arthritisre jellemző megváltozott szerkezetű fehérje egy részlete is alkalmas lehet arra, hogy „kifogja” a vérből a beteg szervezetben termelődő ellenanyagokat (Forrás: Magyar Kémiai Folyóirat 2017, megjelenés alatt)

dául a dohányzás következtében. Együttműködve az ELTE Immunológia Tanszékével, Sármay Gabriella professzor aszszonnyal egy olyan komplex hatóanyagot dolgoztunk ki, amely nanoméretű szerves polimergyöngy felszínéhez kötve kétféle molekulát tartalmaz: egyet, amely hasonló szerkezetű, mint az említett módosult fibrin láncrész, s emiatt megtapad a túlzott aktivitást mutató immunsejt felszíni receptorain, ezáltal mintegy blokkolva annak működését, s egy másikat, amely a sejt kilyukasztását előidézve, elpusztítja a túlzott aktivitást kifejtő immunsejtet.

A betegségre jellemző megváltozott szerkezetű fehérje egy 19, vagy akár csak egy 5 aminosavat tartalmazó részlete is al-

Rektori Konferenciának, amely több mint 30 éve, még a rendszerváltás előtt jött létre, alapító tagjai a Bécsi és a Linzi Egyetem, valamint az ELTE voltak. Ez az akkor még létező „vasfüggönyön” átnyúló együttműködés az adott időszakban igen nagy jelentőségű volt. Ma már több mint 60, a régióban működő egyetem vesz részt ebben az együttműködésben, amely nevénytől eltérően, valójában nem a rektorok, hanem az egyetemek kommunikációját, koordinált tevékenységét hivatott elősegíteni.

Az MTA Doktori Tanácsának társelnöke vagyok. Ez a testület többek között az akadémiai doktori címek elnyeréséhez szükséges feltételrendszer karbantartásával, korszerűsítésével is foglalkozik.

MEZŐ SZILVESZTER

Öserdők mélyén, vulkánok hátán Costa Ricában

A Nicaragua és Panama között elhelyezkedő, durván 51 ezer km² területű Costa Rica a vulkanológusok paradicsoma. A címerében három, a földjén tíz-nél is több tűzhányó található, melyek közül hét-nyolc mutat valamilyen fokú aktivitást. Kialakulásuk a földtörténeti újharmadidőszakra (neogénre) és a negyedidőszakra esik, ezért geológiailag fiatal képződmények. Nagy részük az ország középső részén emelkedő *Cordillera Central* és az északon húzódó *Cordillera de Guanacaste* vonulatain ül. Legismertebbek az *Irazú* (3432 m), a *Poás* (2708 m), a *Barva* (2906 m), a *Turrialba* (3339 m), a *Cerro Negro* (2136 m), az *Orosi* (1541 m), a *Cacao* (1659 m), a *Miravalles* (2026 m), a *Santa María* (1916 m), a *Rincón de la Vieja* (1895 m) és az *Arenal* (1633 m).

Costa Rica-i útiterveembem három vulkán és két tengerparti nemzeti park felkeresése szerepelt. Elsőként a fővárostól, San José-től 32 kilométerre található Poás mellett döntöttem, s hogy erőt merítsek a hegyi túrához, a központi piacsnokban elfogyasztottam egy helyi ételspecialitást, a fehér rizszel kevert fekete babot, amihez desszertként olajban sült banánszeleteket és édes trópusi gyümölcsökből facsart szirupos levet rendeltem. Mint később kiderült, nem lett volna szükség ekkora cukorbombára, mert a város központjából menetrend szerint induló légkondicionált autóbuszok egészen a kráter pereméig felviszik utasaikat. Az aszfaltozott parkolóból pedig már pár perces könnyű sétával elérhető a jelenleg is aktív központi kráter, melynek mérges gázokat lehelő torkába szinte páholyból tekinthet az ide látogató. A középkori Európában az ilyen helyeket az alvilágba vezető út kapuinak tartották. Még a XVII. században élt német jezsuita szerzetes, *Athanasius Kircher* (1602–1680) világfelfogásában is a földgolyó mélyén helyezkedett el a pokol, ahová a vulkánok kráterein keresztül lehet eljutni. Costa Ricában is sokáig „gonosz helyeknek” tartották a tűz-

hányókat, amiket jobb elkerülni. A gyarmati időkben történt, hogy egy pap kizárólag azért mászott fel az egyik vulkán ormára, hogy megkeresztelje a magaslattal és meghintse szenteltvízzel a füstölgő krátereket. Az évszázados tévhitnek eloszlatásában nagy szerepe volt a lassan kibontakozó tudományos kutatásoknak. Első európaiként egy német természettudós, *Alexander von Frantzius* (1821–1877) végzett földrajzi megfigyeléseket a Poáson 1860-ban. Utána más tudósok is elutaztak ide, hogy a helyszínen tanul-



Forgalmas utca San Joséban, a fővárosban

mányozzák a vulkán működését. Eredményeik nyomán ma már jól ismerjük a Poás fejlődéstörténetét. A kiömlési és törmelékes kőzetekből felépülő rétegvulkán kialakulása a pliocénben kezdődött el. Az ismétlődő bazaltos lávafolyásokat gázkitöréses anyagszórások követték, kialakítva ezzel a sztrativulkán hatalmas dómját. A csúcson két nagyobb kráter található. Az aktív főkráter, a 300 méter mély *Crater Principal* van alacsonyabban. Ennek belsejét kék színű tó vize tölti ki, ami biztosítja a kitörések egyedi jellegét.

A vulkán működése szakkifejezéssel élve *freatikus*, ami időről időre a gejzirekhez hasonló látványos, 30–50 méter magas vízoszlopok kialakulásában nyilvánul meg. Mindez azért történik,

mert a magmakamrát a kráterrel összekötő kb. 1000 méter hosszú kürtő legfelső részét egy megszilárdult lávadugó eltorlaszolta, amin keresztül csak hő, vízgőz és különböző gázok távozhatnak. Ha a mélyben uralkodó óriási feszültségek nem tudnak ilyen módon kioltódni, pusztító erejű kitörés is lehetséges. 1910-ben az explózió során kilövellt anyag 8–9 ezer méter magasba emelkedett és a heves kitörés komoly károkat okozott a környék kávéültetvényeiben. Ilyen pusztításra szerencsére csak ritkán ke-

rül sor, de a vulkán közelebről történő tanulmányozása a csendesebb időszakokban sem veszélytelen vállalkozás. Megfelelő védőfelszerelés nélkül nem tanácsos a kráter mélyebb részeit felkeresni, mert a vulkáni utóműködés különböző vegyi összetételű gázkiáramlásokat produkál, amelyek között emberi egészségre ártalmas és

esetenként nagyon magas hőmérsékletű, akár 900 °C-os exhalációk is lehetnek. A krátertő vize savas és meleg, általában 50 °C körüli, de volt idő, amikor a 90 °C-ot is meghaladta. A közelében található földpiramisszerű kiemelkedések vulkáni törmelékből (piroklasztitból), iszapos agyagból és olvadt kénből épülnek fel. Ezek csupasz felszínét és a régi kalderaperem, a *Crater Antigo* belső oldalait esővíz-barázdák egymással párhuzamos vonalai szabdalják fel. A valamivel magasabban nyíló *Botos-kráter* már régóta inaktív. Négy száz méter átmérőjű tölcsérében szintén kis tó, a *Laguna Botos* vize halmozódott fel. A szinte teljesen növényzetmentes főkráterrel ellentétben a Botos külső és belső oldalát egyaránt sűrű erdő fedi, mely



A Poás vulkán

zöld süveggént borul a vulkán ormára. A gazdag vegetációt a passzátszelek által ide sodort vízgőzzel telt légrétegek öntözik, melyek esőterhűtől a hegyek keleti lejtőin szabadulnak meg. A bőséges, 7–8 ezer milliméternyi éves csapadék fajgazdag növénytakarót éltet, amit az ország egyik legismertebb, 1971-ben alapított nemzeti parkja keretében felügyelnek. A 6500 hektáros védett terület nedvességtől csöpögő erdeiben az ágakat tömött mohapárnák burkolják be, a szakállszerűen alácsüngő zuzmók függőnyei mögött pedig tölgyek, nagy termetű podocarpusok és élő növényi kövületekként, ősi páfrányfák nőnek. A Poás ösvényeit járva elkapott egy hirtelen érkező zápor. Ha nem lett volna nálam esőkabát, talán lehasítok egy leveles szarát az egyik útmenti növényről (*Gunnera insignis*), amit méretesen nőtt levelei miatt „szegény ember esernyőjeként” tart számon a helyi köznyelv.

Az eső elől végül a buszparkoló mellett található kis földtudományi bemutatóközpontba menekültem, ahol a térségre jellemző lemeztektonikai folyamatokkal ismerkedtem. Az ország és vele együtt az egész földhíd egy bonyolult rendszer része, ahol a nagyobb és kisebb litoszféra-táblák egymáshoz képest történő elmozdulása aktív vulkanizmust és erős szeizmicitást eredményez. Costa Rica területe a *Cocos* és *Antilla* (*Karib*) lemezek határán található. Az évente pár centiméteres sebességgel keleti, északkeleti irányban mozgó *Cocos*-lemez a földhíd nyugati oldalán ütközik az *Antilla*-lemezzel, ami az előbbi alábukásra kényszeríti. A szubdukciós zóna mélységbeli feszültségei a felszínen vulkánkitörések és földrengések formájában mutatkoznak meg. Az utóbbi idők egyik legnagyobb rengése 1991. április 22-én rázta meg Costa Ricát. A Richter-skála szerint 7,4-es magnitúdójú lökések fő-

ként a keleti, délkeleti partvidéken okoztak jelentős károkat. Többek között ekkor vált használhatatlanná a San José–Limón vasútvonal is, ami korábban kényelmes és gyors lejutást engedett a Karib-tenger partjára igyekvőknek. Utam következő szakaszán én is erre a területre utaztam, de az említett okok miatt nem a hangulatos dzsungelvonat, hanem egy zsúfolt autóbusz vitt a Kolumbusz által felfedezett egzoti-

kus partszakaszra.

Négyórás utazás végén érkeztem meg *Cahuitába*, a Puerto Limóntól 43 kilométerre délre fekvő tengerparti faluba. Azért esett a választásom erre a településre, mert a közelében található Costa Rica délkeleti parti síkságának, a *Llanuras del Atlánticónak* egyik érdekes természetvédelmi területe, a *Cahuita Nemzeti Park*. A környék megismeréséhez bázisul választott falucska nem sok látnivalót kínált, ám a hamisítatlan karibi hangulat, ami jellemezte ezt a vidéket, varázslatos volt. A cölöpökre épült bádogtetős faházak dúsán tenyésző kertjeiben kókusz, papaja, banán és más trópusi haszonnövények nőttek. A szellős lakóépületek nyitott ablakain át sokfelé reggae és ritmusos afrikai zeneszámok dallamai szűrődtek ki az utcákra, ahol élénk ricsajtól kísérel néger és mulatt gyermekek futbaloztak vídáman. Costa Rica népességének csupán 2–3%-a fekete, de túlnyomó részük az országnak ezen a vidékén, a Limón környéki területeken él. Őseik még a XIX. században érkeztek ide a Karib-szigetvilágból, elsősorban Jamaikából. Többségük a partvidék banánültetvényein és az akkoriban meginduló vasútépítkezéseken helyezkedett el. Hagyományaikhoz, vallásukhoz a mai napig ragaszkodnak. Nagy százalékban protestánsok és sokan nem a spanyol, hanem az angolnak egy erősen torzított helyi változatát, a *creole englisht* beszélik.

Az 1970-ben alapított nemzeti park Kelly Creek nevű bejárata közvetlenül Cahuita mellett található, ezért a faluból gyalog is megközelíthető. A partot 8–10 kilométer hosszan és 1–2 kilométer széles sávban kísérő védett terület többféle biotópot foglal magába. Síkvidéki trópusi erdő, mocsaras-lápos terület és elöntéstől nem fenyegetett kevert összetételű erdő egyaránt megtalálható itt, a partmenti vizekben pedig kiterjedt korallpadok alakultak ki. Gazdag a terület rák- és puhatestű faunája. A rákok osztálya 44 fajjal, a puhatestűek törzse pedig 140 fajjal képviselt Cahuitán.

Ez a paradicsomi szépségű vidék 514 évvel ezelőtt jelentős történelmi esemény színtere volt. 1502 szeptemberében a közeli Uvita-szigeten lépett először európai ember erre a földre. A tengerész, akinek a lábai elsőként tapodtak az itteni partokat, Kolumbusz volt. Az akkor 51 éves admirális, „aki megkapta az óceánok sorompójának kulcsát”, negyedik (utolsó) újjvilági utazásán járt erre, sorra fedezve fel a földhíd keleti oldalának Honduras és Panama közötti területeit. Mintegy 1500 kilométer hosszúságban tárta fel a Karib-tenger délnyugati partjait, de a keresett Déli-tengerhez vezető átjárót nem találta meg. Costa Rica partjainál a spanyolok kapcsolatba léptek a helyi *talamanca* indiánnokkal, akik békésen fogadták a messziről jött idegeneket. Barátságuk jeleként Kolumbuszt egyebek mellett egy játékos pókmajommal és egy ajakosdisznóval is megajándékozták. A bennszülöttek pompás aranyékszereket viseltek, amiből Kolumbusz arra következtetett, hogy a



A „szegény ember esernyője”

szárazföld belsejében nagyobb aranylelőhelyek lehetnek, ezért Costa Ricának, vagyis Gazdag Partnak keresztelelte el ezt a területet. A konkvisztádorok arany iránti vágyát szemléletesen példázzák

azok a sorok, amiket az admirális írt egyik levelében a katolikus királyoknak: „Az arany a tökéletesség... és az, aki bírja az aranyat, megteheti mindent, amit kíván, még az emberi lelkeket is be tudja vinni a Paradicsomba.”

Kéthetes Costa Ricai-i tartózkodás után Kolumbusz felvonatta hajója horgonyait és tovább vitorlázott déli irányba, Panama felé. Egy rövidebb szárazföldi szakaszon én is megpróbáltam követni a nagy felfedező útvonalát Panamában, majd keresztülvágva a földhídon, a Csendes-óceán mentén visszatértem Costa Ricába. A tagolatlan, nagyjából 200 kilométer hosszú karibi oldallal ellentétben ez a partszakasz erősen tagolt. A szigetekkel és félszigetekkel szabdalrt partvonal hosszúsága a 800 kilométert is meghaladja. Két nagyobb félsziget nyúlik be mélyebben a Csendes-óceánba: északon a száraz és barlangokkal ályuggatott *Nicoya*, délen pedig a csapadékból bővelkedő *Osa*, melynek sűrű erdőségeiben jaguárok, tapírok és háripiák tanyáznak. Én a kettő között nagyjából félúton fekvő *Manuel Antonio Nemzeti Parkot* kerestem fel, ami jól reprezentálja a pacifikus partvidék középső szakaszának flóráját és faunáját.

A parkot 1972-ben hívták életre ezer hektáron. A védett területek nagysága azóta 1625 hektárra nőtt, de még így is csak a második legkisebb nemzeti park Costa Ricában. Az erdő, amit természetvédelmi oltalom alá helyeztek, a Rio Naranjo bal partján található, közvetlenül az óceán partján. A terület bőséges csapadékdásban részesül. Az éves átlagmennyiség 3800–4000 mm, ezért a védett vegetáció a „*nagyon nedves trópusi erdő*” besorolást kapta. Az erdőben sok ritka és különleges növényfaj honos, engem mégis inkább a park állatvilága ragadott meg. Az ősvényeket járva számos olyan faj képviselőjével találkoztam, melyekkel korábban sohasem, ráadásul a sok látogató miatt az állatok már hozzászoktak az ember jelenlétéhez, ezért közelebbről is meg lehetett figyelni az életmódjukat. A *sárga mokusmajom* (*Saimiri oerstedii*), amit a helyiek egyszerűen csak *titinek* hívnak, veszélyeztetett faj. Közép-Amerikában kizárólag Costa Ricában és Panama pacifikus partjain honos, ott is csak a Costa Rica-i határ közelében. Costa Ricában is mindössze két helyen, a Corcovado és a Manuel Antonio nemzeti parkokban fordulnak elő. A félénk, riadós természetű állatok főként gyümölcsökkel táplálkoznak, de vegetáriánus étrendjüket időnként rovarlárvákkal, pókokkal és hangyákkal egészítik ki. Nagyon fázósak, hűvösebb időben hosszú farku-

kat sálként a nyakuk köré tekerik. Régebben vadásztak rájuk és az indiánok a kunyhóik körül tartották őket. A másik majom, amit szintén sikerült eredeti élőhelyén megfigyelnem, a *fehérfejű kapucinus* (*Cebus capucinus*) volt. Ez a faj széles körben elterjedt Costa Ricában. A kifejlett állapotban 3–4 kg testsúlyú és 30–40 cm magas állat a közepes méretű újvilági majmok közé tartozik. Többnyire 20 fős csoportokban élnek. Élelmüket gyümölcsök, rovarok és kisebb gerincesek alkotják, de kagylók után kutatva néha a tengerpartra is lemerészkednek. Fejlett intelligenciájú állatok. A táplálék megszerzéséhez gyakran használnak különféle tárgyakat és ismernek gyógyhatású növényeket, amiket szükség esetén a bundájukhoz dörzsölnék. A harmadik emlősállat, ami az utamat keresztelte, egy *fehérorrú ormányosmedve* (*Nasua narica*) volt. A szakirodalom *koati* néven is említi ezt a főleg nappal tevékeny kis termetű mindenevőt. Az állat bundája barna. A mellkasa és az orra világosabb színű, a szemei körül pedig fehér gyűrűket visel, mintha pápaszeme lenne. A hasonlat kissé sántít, mert a koati látása jó, ahogy a szaglása is. Hosszan megnyúlt orra segítségével a földön turkálva kutatja fel táplálékát, de ügyesen mozog a fákon is, ahol az éjszakákat tölti. A lombtakaró rejtekében pillantottam meg az egyik legtitokzatosabb újvilági emlősállatot, a *háromujjú lajhárt* (*Bradypus tridactylus*). Épp egy fa törzsén mászott felfelé, amikor az ősvényen mellé értem. Az egyik magyar nyelvű útikönyv szerzője a lajhárok lomha tempóját lassított filmfelvételhez hasonlította, ám az állatom az átlagnál gyorsabb lehetett, mert amire elővettem a fényképezőgépet, már félíg eltűnt a sűrűben. A lajhárok levelekkel táplálkoznak, ezért rendszerint a fák magasabb részein tartózkodnak és naponta kb. 18 órát töltenek alvással, emésztéssel. Éjjeli állatok, nappal keveset mozognak. Az ágakon történő csimpaszkodást segíti, hogy az újjaiak összenőttek és végtagjaikon sarlószerű görbe karmokat viselnek. Egyébként igen ősi állatok, első képviselőik a pliocénben jelentek meg. Valaha léteztek a ma élőknél nagyobb lajhárok is. Az *Eremotherium* néven ismert óriás őslajhár 6 méter magas volt és a pleisztocén végén tűnt el végleg. Eredetileg csak Dél-Amerikában éltek, de amikor a pliocén végén (3–12 millió évvel ezelőtt) létrejött az egységes közép-amerikai földhíd, az őslajhárok (más fajokkal együtt) átkeltek az összezárult földszávon Észak-Amerikába. Később a kontinens mindkét feléről kipusztultak, csupán csontmaradványaik őrizték meg emléküket.

Az emlősök után egy érdekes hüllőről is szólnék, amivel szintén összefutottam a nemzeti parkban tett sétám során. A terület kilátópontján került a szemem elé egy *fekete tuskésfarkú leguán* (*Ctenosaura similis*), ami békésen napfűdözött az egyik pad melletti sziklatömbön. Az ösvilági kinézetű állat nagyjából másfél méter hosszú lehetett, valószínűleg hím egyed. A teljes mozgatlanságba dermedt leguán még a fényképezőgépem csattogó hangja sem zökkentette ki nyugalmából. Ezek az első pillantásra nehézkes mozgásúnak tűnő állatok ügyesen másznak az éles sziklákon, nyíltabb területen pedig akár 35 km/óra sebességgel is képesek futni. Elsősorban növényi részeket fogyasztanak, de megdézsmálják a madarak felügyelet nélkül hagyott tojásait is. Puha és ízletesnek tartott húruk miatt Közép-Amerikában többfelé vadásznak rájuk és a tojásaikat is megeszik, levest készítve belőlük.



Fehérfejű kapucinus majom

Utam záró szakaszán jutottam el az Arenal és Irazú tűzhányókhoz. Az északon emelkedő Arenal (1633 m) Fortuna település határában található. A városka olyan közel épült a vulkánhoz, hogy főteréről szép időben tökéletes panoráma nyílik a majdnem teljesen kúp alakú hegyre. Látogatásom ideje alatt azonban a tűzhányót tömött felhőzet borította, ami kiterjedt sűrű lepelként ereszkedett a hegy lejtőire. Az Arenal jelenleg Costa Rica legaktívabb tűzhányója. A leírások szerint félóránként követik egy-



Az Arenal vulkán

mást a gyengébb intenzitású lávaömlések. A történeti idők egyik legnagyobb kitörésére 1968 nyarán került sor, amikor a vulkán lejtőjén végigszárguló tüzes gázfelhő sok emberéletet követelt. Korábban évszázadokig nyugalmi állapotban volt a tűzhányó, melynek palástját és csúcsrégióját is sűrű növényzet bortotta be. A mostoha terepviszonyok miatt a hegyet aránylag későn, 1937-ben mászták meg először.

Mivel fortunai tartózkodásom hátralevő napjaira is tartósan rossz időt jósoltak az előrejelzések, búcsút vettem az Arenaltól és felszálltam egy Cartagóba tartó buszra. Abban reménykedtem, hogy a régi főváros közelében tornyosuló Irazún kegyesebb lesz hozzám az időjárás. A beszámolók szerint a 3432 méter magas óriásvulkán, a *Kolosszus* tetejéről optimális légköri viszonyok esetén egyszerre látható a Csendes-óceán és a Karib-tenger. Utóbbiakat nem, viszont a látványos krátereket megpillanthattam. A Poáshoz hasonlóan az Irazúra is busz közlekedik, ezért a csúcsrégió felkérése itt sem igényelt különösebb erőki-fejtést. Miután megváltottam a nemzeti parkba szóló belépőjegyet, elindultam a fehér festékekkel megjelölt ösvényen a kráterekhez. A hegytetőre ereszkedett felhő miatt eleinte semmit sem láttam, de a feltámadó erős szelek percek alatt elhajtották a szürke légtömegeket és hamarosan feltárult előttem az Irazú kráterekkel szabdalta óriási torka. Az egyik hatalmas üst *Diego de la Haya* nevét viselte. Ő volt az első, aki 1723-ban leírást adott a vulkánról. A kráter aljában zöld színű tó vize fodrozódott. Az aktív főkráter környezete élettelen salak-sivatagnak tűnt számomra, de kissé távolabb törékeny virágok nyíltak a keskeny repedésekben és a nagyobb méretű vulkáni bombák szélárnyékos oldalain. Az Irazút andezites anyagprodukciónak

lemzi, ami általában heves, robbanásos kitörésekben ölt testet. 1963 és 1965 között fokozott aktivitást mutatott a vulkán. Az egyik nagyerejű kitörés idején öt magyar is a csúcson tartózkodott. A törmelékiszórásban egyik honfitársunk életét veszítette. Egy évvel korábban (1963. március 19-én) Kennedy amerikai

Az Irazúnál tett látogatásomat, s vele együtt országjáró túráim szakmai programját az egykori főváros „*soha el nem készült*” katedrálisánál zártam. A település központjában álló, romjaiban is impozáns *Szent Jakab székesegyház* nagyszerű jelképe annak a hosszú és kitartó küzdelemnek, amit a helyi lakosok folytattak a barátságtalan természeti elemekkel szemben. Az egyházi építmény helyén 1575 óta mindig valamilyen templom állt. Az elsőt 1630-ban döntötte romba egy földrengés. A második épület 1756-ban pusztult el, ugyancsak földrengés következtében. A harmadik, jelenleg is meglévő templomot 1870-ben kezdték építeni. A munkálatok csaknem negyven évig folytak és már közel jártak a befejezéshez, amikor 1910-ben újabb földrengés pattant ki, megrepsztve a székesegyház falait. A *Las Ruínas* azóta befejezetlenül áll Cartago központi terén, megtört köveivel emlékeztetve bennünket a Costa Rica-i föld mélyén szunnyadó titáni erőkre. 🗿



A vulkán virágai



Az Irazú krátertava

elnök Costa Rica-i látogatása alatt tört ki a vulkán, finom porréteggel borítva be Cartago utcáit.

Irodalom

- Anthony G. Coates: *Central America*. Yale University Press, New Haven and London, 1997.
- Balázs Dénes: *Közép-Amerika és a Nyugat-indiai szigetek*. Panoráma, Budapest, 1986.
- Balázs Dénes: *Vándorúton Panamától Mexikóig*. Gondolat, Budapest, 1981.
- Borhidi Attila: *Gaia zöld ruhája*. Magyar Tudományos Akadémia, 2002.
- Christopher P. Baker: *Costa Rica*. Geographia Kiadó (National Geographic Traveler), Budapest, 2010.
- Erdődy János: *Így élt Kolumbusz*. Móra, Budapest, 1978.
- Futó József: *Közép- és Dél-Amerika*. Gondolat, Budapest, 1967.
- Hédervári Péter: *Évezredek, vulkánok, emberek*. Kossuth Könyvkiadó, 1981.
- Németh Géza: *A bádoggal paradicsom*. Costa Rica. In: A cél az út maga. Flaccus kiadó, 2003. 145–158. oldal
- Probáld Ferenc: *Amerika regionális földrajza*. Trefort Kiadó, 2004.
- Rob Rachowiecki: *Costa Rica*. Lonely Planet Publications, 2002.
- Robert de Roos: *Costa Rica. Free of the Volcano's Veil*. National Geographic, July, 1965. 123–152.
- Tobias Meza Ocampo: *Geografía de Costa Rica*. Editorial Tecnológica de Costa Rica, 2001.

KOVÁCS GERGELY KÁROLY

Orchideák nyomában Fejér megyében

Fejér megye nem tartozik hazánk legtermészetesebb állapotú részei közé, orchideákban azonban igen gazdag. Nem sok másik régióban fordulhat elő az, ami a Velencei-tónál, hogy 5 kilométeren belül él az úszólápokon a Loesel-hagymaburok, egy kiszáradó lápréten a pókbangó (nem mellékesen poloskaszagú- és agár sisakoskosborok társaságában), a Velencei-hegység sziklagyepein pedig az őszi füzértekerces.

A „VÖLGY-HÍD” Természetvédelmi Alapítvány egyik fontos célja a mezőföldi természeti értékek felkutatása, megóvása, esetleg védetté nyilvánítása. E munka során fontos szerep jut az orchideáknak. Kiválóan jelzik az élőhely fontosságát, miközben maguk gyakran a védelem fő indokai, pénzben kifejezett értékük pedig a természetvédelem hatékony agitációs „fegyvere”. A felmérések során nem csupán a növénycsoport fantasztikus méret-, alak- és színbeli változatossága okoz megunthatatlan élményt, legalább ennyire izgalmas, hogy hány és hányféle élőhelyet kell értük bejárni.

Mocsárrétek, láprétek

Az orchideás rétek egymástól sokszor igen eltérő természetességi állapotúak. Vannak helyek, amiket az ott élő csodálatos növényvilág láttán érintetlennek gondolnánk, holott jelenlegi szépségük az évenkénti kaszálásnak vagy legeltetésnek köszönhető. A Natura 2000-es védelem alatt álló székesfehérvári Új-gáti-parragon például lépten-nyomon védett növényekre bukkanunk. Amikor 2010-ben megismertem, a rétet egy ideje nem kaszálták, így láthatóan terjedőben volt a keskenylevelű ezüstfa. Az újbóli kaszálás hatására ez a kellemetlen fűszárú az értékes részekről gyakorlatilag eltűnt. Jó években a százas nagyságrendben növő agár sisakoskosbor (*Anacamptis morio*) és a poloskaszagú sisakoskosbor (*Anacamptis coriophora*) mellett a fokozottan védett pókbangó (*Ophrys sphegodes*) állománya is meghaladja a száz tövet.



Orchideaelőhelyek Észak-Mezőföldön. 1. Új-gáti-parrag (Székesfehérvár), 2. Antali-ér (Lovasberény), 3. Sági-rét-völgy (Pátka), 4. Sós-ér (Pátka), 5. Zámolyi-víztározó zárógátja (Pátka), 6. Császár-víz-völgy (Székesfehérvár), 7. Királyberek (Pátka), 8. Csalapuszta (Székesfehérvár), 9. Zágon utcai tölgyes (Székesfehérvár), 10. Székesfehérvári Homokbánya Természetvédelmi Terület (Székesfehérvár), 11. Borszéki úti rétek (Székesfehérvár), 12. Pátkai-víztározó és a Rovákja-patak torkolata (Pátka)

Ugyancsak szép állapotban maradt fenn egy erdővel körbevett, jelenleg magyar szürkével legeltetett rét a lovasberényi Antali-ér mellett, ahol egy kisebb fátyolnőszírom-állomány mellett a fő érték a hússzínű ujjaskosbor (*Dactylorhiza incarnata*) és a mocsári sisakoskosbor (*Anacamptis palustris*). Marhalegeltetés és kaszálás folyik a pátkai Sági-rétvölgy rétein is, remélhetőleg hosszú távon biztosítva az ottani hússzínű ujjaskosborok létét.

2016 nyarán volt szerencsém részt venni egy botanikai és lepkészeti kiránduláson *Staudinger István* természetvédelmi őr (DINPI) és *Hudák Tamás* természetfőtársaságában Pusztavám és Mór között. A sokféle hangulatú, természetvédelmi szempontból igen értékes területek közül itt most az Által-ér melletti lápréteket emelném ki, ahol a mocsári nőszőfű (*Epipactis palustris*) néhány szép példányával találkoztunk, illetve csak a bal-

szerencsén múlt, hogy a fokozottan védett méhbangó (*Ophrys apifera*) már elvirágzott, ezért diszkrét küllemű egyedeit sehogyan sem sikerült megtalálnunk.

Sok kaszálórétben szembeötlő a szegényes fajkészlet, a színesítő kétszikűek hiánya. A mostani állapot az évtizedekkel ezelőtti, sokszor államilag támogatott, fűhozamra csak átmeneti hatást gyakoroló, ugyanakkor a fajgazdagságot tönkretévő beavatkozásokra (melioráció, felülvetés, műtrágyázás, gyepp-gabona váltó stb.) vezethető vissza. Szerencsére a változatos domborzatú réteken akadnak mélyebb fekvésű, belvízre hajlamos foltok is, ami esetleg elkerülte az említett veszélyeket, és így az érzékenyebb növényfajoknak menedékkül szolgál. Ilyen refúgiumra bukkantam a pátkai Sós-ér melletti kis kaszálón, ahol a szobányi belvízfolton mocsári sisakoskosborok élnek. Ugyancsak parányiak a Zámolyi-víztározó délkeleti partvonalán levő láprétmaradványok, melyeket egy másik kártékony emberi hatás, a behurcolt aranyvessző fenyeget. Ám, ha áttörünk az idegenhonos növényfaj sűrű tömegén, a néhány négyzetméteres gyepp-foltokban mocsári sisakoskosborra és hűszínű ujjaskosborra lephetünk.

Igen érdekes jelenség, amikor egy területen 1–1 orchidea felbukkan, majd évekre eltűnik. A Császár-víz-völgy középső szakasza tájképileg gyönyörű, mégsem bővelkedik védett fajokban. Egy esetleges védetté nyilvánítási kísérlet során tehát igen komolyan esne latba a néhány évvel ezelőtt talált két tő agár sisakoskosbor és a 2016 tavaszán virágzó egy tő vitézkosbor (*Orchis militaris*).

Löszvölgyek, löszreliktumok

Az észak-mezőföldi löszgyepeken jobbára a bíboros kosbor (*Orchis purpurea*) honos, a szép löszvölgyekben (Székesfehérvár: Rácvölgy) éppúgy, mint a degradálódó, romló állapotú helyeken (Székesfehérvár: Pénzverő-völgy; Pátka: Tikmony-völgy). Mivel a rokonainál zártabb, sűrűbb növényzet között él, elég jól tolerálja az élőhely változásait. Ennek köszönhető, hogy a lösztisztások cserjésedését, záródását, a kezelés hiánya miatti avarosodást is tűri egy darabig, csaknem homogén aranyvessző-állomány alatt is megél, de találkoztam vele a Kelet-Bakonyban útpadkán is. A kis alapterületű lösztisztásokon végzett időnkénti cserjeirtás ennek a fajnak is kulcsfontosságú, de az igazi a jövőbeli terülnk megvalósítása lesz: szeretnénk majd a tisztásokat néhány évenként juhokkal lelegeltetni, hiszen ez volna az élőhelytípus hosszú távú megőrzésének legtermészetesebb módja.

Szikes pusztáink helyén évezredekkel ezelőtt a jégkorszak szélviharai löszport halmoztak fel, amin jó minőségű mezőségi talaj alakult ki. Ez a termőréteg az erózió nyomán fokozatosan eltűnt, hirmondóit a magasabb

mellett virít a szikpadkák tetején, jól jelezve, hol maradt egy kevéske mezőségi talaj.

A Natura 2000 védelem alatt álló pátkai Király-berek sem a méternyi vastag termőtalajáról nevezetes. A Velencei-hegységre oly



A szikes puszták legszebb növénye az agár sisakoskosbor

fekvésű gerinceken, hátakon, kurgánokon találjuk meg, ahol a közönséges jelzőfajok (tővises iglice, pemetefű, zsályafajok) mellett ritka vagy védett növények is élnek (pl. gumós macskahere). A hátak csekélyke löszrétege már alkalmas az orchideáknak, a Tiszántúlon az agár sisakoskosbor néhol tömeges. A Sárvíz-völgyben ez a faj a fokozottan védett pókbangó társnövénye, Sárszentágotta szikesein áprilisban a két szépség egymás

jellemző gránitmurvás alapkőzetű dombokra némi lösz rakódott le, így válhatott a környék egyik legizgalmasabb virágoskertjévé. Tavasszal egymással versengve díszlenek a fekete kökörcsinek és a színpompás apró nőszirmok, májustól árvalányhajmező hullámzása gyönyörködtet, a régi anyagnyerő gödrökben a csodaszép gyurgyalagok fészkelnek, magasan a levegőben mezei pacsirták, lent a föld közelében sordély, cigánycsuk, parla-



Mocsári nőszőfű

gi pityer dalol. Ez a látványra is egyedülálló hely a Velencei-hegység környékének egyik legnagyobb, ezer tő fölötti agársisakoskosbor-állományának otthona.

A szántóföldi művelést több évszázada elkerülő, általában magasan elhelyezkedő temetők löszreliktumokként is felfoghatók. Újabb és újabb szenzációkat hoz az a kutatási program, amely a régi temetők növényvilágát méri fel. Hazánkból korábban kipusztultnak hitt cserjefaj (csipkés gyöngyvesző) és jó néhány védett lágyszárú (magyar- és apró nőszirmot, tavaszi hérics, törpemandula) mellett a temetők kiemelt értékei az orchideafélék a Kárpát-medencében éppúgy, mint a Balkánon vagy akár Kis-Ázsiában. [3] Az Észak-Mezőföldön sem ismeretlen jelenség ez, a bíboros kosbor előkerült az egyik lovasberényi, illetve a gánti temetőben (*Molnár V. Attila* közlése). Az igazi látványosság azonban a csákvári református temető ma már nem használt részén fogadja a látogatót. A fő érték a tarka kosbor (*Orchis tridentata*), de találunk itt apró nőszirmot, pusztai árvalányhajat, vetővirágot, illetve a löszszipyepék megannyi más jelzőnövényét. Sajnos a temetőt csaknem teljesen beborítja az orgona, ami aktív beavatkozás nélkül néhány éven vagy évtizeden belül ki fogja szorítani a ma még szép számmal élő növényritkaságokat. Az idegenhonos fásszárúak a környék más öreg temetőiben is teret hódítanak, Lovasberényben a fehér akác, Pátkán a mirigyés bálványfa képez helyenként áthatolhatatlan állományt.

A löszgyepek sorát egy hozzám minden tekintetben közel álló hellyel zárom. Lakóhelyünk Pátka külterületén, egy szőlőhe-

gyen van. Telkünk növényvilága nagyrészt természetes: a füves részén löszgyepi (szeplőlapu, budai imola, mezei iringó), az erdős részén pedig tölgyesekre jellemző (hóvirág, odvas keltike, gyöngyvirág, kontyvirág). Cikta juhaink 2015 nyarán szinte csak a keretet legelték, helyenként igen alapos munkát végezve. Talán ennek volt köszönhető, hogy 2016 tavaszán egy agár sisakoskosbor jelent meg az udvaron, amely idén is kinyílt, hatalmas örömet okozva a család aprajának-nagyjának.

Erdők

A fehér madársisakkal (*Cephalantera damasonium*) először a Velencei-tó körüli kerékpárút és az M7 autópálya között levő, természetes állapotúnak a legnagyobb jóindulattal sem nevezhető nyártelepítésben találkoztam. Nem sokkal később a Császár-víz-völgy csalai részén is előkerült egy szá-

momra igen kedves helyen. A helybeliek által „Kerekerdő” néven ismert öreg szürke nyaras szemre is természetes újlátú erdőnek tűnik gazdag madárvilággal (fekete harkály, zöld küllő, csóka) és néhány fehér madársisakkal. Az erdő korának meghatározásához érdekes adalékot szolgáltat egy mozgókép. *Varró Ferenc* csalai lokálpatrióta hívta fel a figyelmemet arra, hogy az interneten is megtekinthető egy 1941-es magyar film, a *Régi kerek-erdő* [4], melynek kezdő képsorai úgy készültek, hogy a kamera a Székesfehérvár-Bicske vasútvonalon közlekedő vonatból filmezi a Csalapszta környéki tájat. A filmkockák nem csupán az akkor még szabályozatlan Császár-víz partvidékét és egy mára elpusztult malmot örökítették meg, de a Kerekerdő is, amelynek fái a 75 évvel ezelőtti képeken pontosan akkorak, mint ma...

Székesfehérváron több belterületi erdőfolt színesíti a Maroshegy nevű városrészt. Az egyik ilyen középkori tölgyesben májusban tömegesen virágozik a fehér madársisak és a vitézkosbor. Ez már önmagában is nagyon komoly természetvédelmi érték, ám emellett a helynek van egy másik érdekessége is. A hazai tölgyesek zömében a vadállomány komoly gátat szab a természetes újulatnak, a gypszint is sokszor szegényes, kopár. Itt a város

belsejében ez a probléma nem áll fenn, így testközelből ismerkedhet meg bárki az erdők szintjeivel és azzal a folyamattal, ahogy a lehullott makkból végül sudár tölgyfa lesz. 2016 végén „Zágoni utcai orchideás tölgyes” néven kezdeményeztük helyi védelmét.

Két másik erdei orchidea is előfordul még a közvetlen környéken, de személyesen sajnos még nem volt hozzájuk szerencsém. A védett Máriamajori-erdő lösztölgyesében a tojásdad békakontyot (*Listera ovata*) [5], a Pátkai-víz-tározó partján levő telepített nyarasban pedig a széleslevelű nőszőfűvet (*Epipactis helleborine*) [2] kellene megtalálni.

Másodlagos élőhelyek

A kosborokról köztudott, hogy parányi magjaik révén igen hatékonyan képesek benépesíteni a csupasztalajfelszíneket. Ennek köszönhető, hogy szerte az országban egykori bányák, anyagnyerő helyek, vezetéknymvonalak váltak kiváló orchideás helyekké. A fokozottan védett méhbangó például a Vértesben olyan holdbéli tájakon telepedett meg, mint a gánti bauxitbánya vagy a pusztavámi barnaszénbánya környéki meddőhányók.



Vitézkosbor

A székesfehérvári homokbánya természetvédelmi terület a vele szomszédos helyi védett Sóstóval együtt már külön könyv [1], természetfilm („A város ölelésében”) és ismeretterjesztő cikkek [6] témája volt.

A bányászat nyomán létrejövő új élőhelyen 11 orchidea jelent meg, ennek köszönhető a hajdani bánya országos védettsége. Jelenleg is tart a Sóstó rehabilitációja, ezzel együtt hamarosan a mindkét védett területet, így az orchideatermő helyeket bemutató tanösvény is megújul.

Szintén a koronázóváros belterületén, alig néhány kilométerrel nyugatabbra, a Demkóhegy városrészben találni egy belvíz-védelmi szükségétározóként funkcionáló változatos felszínű, néhány hektáros területet. Magasabb részein árvalányhajas löszpuszta-maradvány díszlik, míg a mélyebb pontokon a Veszprémbe vezető vasútvonal töltésének anyaggyerő gödre volt a kiindulási alap az orchideák számára. Staudinger Istvánnal 2016-ban több tucat vitézkosbor és több száz tő poloskaszagú kosborot találtunk a vasút mentén, idén pedig az agár sisakoskosbor tömeges jelenléte bizonyosodott be. A sok évtizede megbolygatott talajfelszínen különleges hangulatú szürkenyárcsoportok, illetve a Székesfehérvári homokbányában is igen jellemző alacsony serevényfűz bokrai telepedtek meg. Ezt a kosborélföldet csak egy nádasfolt választja el attól az őszi vérfűves kaszálótól, ahol szép számban megtalálható a két Natura 2000-es jelölő táplálékspecialista lepkefaj, a vérfű-hangyaboglárka és a sötétaljú hangyaboglárka. Alapítványunk 2016-ban a teljes területet („Borszéki úti rétek”) helyi védelemre javasolta.

A Pátkai-víztározó Fejér megye legnagyobb mesterséges állóvize. Nyugati partját a Császár-víz-völgy meredek völgyoldala alkotja, keletről ellenben több kilométer hosszú hatalmas gát védi Pátka települést. Az ezt létrehozó nem mindennapi földmunka több mint 45 éve történt, a gát mentett oldala azóta természetes hatású üde kaszálórétté alakult. Itt találtam rá 2014-ben a mocsári sisakoskosbor több száz töves állományára. A jó vízellátásnak köszönhetően a gát mentét évente legalább kétszer kaszálják, első évben még nem is sikerült megóvni a védett növényeket. Azóta azonban az illetékes vízügyi szakemberrel egyeztetve kikarózom a kosborok termőhelyét, amit a traktoros mindig ki is kerül. A kosbor nyár közepére magot érlel, így a továbbiakban már nincs akadálya a kaszálásnak. Egyébként erre a beavatkozásra szükség is van, hiszen enélkül a szárazföldön is igen sikeres nád csakhamar benőné a termőhelyet.

A Pátkai-víztározó létesítésekor a Rovákja-patak útja is megváltozott. Régen ez a vízfolyás a Császár-vízbe torkollt, ma már gátakkal határolva a víztározóba jut. A torkolat közelében, szintén a gát mentett oldalán, az előbb

említhetkez igen hasonló élőhelyen került elő a hússzínű ujjaskosbor néhány tő poloskaszagú kosbor társaságában. A kikarózás itt is sikeres módja a védett fajok megóvásának.

A Pátkai-víztározót csupán másfél kilométer választja el az északabbra levő Zámolyi-víztározótól. Utóbbi mesterséges tó települést nem fenyeget, ezért oldalgátakra nem volt szükség. A több száz méter hosszú hatalmas zárógát keleti oldalán ugyanakkor kiépítettek egy biztonsági túlfolyót, ahol a túl magas vagy tartós szélvihartól megduzzadt víz egy mesterséges mederben a Császár-vízbe távozik. A meder vízügyi terület, tehát rendszeresen kaszálják. Ám itt is megél a mocsári sisakoskosbor, az egykor feltehetően a kiásott föld elhelyezésére szolgáló parton a



Biboros kosbor (A szerző felvételei)

poloskaszagú sisakoskosbor és a vitézkosbor, a gát tövében levő, fakadóvizek összegyűjtésére szolgáló kis árok partján pedig az agár sisakoskosbor.

Tervek és feladatok

Alapítványunk a kezelője az Aszal-völgy és Máriamajori-erdő helyi védett területeknek, ahol a lösztisztások tucatnyi védett növényfaja, köztük a biboros kosbor megóvása ad feladatot. Tavaly év végén három székesfehérvári belterületi értéket javasoltunk helyi védelemre, ebből a maroshegyi tölgyes és a demkóhegyi mozaikos élőhely esetében az orchideafélék komoly súllyal estek latba. A cikk írásakor még nem tudni, mi lesz a beadvány eredménye.

Jelenleg parkolópályán van egy több települést (Csákvár, Pátka, Zámoly) is érintő helyi védelmi javaslat, melynek részeként védett lehetne a Pátkai-víztározó északi medencéje, (a széleslevelű nőszőfű élőhelye) és a Zámolyi-víztározó négy kosborfajt rejtő déli része is. Új ötlet viszont a pátkai önkormányzat részéről a Rovákja-völgy helyi védelme és természetjárásra alkalmassá tétele akár önállóan, akár Lovasberényi közösen. Ez elsősorban nem is a torkolati kis kosborállomány miatt érdekes. *Szili István* közlése szerint a Rovákja-patak lovasberényi szakaszát a felülvetések előtt gyönyörű kosboros rétek kísérték. Érdekes feladat a terület folyamatos vizsgálata, hátha az érzékeny növényritkaságok képesek előbb-utóbb visszatelepülni. El kell gondolkodni a csákvári temető helyi védelmén is; a sírokat és a védett növényfajokat egyaránt beborító orgona visszaszorítása egyszerre lehetne kegyeleti és természetvédelmi cél.

A Natura 2000 hálózat kijelölése során sajnos a legnagyobb odafigyelés mellett is előfordultak mulasztások. Ilyen történt a Sárköz-völgyben, a római romvárosáról nevezetes Tácon, ahol nem került közösségi védelem alá az elég komoly méretű fővenyepusztai rét, holott ott pókbangó, agárkosbor, homoki nőszirom, érdes csüdfű és még számos védett növényfaj él. A tulajdonos 2016 őszén szerette volna a rétet felszántani, ezt a természetvédőknek a cikk elején említett módon, a pénzben kifejezett értékét agitációs fegyverként használva sikerült megakadályozniuk. Sajnos 2017 elején a táci képviselők nem támogatták a helyi védelem ügyét. Idén tavasszal állami és civil természetvédelemből álló kis botanikus-lepkész-madarász csapatunk abban a tudatban kezdte máj meg Fővenyepusztá felmérését, hogy az értékeket a helybeliek helyett is meg kell mentenünk az utókor számára. ♥

Irodalom

- [1] Banizs K., J. Mező É., Takács A. A. (2010): A Székesfehérvári Sóstó Természetvédelmi Terület. BOCS Alapítvány, Székesfehérvár. pp. 304.
- [2] Illyés Z. (2006): Védett növényfajok előfordulásának pontszerű térképezése – Velencei-tó, Velencei-hegység és környékük. pp. 119. Kézirat.
- [3] <http://molnar-v-attila.blogspot.hu> (Hozzáférés: 2017. április 7.)
- [4] <https://www.youtube.com/watch?v=wZfbjzlhexQ> (Hozzáférés: 2017. április 10.)
- [5] Pörgye K., Simon Gy. (2011): Javaslat a Máriamajori-erdő és a Nagy-völgy (Székesfehérvár Megyei Jogú Város külterületén) helyi jelentőségű védett területtel nyilvánításához. pp. 8. Kézirat.
- [6] Szili I. (1998): Egy haszontalan Fundus hányattatásai. A székesfehérvári Sóstó-homokbánya. Természet Világa, 129. évf. 11. sz. p. 522-524.

230 GENERÁCIÓN ÁT MEGŐRZÖTT VULKÁNI EMLÉKEK

Az Ausztrália északkeleti részén élő *Gugu Badhun* bennszülött nép szájhagyományában fennmaradt történetei közt szerepel egy igen érdekes legenda. Egykor egy varázsló gödröt csinált a földre, eztán a levegőt sűrű por töltötte be, az emberek nem láttak a portól és eltévedtek, meghaltak, majd pedig a folyóvölgyekben tűz folyt végig. Ezek alapján könnyen elképzelhetünk egy, a népcsoport hajdani tagjai által átélte vulkánkitörést, s a rémisztő történet generációk sokaságán át – számos, más geológiai esemény emlékéhez hasonlóan – öröklődött tovább.

De mikor lehetett ez a kitörés? Ausztrália nem az aktív vulkánjairól híres, azonban Queensland északkeleti vidékén, ahol e népcsoport is él, számos egykori vulkánkitörés jól megőrzött nyoma látható. A vulkanizmus itt nem az égbe nyúló kúpokról szólt, de mintegy 400, a lapályból épp csak kiemelkedő egykori tűzhányó található e helyen. Itt vannak azonban a világ leghosszabb ismert lávafolyásai: a rekorder az Undara-ból kiinduló 160 km-es, amelynek kb. 100 km hosszú szakasza egykor lávaalagút is volt, mára csak kisebb részei maradtak épen – ez ma nemzeti park.

Egy másik közeli vulkán, a Kinrara kitörését meséli el az őslakos legenda. A kitörés korát argonizotópos vizsgálattal állapították meg, és 7000 (+/- 2000) évvel ezelőtti időszakot kaptak. A vulkán csupán 30 méterrel emelkedik ki a környezetéből, robbanásos tevékenység törmelékeinek és lávafolyásoknak a rétegeiből áll, de lávaszökőkút is formálta. A központi kráterének átmérője 300–400 m, a kúrtól kb. 80 m mély, még az egykori látató szintváltozásainak a nyomait is megőrizte. A kiinduló lávafolyásokban (a leghosszabb 55 km) itt is vannak lávaalagutak, és a lávafolyások jelentős része egykori patak- és folyómedrekben húzódik, az igen kis lejtés miatt ez volt a „könnyű út”. A legendák lángoló folyóvölgye egy ilyen, vízmosásban lecsorgó lávaárról tanulmányozhat. A queenslandi vulkánkitörések korát még sok esetben nem határozták meg – a meglévő adatok szerint az elmúlt évmilliók alatt 10–20 ezer évente volt új kitörés, így egy lehetséges jövőbeni esemény miatt fontos volna alaposabban vizsgálni a múltat.

(*Quaternary Geochronology*,
2017. április)

KEVESEBB SÖTÉT ANYAG LEHET A FIATAL GALAXISOKBAN?

Hat fiatal galaxis vizsgálatából arra következtetnek, hogy ezekben a vártnál kevesbé érvényesül a sötét anyag hatása.

Közel fél évszázada az Androméda-köd forgására vonatkozó mérések szolgáltatták az első bizonyítékot a sötét anyag létezésére. A galaxis középpontja körül keringő gázfelhők közül 67-nek nagyon pontosan megmérték a sebességét, és azt kapták, hogy a magtól 15 000 fényévnél távolabb sem csökken a keringési sebesség a várt mértékben, a felhők ott is majdnem olyan gyorsan keringtek, mint a mag közelében, ami a láthatatlan anyag gravitációs hatására utalt. Később a sötét anyag létezését más, például a galaxishalmazok galaxisainak mozgására vonatkozó mérésekkel is alátámasztották. A megfigyelések alapján úgy tűnt, hogy a galaxisok, de még a galaxishalmazok is a sötét anyag nagy tömegű halóiba ágyazódnak bele, amely halo már akkor is létezett, amikor a galaxis csillagai még nem világítottak.

Most a *Max Planck Intézet* (Németország) csillagászai hasonló méréseket végeztek távoli galaxisokra, de eltérő eredményt kaptak. Több száz távoli (az ősrobbanás utáni 2,5–8 milliárd évvel volt állapotukat mutató), a Jéjtrendszerhez hasonló galaxist vizsgáltak meg, amelyekben évente 50–200 naptömeg anyag alakult csillagokká, ami abban az időben átlagosnak mondható. Ők is a hidrogénfelhők mozgását vizsgálták, és megállapították, hogy hat fényes és nagy galaxisnál a magtól távolabbi felhők sebessége annak megfelelően kisebb, mintha a vártnál kevesebb a sötét anyag lenne jelen. Ugyanezt tapasztalták további 97 halványabb galaxisra vonatkozó méréseik átlaga esetében is.

Mindamellet az eredmény inkább a galaxisok fejlődésére vonatkozik, mintsem a sötét anyag természetére. Lehetséges magyarázatként egyesek felvetették, hogy ezekben a galaxisokban még folyik a sötét anyagból álló halo növekedése. Ez azonban alapvetően megváltoztatná a galaxisok fejlődéséről alkotott eddigi képet, mert aszerint a halo hamarabb jön létre, és csak utána kezd összegyűlni a gáz, majd a csillagok. Másik lehetőség, hogy ezek a galaxisok fejlődésük rendkívüli szakaszában járnak, amikor a csillagkeletkezés a legintenzívebb. Emiatt csak a galaxisok belső vidékét figyeljük meg, vagyis csak azt a részüket látjuk, ahol a közönséges anyag hatása az uralkodó, a sötét anyag dominálta külsőbb részeket nem látjuk.

(www.skyandtelescope.com,
2017. március 15.)

BUSZMÉRETŰ TENGERI HÜLLŐ

A Plesiosaurusok a legváltozatosabb ragadozó tengeri hüllőcsoportot alkották a dinoszauruszok korában. Több mint 135

millió éven keresztül fordulnak elő az ősmaradvány-anyagban. Szokatlanul megnyúlt testük volt nagyon változó hosszúságú nyakkal, négy nagy uszonnal, és masszív törzssel. A Pliosaurusok specializált Plesiosaurusok voltak és az óceánok csúcsragadozóiként uralták a tengeri környezetet. Jellemző rájuk a nagyméretű, 2 méteres koponya, óriási fogakkal, és nagyon erőteljes állkapcsokkal.

Egy nemzetközi kutatócsoport most egy rendkívül szokatlan, és kivételesen jó megtartású új fajt publikált Oroszországi kréta időszak (130 millió éves) rétegei-



Fantáziakép a *Luskhan itilensis*ről

ből (*Luskhan itilensis*). A maradványt még 2002 őszén találták a Volga folyó partján. A koponya 1,5 m hosszú volt, amihez egy rendkívül vékony rostrum kapcsolódott, ami miatt a halevő vízi állatokra emlékeztetett a megjelenése (pl. gaviálra, vagy folyami delfinre). Ez a lelet arra utal, hogy a Pliosaurusok jóval változatosabb ökológiai fülkéket foglaltak el, mint eddig gondolták. Megállapították, hogy számos esetben fordult elő konvergencia a Plesiosaurusok evolúciója során. A jura végi kihalási eseményt még sikerült átvészelnük a Pliosaurusoknak, de a következő kihalási hullám eltüntette őket, több tízmillió évvel a dinoszauruszok kihalása előtt.

(*Current Biology*, 2017. május 25.)

GYORS ÁRAMLÁS FEKETE LYUKAK KÖRÜL

A csillagászok már egy ideje gyanították, hogy a galaxisok közepén található szupernagy tömegű fekete lyukak környezetéből ultragyors plazmaáramlások indulnak ki, a fénysebesség 10–20%-ával. Legújabb brit csillagászoknak (*Michael Parker* és munkatársai, Cambridge-i Egyetem) sikerült igazolni a jelenség létezését. A plazmaáram a fekete lyukat körülvevő és azt tápláló gázkorongból indul ki, de olyan ritka, hogy közvetlenül kimutathatatlan. A fekete lyuk eseményhorizontja közeléből kiinduló röntgenfotonok azonban áthaladnak a plazmaáramon, annak anyagát ionizálják, így a plazmaáramot alkotó gáz a röntgenspektrum alapján kimutatható.

Parker és munkatársai az Európai Űrügynökség (ESA) XMM–Newton röntgen-távcsöve két műszerével az IRAS 13224–3809 galaxis középpontjában lévő fekete lyuk környezetét vizsgálták. A különböző energiatarományban dolgozó detektorokkal felvett spektrumok mindegyikében a színekvonalak ugyanakkora kékeltolódást mutattak, ennek mértékéből arra következtettek, hogy a plazmaáram anyaga a fénysebesség 23,6%-ával távolodik a fekete lyuktól. A bizonyíték súlyát növeli, hogy a forrást öt éven keresztül rendszeresen megfigyelték.

A fekete lyuk közelében lévő, fénylő gáz intenzitása gyors és jelentős változásokat mutat. Azt is megállapították, hogy amikor a röntgenfényesség erős, akkor a kiáramlásra utaló spektroszkópiai jelek elhalványodnak, akár több órára is. Feltételezik, hogy amikor a fekete lyukat tápláló gáz röntgensugárzása erősebb, akkor ez felforrósítja és ionizálja a kiáramló plazmát, de ha a sugárzás olyan erős, hogy a ritka plazmalyalóbot teljesen ionizálja, akkor telítődés lép fel, így az áramlásra utaló jelek a röntgenspektrumban meggyengülnek. Az áramlás tulajdonságai gyorsan reagálnak a röntgenfényesség változásaira, amiből arra következtetnek, hogy az ultragyors plazmalyalóbot röntgensugárzás forrásának közeléből indul ki, ami viszont nagyon közel van a fekete lyukhoz. Durva becslés szerint a plazmaáramlás forrása csak néhány csillagászati egységre lehet az egymillió naptömegű fekete lyuktól. A kutatók remélik, hogy a jövő űrtávcsöveivel azt is vizsgálni tudják, milyen kapcsolat van a gyors plazmalyalóbotok és a galaxisok kialakulása között.

(www.skyandtelescope.com, 2017. március 14.)

AZ UTOLSÓ AFRIKAI DINOSZAURUSZ?

A 66 millió évvel ezelőtt lerakódott foszfátos üledékeket hatalmas bányákban termelik Marokkóban. Az egyik legutolsó afrikai dinoszaurusz maradványait fedezték most fel az egyik foszfátbányában. A lelet nemcsak marokkói ritkaság; egész Afrikában nagyon kevés a késő-kréta dinoszauruszlelet. Így a kutatók viszonylag keveset tudnak arról, hogy milyenek voltak a dinoszauruszok Afrikában, közvetlenül a hatalmas aszteroida becsapódása előtt. A korábbi eredmények azt mutatták, hogy a Gondwana szuperkontinensnek a kréta időszak közepén bekövetkezett széttörése után egy elkülönült dinoszaurusz-fauna fejlődött ki Afrikában.

Az Abelisuriák a Tyrannosauriákhoz hasonlóan két lábon járó ragadozók voltak, de rövidebb és töpább pófával, és még kisebb karokkal. Míg a Tyrannosauriák az észak-amerikai és ázsiai területeket uralták, az

Abelisuriák Afrikában, Dél-Amerikában, Indiában és Európában voltak a csúcragadozók. A Chenisaurus barbaricus névre keresztelt marokkói állat fogai erősen kopottak voltak, jelezve, hogy az állat gyakran ropogtatott velük csontokat. A részben tollas T. rexszel ellentétben a Chenisaurusnak kizárólag pikkelyek borították a testét. További különbség, hogy az agya kisebb, az arca pedig rövidebb volt.

(Cretaceous Research, 2017. május)

FÉLRELOKÓTT ÓRIÁS FEKETE LYUK

Az Űrtávcső Tudományos Intézet és a Johns Hopkins Egyetem csillagásza a 3C 186 jelű kvazárban olyan szupernagy tömegű fekete lyukat találtak, amelyik nem a galaxis középpontjában helyezkedik el, mint ahogy az minden más, megfigyelt esetben tapasztalható. Feltételezik, hogy mintegy egymillió évvel ezelőtt két galaxis összeütközött és egyesült, a középpontjaiban lévő szupernagy fekete lyukak pedig egymás körül kezdtek keringeni. Mintegy 5 millió évvel ezelőtt a két fekete lyuk is összeolvadt. A folyamat során a rendszer egyre intenzívebben gravitációs hullámokat sugárzott ki. Ez a sugárzás adta meg az egyesülés eredményeképpen létrejövő, körülbelül 3 milliárd naptömegű fekete lyuknak azt a lökést, amely miatt az több millió km/óra sebességgel odébb lökődött az egyesült galaxis középpontjából. A lökést az okozza, hogy a két fekete lyuk tömege különböző volt, ezért a rendszer a gravitációs hullámokat aszimmetrikusan sugározza ki.

A kvazár fénylését legnagyobbbrészt a közepén található fekete lyukba zuhanó, és eközben felforrósodó anyag sugárzása teszi ki. A Hubble-űrtávcsövel azonban meg tudták figyelni a kvazár körüli galaxist, így állapították meg, hogy a kvazár a galaxis középpontjától 1,3 ívmásodperccel eltolódva helyezkedik el. A 8 milliárd fényév távolságban lévő objektum esetében ez az 1,3 ívmásodperc 35 000 fényév térbeli távolságnak felel meg, ami több a Naprendszer távolságánál a Tejútrendszer középpontjától (utóbbi „csak” 26 000 fényév). Spektroszkópiai úton azt is meghatározták, hogy a fekete lyuk az öt körülvevő gázzal együtt 2140 km/s sebességgel távolodik a galaxis központjától. A két körülmény együttes fellépéséből következett a fekete lyukak egyesülésére. (Korábban is megfigyelték már excentrikus helyzetű kvazárt, mint ahogy extrém nagy sebességű objektumokat is, de a két jelenséget egyazon égitestnél még nem.) Ugyanakkor a bizonyítékot még nem tekintik peröntőnek, további megfigyelésekkel kell kizárni például annak a lehetőségét, hogy a kvazár egy távolabbi, halványabb galaxisban van, amelyet eltakar egy közelebbi galaxis, utóbbin keresztül vi-

szont átjön a kvazár fénye. Emellett annak magyarázata is komoly fejtörést okoz a csillagászoknak, pontosan hogyan játszódik le a fekete lyukak egyesülése. Elsősorban arra kellene magyarázatot találni, hogy ez egyesülő galaxisok magjaiban lévő fekete lyukak mitől kerülnek olyan közel egymáshoz, hogy végül a gravitációs hullámok annyi energiát vigyenek el a rendszerből, ami az összeolvadásukhoz vezet.

(www.skyandtelescope.com, 2017. április 6.)

JÓVAL KORÁBBAN IS ÉLHETETT EMBER ÉSZAK-AMERIKÁBAN

Egy San Diego-i jégkorszaki lelőhelyen 130 000 éves masztodoncsontokat és -fogakat találtak, melyeken a korai ember által ejtett nyomokat azonosították. Az új adatok elemzése hatalmas mértékben megváltoztathatja az első ember Amerikába érkezéséről alkotott elméletet. A sokszor élesen eltört csontokat, agyarakat és őrlőfogakat mélyen eltemetve, hatalmas kövek mellett fedezték fel, melyek a szakértők szerint kalapácsként és üllöként szolgálhattak. A lelőhelyen talált bizonyítékok arra utalnak, hogy egyes hominin fajok 115 000 évvel korábban már éltek Észak-Amerikában, mint ahogyan ezt korábban feltételezték.

Felmerül a kérdés, hogy a korai emberek hogyan érkeztek ide, és kik voltak ők valójában. A régészek által eddig általános elfogadott legrégebbi emberi lelőhely Észak-Amerikában 14 000 éves. A Cerutti őslénylelőhelyről származó maradványokat azonban egy sokkal korábban, még jóval az ember Amerikába érkezése előtt lerakódott finom homokrétegbe beágyazva találták. A lelőhelyet 1992-ben fedezték fel. Azóta vezető kutatók próbálták meghatározni a leletek pontos korát, és kiértékelni a csontok és kövek mikroszkopikus sérüléseit, melyeket a szerzők egyértelműen emberi tevékenység jeleként határoztak meg. A kormeghatározó módszerek fejlődésével 2014-ben sikerült megállapítani, hogy a kőszerszámokkal pontosan mért ütésekkel frissen feltört masztodoncsontok 130 000 évesek. A csontokon és jó néhány fagon világosan látszik, hogy kellő kézügyességgel és tapasztalati tudással rendelkező emberek szándékosan törték el. Hasonló törési mintázatot figyeltek meg a kansasi és a nebraskai mamutmaradványokon is, melyeknél a geológiai erők hatása és a ragadozók támadása kizárható.

(sciencedaily.com, 2017. április 26.)

TÉRKÉPEZŐ MŰONOK

A világűrben érkező nagyenergiás részecskék – a kozmikus sugarak – a légkörünkbe érkezve ütköznek a légköri részecskék-

kel, s az ütközés során műonok születnek. A műon azután a kozmikus sugár eredeti beérkezési irányát tartva továbbszágul a Föld felé, és számos anyagon áthalad a felszínt elérve. Ezt az áthaladási képességét kihasználva már egy ideje alkalmaznak különféle műondetektorokat pl. építőmérnöki, vulkanológiai vizsgálatokhoz, mivel az áthaladást követően a detektorra érkező műon információkat ad arról a közegről, amelyet átszelt. Most egy egészen egyszerű, de speciális műondetektort fejlesztettek ki japán kutatók, a detektor tesztelését az alpesi Aletsch-gleccser alatt húzódó Jungfrau vasúti alagútban folytatták le.

Miként is néz ki egy gleccser alatti kőzetfelszín, hogyan erodálja ezt a gleccser? A felmelegedésnek milyen hatása van az olvadó gleccser alatti kőzetre? Ilyen információkat



Az Aletsch-gleccser

eddig számos mérési módszerrel ki lehetett nyerni, ám minden módszernek van valamilyen hiányossága. A műondetektoros módszerrel azonban teljes képet kapnak a jégretteg alatti kőzetről.

Az új detektor egy fotóemulziós réteggel ellátott, igen egyszerű eszköz, s csupán a helyszíni kihelyezés és visszagyűjtés idején igényel bármilyen emberi beavatkozást a működése, nem szükséges hozzá áramforrás sem, így igen sok helyszínen használható lesz.

Az alagútba kihelyezett eszközök 47 napon át gyűjtötték a beérkező műonok nyomait, mintegy 4000 m² területen. A kapott eredmények alapján kirajzolódott a gleccser alatti sziklaalagút 3D-s térképe, s kiderült, hogy milyen sors vár a gleccseren elhelyezkedő építményekre. Az adatokból olyan tényezők is világossá váltak, amik a felszínen lévő építmények sorsát érintik: a gleccser olvadásával lazuló aljkőzetben gyakoribbá válnak a sziklaomlások, s ezek veszélyeztetik az építményeket, illetve magát az alagutat is. Ez volt az első alkalom, hogy egy gleccsért műondetektortal tudtak vizsgálni, ám a jövőben hasonló mérésekre másutt is lehetőségek lesz majd.

(*Geophysical Research Letters*, 2017. május 23.)

A JÖVŐ KOCKÁJA

Apró birodalomban, gyakorlatilag egy furnérból épült boksban él *Elías Rafiqi*, leendő gépészmérnök. A bejáratától az ablakig alig kell három lépést megtennie. Jobbra, egy tolóajtó mögött van a minifürdő, balra, csípőmagasságban egy ágy, alatta fiókok – ruhászekrény helyett. Az ágyból kihúzható egy íróasztal, bár Rafiqi szívesebben tanul a ház központjában, az úgynevezett „piactér”.

Rafiqin kívül még tíz egyetemista lakik a házban, s céljuk nem más, mint a „Cubity” tesztelése. A „Cubity” egy ideiglenes, hely- és energiatakarékos otthon. A Darmstadti Műegyetem hallgatói 2014-ben professzoruk, *Anett-Maud Joppien* vezetésével tervezték egy építészeti versenyre, majd 2016-ban építették fel Frankfurt-Niederradban.

A „Cubity” alapterülete 16x16 méter, tartószerkezete fából van, külső burkolata fényáteresztő. Belül 12 „lakás”, bokszt található, kettesével egymás fölött, a már említett „piactér” körül. A ház bejáratától jobbra van a műszaki torony, vele szemben a konyha, fölötte az első emeleten a társalgó. Kívül van terasz, a konyha mellett pedig ha nem is a legkényelmesebb, de mindenképp a ház legkedveltebb helye, a „piactér”.

A „Cubity”-konceptióhoz hozzátartozik, hogy a háznak több áramot kell termelnie, mint amennyit felhasznál. Ezt a tetőn lévő napelemek és egy éghajlati modell teszi lehetővé. Míg a boksok hőmérséklete egyedileg szabályozható, a közösségi területek közül csak a piacteret és a konyhát fűtik. Érzékelők mérik a levegő minőségét, s annak megfelelően nyitják-csukják az oldalablakokat.

A „Cubity”-nak számos előnye van: kedvező a bérleti díja (250 euró), maga a ház szükség szerint lebontható és máshol felépíthető, és nem hagy hátra ökológiai láb-



A Cubity (Thomas Ott felvétele)

nyomot. Nem betonra építik, hanem két méter mélyen a földbe ágyazott csavarokra. A ház lebontásakor a csavarokat egyszerűen kihúzzák a földből és betemetik a lyukat.

Németországban egy ember átlagosan 46,5 m² lakóterületet igényel, ennek a méretnek megfelelő fűtési szükséglettel. Ez a világon a lakóterület-igénnyel szem-

ben rendkívül aránytalan, állapította meg Joppien professzorasszony, aki igencsak meglepődött tanítványai életstílusukkal szembeni önkritikáját hallva. Hogy a szóban forgó prototípus beválik-e, azt egy energetikai és szociális ellenőrzés fogja bizonyítani vagy cáfolni.

Rafiqi még egyetlen forró nyarat sem töltött a „Cubity”-ben, de azt már most meg tudja fogalmazni, hogy milyen lakni minimális saját, ezzel szemben nagy közösségi térrel rendelkező házban: „Hihetetlen, de nagyon jól működik.”

(*National Geographic Deutschland*, 2017. március)

SARKVIDÉKI TAVAK METÁNFELÁRAMLÁSSAL

Több mint 200 olyan tavat fedeztek fel a siberiai sarkvidéken, a Jamal- és a Gidan-félszigeten, amikben metánfeláramlás nyomai láthatóak – még az ürfelvételeken is. E termokarstos tavak közös vonása, hogy a fenekükön apró mélyedések, kráterek vannak, ezeken szivárog fel a metán. A kutatók szerint egész évben áramlik a gáz a tófenékről ezeken a helyeken, még a fagyponthoz közeli hőmérsékletű időszakban is. A nagyszámú ilyen tó azonosítása 2015–16-ban született részletgazdag műholdfelvételek segítségével történt. A metán kétféle forrásból eredhet: vagy biológiai úton képződik az olvadó permafrosztban élő mikroorganizmusok hatására, vagy a mélyben lévő szénhidrogénmezőkből szivárog felfelé.

Távérzékeléssel jól elkülöníthetőek a tavak a jellegzetes zöldeskék színük, a fenekükön látszó, szeplőszerűen megjelenő kráterek, a téli jégtakarójukon is látszó gázfeláramlások foltjai, illetve a part eróziója, és a partközeli helyeken felbukkanó kiemelkedések, a pingók alapján. A tavak színe a bennük élő algáknak köszönhető, az algák pedig a mélyben lévő földgáztelepekből szivárogó kén hatására szaporodnak el. A felfedezett, gázt szivárogtató tavak nagyrészt a szénhidrogén-lelőhelyek környékén találhatóak, ráadásul az elhelyezkedésük alapján gyanús, hogy köthetőek a mélybeli törésvonalakhoz is, ám ezt a lehetséges összefüggést még majd ellenőrizni kell szeizmikus mérésekkel. A permafroszt jelenségeit kutató tudósok a már ismert gázkibővítésekkel eredő krátereket, a környező pingókat is folyamatosan figyelik, és az elkövetkező nyári kutatási szezonban közelebből is megvizsgálják majd őket, és kiderítik, mely pingók lehetnek gázzal telítettek, s így veszélyesek. A kutatási szezon fő célja a tavalyi, szokatlanul meleg nyár által hagyott változások felmérése az olvadó permafroszt területén.

(*The Siberian Times*, 2017. március 23.)

Hulladékból energia

Baktériumok az emberiség szolgálatában

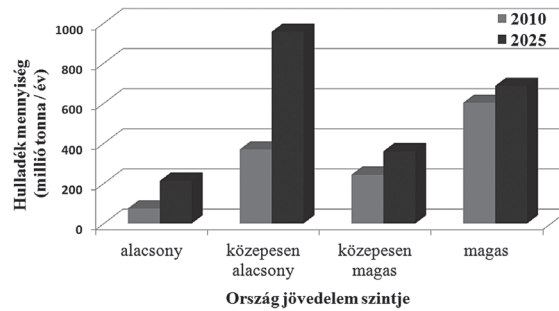
RÓZSEBERSZKI TAMÁS

Az első élő létformák megjelenésétől rögzös út vezetett az emberi civilizáció kialakulásáig. Ez a bámulatos, egyre gyorsuló fejlődés azonban veszélyeket is hordoz. Az emberiségnek az utóbbi évtizedekben sikerült rádöbbenie önpusztító tevékenységére. Ennek ellenére még ma is a legfőbb globális kihívások közé tartozik többek között a fokozódó energiaigény környezetkímélő fedezése, illetve a keletkező jelentős mennyiségű hulladék csökkentése és kezelése. A jelenlegi, egyre inkább urbanizálódó világunkban nehezen elképzelhető (akár már rövid időre is) az elektromos áram vagy a hulladékgazdálkodás mellőzése. Az 1. ábra szakemberek becslése alapján szemlélteti, hogyan alakul át a világ keletkező városi hulladék mennyisége a különféle országokban. Az elmúlt években és napjainkban az egy főre jutó hulladék mennyisége a magas jövedelmű országok nagyvárosaiban (Németország, Svédország, Magyarország) akár többszöröse is lehet az alacsony jövedelmű országok lakosaihoz viszonyítva. A fejlődő országok esetén viszont a népesség robbanásszerű növekedése következtében a keletkező hulladékmennyiség ugrásszerűen emelkedni fog 2025-re. Összességében elmondható, hogy az energiafogyasztás és a hulladékkezelés problémaköre nehezedik. A legnagyobb változás azonban az alacsony (Szerbia, Ghána) és a közepesen alacsony jövedelmű országok (India, Törökország) nagyvárosait fogja érinteni. [1]

Magyarországon a hulladék gyűjtése nagyrészt megoldott, de a hulladékfeldolgozási hierarchia területén elmaradunk az Európai Unió átlagához képest. Ez többek között annak köszönhető, hogy a szelektív hulladékgyűjtési program az elvárásokhoz mérten alul teljesített. Ezek alapján a szelektív hulladékgyűjtés hatékonyságának növelése és a beérkező hulladék megfelelő kezelése (kevesebb lerakásra kerülő hulladék) javíthatja az ország hulladékgazdálkodási szintjét. [2, 3]

Hulladékkezelési technikák

Az évmilliók során rengeteg faj eltűnt, de vannak olyanok is, melyek már igen hosszú ideje a Föld lakói. Ezek a túlélők a szá-

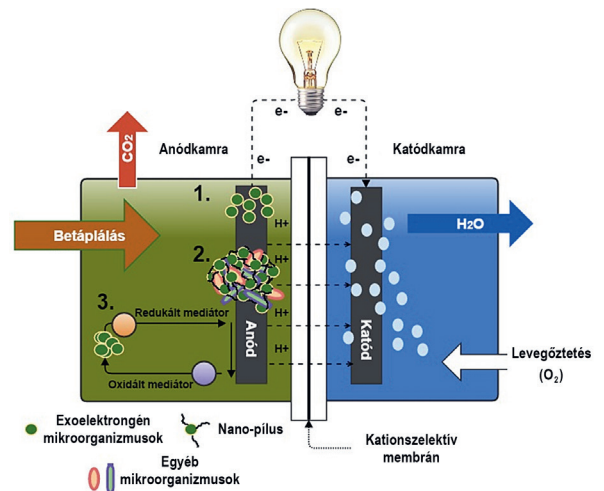


1. ábra. A világ nagyvárosaiban keletkező hulladék mennyiségének alakulása

munkra láthatatlan baktériumok, melyek rendkívül változatosak és egészen extrém környezetben is előfordulnak. A tudomány fejlődésével és a baktériumok megismerésével egyre bővül azon törzsek száma, amelyek valamilyen formában hasznosak az emberiség számára. Hulladékkezelés szempontjából például az egyik legrégebbi biológiai kezelési mód a komposztálás, ahol a szabad ég alatt történik a szerves hulladék ártalmatlanítása. Előnye, hogy az eljárás után visszamaradt anyag talajjavítóként felhasználható. A szervesanyag-tartalmú hulladék másik ártalmatlanítási formája, mely szintén nagy múltra tekint vissza, a metanogén fermentáció vagy *biogáz-előállítás*. Ez esetben, a komposztálással ellentétben, az oxigén kizárásával (anaerob) másféle baktériumcsoportok (hidrolizáló, acetogén, metanogén baktériumok) tevékenysége érvényesül. Az itt lejátszódó folyamatok révén a felhasználható, visszamaradó anyag mellett a biogáz is megjelenik, mint termék. A biogáz metántartalma révén energetikai célokra is felhasználható. Kellő tisztítás után akár biometánként a gázhálózatba is vezethető, csökkentve a felhasználni kívánt fosszilis eredetű föld-

gáz mennyiségét. Egy másik feltörekvő, szintén anaerob biodegradációs (biológiai lebontás) eljárás a *hidrogénképző* (sötét, vagyis fény jelenlétét nem igénylő) *fermentáció*. Itt a megjelenő termék a hidrogén, mely ígéretes energiaforrás lehet a jövőben. Míg az aerob komposztálás esetén energetikai hasznosítás nem történik, addig az anaerob biogáz és a fermentációs folyamatok révén keletke-

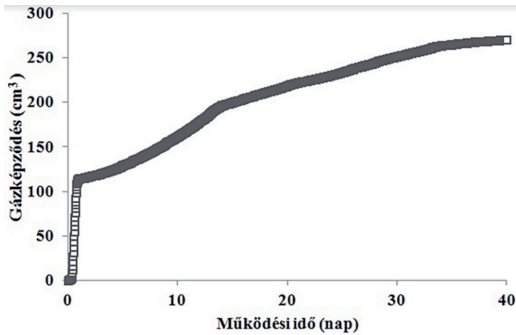
ző termékek (biogáz, hidrogén) felhasználásával energiát nyerhetünk ki a szervesanyag-tartalmú hulladék ártalmatlanítása mellett [4].



2. ábra. Kétkamrás mikrobiális üzemanyagcella felépítése

Hulladékból tiszta energia?

Az utóbbi évtizedekben olyan baktériumokra is felfigyeltek a kutatók, melyek képesek közvetlen elektromos energia előállítására. Ezeket a törzseket gyűjtőnéven exoelektrogén mikroorganizmusoknak, vagy anódléggző baktériumoknak (anode-respiring bacteria) nevezik. Az exoelektrogén baktériumok általi energiatermelés az úgynevezett *mikrobiális*



3. ábra. A biogáz-képződés eredménye

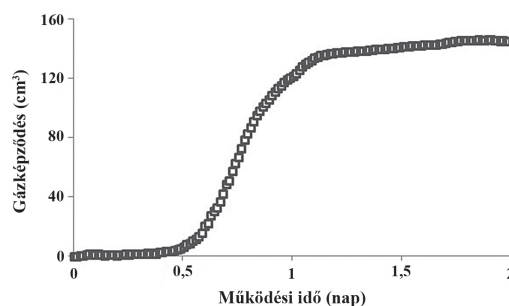
üzemanyagcellában valósul meg. Ez egy bioelektrokémiai rendszer, melynek két fő típusa terjedt el, az egykamrás és kétkamrás változat. A 2. ábrán egy klasszikus kétkamrás mikrobiális üzemanyagcella sematikus felépítése látható. Három fő alkotórészre bontható, egy anaerob anódkamrára, egy aerob katódkamrára, melyekbe egy-egy elektróda merül, és végül a két kamra között lévő általában kationszelektív membránra. Megfelelő körülmények kialakításával az anódkamrában lévő anódon az exoelektrogén mikroorganizmusok elszaporodása révén biofilm alakul ki. Itt történik a szerves anyagok lebontása, mely során elektronok (e^-) keletkeznek. Ezt követően a keletkezett elektronokat a baktériumok képesek továbbítani az anód elektródára. Az elektronátadás többféle módon lehetséges: (1) közvetlen elektronátadással, (2) mikroorganizmusok által növesztett, úgynevezett elektromosan vezető nanovezetékek (pílusok) révén, (3) bizonyos elektronközvetítő (mediátor) anyagok révén (2. ábra).

Az anódon át egy külső vezetéken történik az elektronok vándorlása (elektromos áram) az elektroneutralitás elve révén a katód irányába. Ezzel egyidejűleg az elektronok mellett protonok is keletkeznek (H^+), melyek a kamrák közötti kation- (proton) szelektív membránon keresztül jutnak át a katódkamrába. Az aerob, általában levegőztetett katódkamrába érkező elektronok és protonok a jelenlévő oxigénnel egyesülve vizet alkotnak. A kétkamrás kialakításnál szükséges a membrán megléte. A membrán mellett, hogy összekapcsolja a két kamrát (protonát-eresztés), egyben el is szigeteli azt, mivel a katódkamrában lévő oxigént nem engedi át az oxigénmentes anódkamrába, megakadályozva az ott élő exoelektrogén közösségek károsodását. A mikrobiális üzemanyagcella legfőbb előnye közé sorolható a folyamatos, közvetlen elektromos energiatermelés és a hatékony szer-

vesanyag-lebontás. A mikrobiális üzemanyagcella egyelőre kutatási fázisban van, egyes lebontási mechanizmusai még nem teljesen tisztázottak. Előnyei mellett elterjedésüket hátráltatja az energiatermelési kapacitásukhoz mérten viszonylag magas anyagköltség (membrán, elektródák). Mindazonáltal egyre több kutató érdeklődik a mikrobiális üzemanyagcellák iránt, ennek köszönhetően növekszik a hatékonyságuk, valamint további hasonló bioelektrokémiai rendszerek is megjelentek. Az egyik ilyen például a mikrobiális elektrolízáló cella, melynél az exoelektrogén mikroorganizmusok által termelt többlet elektromos áram hidrogén előállítására (elektrolízis) fordítódik. [5, 6, 7, 8, 9]

Hazai példa

A továbbiakban a már említett biogáz, hidrogén-fermentációs és mikrobiális üzemanyagcellás eljárásokkal kapcsolatos eredményeket mutatom be egy magyarországi hulladékkezelő telepről származó speciális szennyvíz esetében. A kísérleteket a veszprémi Pannon Egyetem Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató Intézetében végeztem el. Mindhárom biológiai lebontás könnyebb összehasonlíthatósága érdekében, ugyanazt a kezelni kívánt anyagot vizsgáltam. Figyelemmel kísértem az



4. ábra. A hidrogén-fermentáció eredménye

egy-egy eljárások ártalmatlanítási hatásfokát, melyről a betáplált szennyvíz kémiai oxigénigényének (KOI) változása nyújtott átfogó információt. A KOI meghatározásánál lényegében az oldatban jelen lévő szerves anyagok kémiai lebontásához szükséges oxigén mennyiségét értjük. A keletkező termékek (biogáz, hidrogén és bioelektromosság) mennyiségéből pedig kiszámolhatók a lebontási módokhoz kapcsolódó energetikai paraméterek.

Az Észak-Balatonai Hulladékgazdálkodási Projekt keretein belül újjáépített királyszentistváni hulladékkezelő telepre érkező 158 település szilárd hulladékának a válogatása során egy szerves anyagban gazdag frakciót (biofrakciót) különítették el. Ezt jelenleg aerob módon, komposztálással stabilizálják, majd a lerakóra helyezik és gépekkel tömörítik. A komposztálást megelőzően a biofrakcióból préseléssel nyert szennyvizet vizsgáltam a már említett anaerob eljárásokkal. A betáplált szennyvíz (szubsztrátum) lebontásához szükséges mikroorganizmus-tömeget (inokulum) a pálhalmi biogázüzem rothasztó tartályából származó iszap szolgáltatja. Korábbi alap- és alkalmazási eredmények segítségével, a kezdeti nehézségeket áthidalva (pl. még teljesen új, ismeretlen anyag) már célirányosan folytatták a mérések. [5, 6]

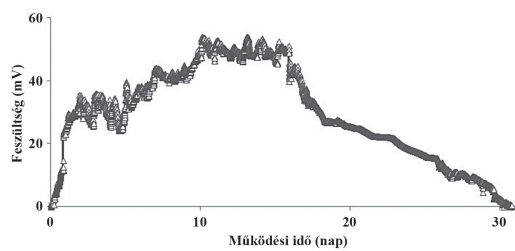
Beszéljenek a számok!

A biogáz-képződés igen komplex, többlépcsős folyamat, mely során különféle mikroorganizmusok szimbiotikus kapcsolatban tevékenykednek. Minden törzsek megvan az adott feladata, melyek elvégzésével más törzsek elterjedését segíthetik elő. Megfelelő körülmények biztosításával először a hidrolízáló baktériumok bontják a nagy molekulájú szerves vegyületeket. Az így keletkezett rövidebb szénláncú anyagok (zsírsavak) lebontását már egy másfajta baktériumcsoport alakítja át egyszerűbb anyagokká (szerves savak, ecetsav). Végezetül a metanogén baktériumok révén ecetsavból és hidrogénből biogáz képződik. A baktériumok tevékenységének nyomon követésére manometrikus mérőfejeket (WTW oxitop 100) használtam, mivel ezek képesek egy adott gáztér (például egy mérőedény) nyomásváltozásának követésére. A 3. ábrán látható a biogáz-képződés okozta nyomásemelkedés egy 40 napig tartó kísérlet során 37 °C-os hőmérsékleten.

A detektált nyomásértékekből az ideális gáztörvény révén ($p \cdot V = n \cdot R \cdot T$) kiszámolható a keletkezett gázmennyiség, valamint 0 °C-ra és 101,325 kPa nyomásra való átváltásával kiszámolhatóak a biogázra jellemző energetikai paraméterek. A gázminta gázösszetételének meghatározása gázkromatográfia segítségével történt. Ez idő alatt a speciális szennyvíz és beoltóiszap 1:1 arányú 50 ml osztérfogatú eleyéből 527 cm³ biogázt sikerült előállítani 0 °C-ra és 101,325 kPa nyomásra vonatkoztatva. Az energetikai számítások alapján ez 11 745 J elméleti energiának felel meg. Egy biogázmotor elektromos áram előállításának hatékonysága 35% körüli, tehát

4110 J energia nyerhető ki a keletkezett közel 60%-os metántartalmú biogáz felhasználásával.

Hidrogén-fermentáció során a biogáz-képződéshez hasonló folyamat történik, azonban ebben az esetben az utolsó lépés (metanogenezis) már hátrányos a hidrogéntartalomra nézve. Ahhoz, hogy megakadályozzuk a metanogének tevékenységét, előkezelést célszerű alkalmazni, mely során az érzékenyebb metántermelő baktériumok jelentős része elpusztul. Számos paraméter közül akár a kezdeti enyhén savas környezet (pH ~5), és egy rövid ideig tartó (30–45 perc) hőkezelés (75 °C) is hatékony lehet. A kezdeti folyadékkelegy összetétele meg-



5. ábra. A mikrobiális üzemanyagcella-kezelés eredménye

egyezett a biogáz-kísérletben leírtakkal. Az előkezelés után a hidrogén-fermentációs kísérlet 2 napig tartott. A WTW 100 mérőfejjel mért eredmények 37 °C-on a 4. ábrán láthatóak.

A kísérlet során 0 °C-ra és 101,325 kPa nyomásra vonatkoztatva 91 cm³ hidrogén keletkezett, aminek az elméleti energiatartalma 1140 J. A keletkező hidrogén üzemanyagcellában történő felhasználásával, jellemzően 65 % hatékonysággal számolva, 741 J energiához juthatunk.

A mikrobiális üzemanyagcella „beüzemelési” szakasza során, az anódfelületre tapadó exoelektrogén mikroorganizmusok szaporodását egy többkörös etetési, vagy felnövesztési folyamat segíti elő. Ekkor a számukra könnyen bontható tápanyag (acetát, glükóz) és megfelelő környezet biztosításával felgyorsítjuk az anód elektródán kialakuló stabil biofilm kialakulását. A vizsgálni kívánt anyag betáplálását csak ezt követően célszerű elvégezni az anódkamrába a pontosabb eredmények szempontjából. Az előzetes biofilm kolonizáció (felnövesztés) a beoltóiszappal történt, többszörös nátrium-acetát oldat adagolásával. A biofilm kialakulását követően, az anódcellában lévő beoltóiszap cseréjével a korábbi vizsgálatoknál is alkalmazott 25 ml mennyiségű biofrakcióból származó

szennyvizet adagoltam. Számítógépes adatgyűjtő rendszer segítségével digitálisan nyomon követhető az exoelektrogének tevékenysége. Ha számukra kedvező anyag jelenik meg, megtörténik a lebontás során keletkező elektronok áramlása, melyet a két elektróda közötti potenciálnövekedés jellemez. Ezt a feszültségnövekedést rögzítve, és a rendszerhez csatolt ellenállás ismeretében (jelen esetben: R =100 Ω) kiszámolható az áramerősség, az elektromos teljesítmény és többek között a kumulált energiakihozatal is. Az 5. ábrán látható a betáplálást követő hirtelen potenciálemelkedés, mely 31 napos üzemelés után visszaállt az eredeti értékre. [5, 6]

Az adatok alapján a betáplált szennyvízből 31 J közvetlen energia volt kinyerhető. Ha fenntartjuk a megfelelő körülményeket és gondoskodunk a tápanyag utánpótlásáról, a mikrobiális üzemanyagcellák képesek folyamatos üzemelésre is.

Az energetikai paraméterek mellett a környezetvédelmi szempontokat is figyelembe kell venni. A páhalmi beoltóiszap pH 7,5 mellett a kémiai oxigénigénye 17 g L⁻¹, a szennyvíz pH 4,9 és a kémiai oxigénigénye 97 g L⁻¹ volt.

Az 1. táblázatban látható összefoglalva a különféle eljárások során elért kémiai oxigénigény-csökkenés. [10]

A hidrogén-előállítás kisebb mértékű, 9%-os csökkenést jelentett a kémiai oxigénigényben, viszont működési ideje jóval kevesebb volt a többi eljáráshoz képest. A biogáz előállítása 50%-os csökkenést produkált 40 napos működés mellett. A mikrobiális üzemanyagcella esetén a kémiai oxigénigény csökkenése 92%-os volt a kezdeti értékhez képest a 31 nap során, ami jelentős lebontási hatékonyságot je-

Lebontási folyamat	KOI-eltávolítás mértéke (%)
Biogázképződés	50
Hidrogénfermentáció	9
Mikrobiális üzemanyagcella	92

A különféle eljárások során elért kémiai oxigénigény-csökkenés összefoglalása

lent, azonban ez még elmarad a felszíni befogadókra (folyók) vonatkozó határértékekhez képest.

A kutatási eredményekből is látható, hogy többféle módon juthatunk környezetkímélő energiához, akár a számunkra felesleges, vagy veszélyes hulladék felhasználásával is. Az említett három eljárás csak tö-

redéke a létező fenntartható energiatermelő lehetőségeknek. Az azonban bizonyos, hogy minél több lábón állunk, minél változatosabb módon jutunk energiához, annál kevésbé leszünk kiszolgáltatottak. Bizom abban, hogy a világban elkezdődött szemléletváltozás kitart, és egyre több figyelmet fordítunk majd a globális környezeti problémák kezelésére egy élhető és fenntartható jövő építése érdekében.

Az írás a Magyar Tudományos Akadémia Természettudományi Kutatóközpontja (MTA TTK) és a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) közös ismeretterjesztő cikkpályázatára érkezett.

Irodalom

[1] D. Hoorweg, P. Bhada-Tata: What a waste, A Global Review of Solid Waste Management, World Bank, No. 15. (2012)

[2] Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT II.)

[3] Eurostat adatbázis: <http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Environment>

[4] Bakonyi, P., Nemestóthy, N., Ramirez, J., Ruiz-Filippi, G., & Bélafi-Bakó, K.: Escherichia coli (XL1-BLUE) for continuous fermentation of bioH₂ and its separation by polyimide membrane. International journal of hydrogen energy, 37 (7), 5623-5630. (2012)

[5] Rózsenberszki, T., Koók, L., Hutvágner, D., Bakonyi, P., Kurdi, R., Sarkady, A., Nemestóthy, N., Bélafi-Bakó, K.: Comparison of anaerobic degradation processes for bioenergy generation from liquid fraction of pressed solid waste. Waste and Biomass Valorization, Volume 6, Issue 4, pp 465-473. (2015)

[6] Koók, L., Rózsenberszki, T., Bakonyi, P., Nemestóthy, N., Bélafi-Bakó, K.: Bioelectrochemical treatment of municipal waste liquor in microbial fuel cells for energy valorization. Journal of Cleaner Production, 112, 4406-4412. (2016)

[7] Logan, B.E.: Microbial Fuel Cells. Wiley, New York (2008)

[8] Logan, B. E., Hamelers, B., Rozendal, R., Schröder, U., Keller, J., Freguia, S., Aelterman, P., Verstraete, V., Rabaey, K.: Microbial fuel cells: methodology and technology. Environmental science & technology, 40(17), 5181-5192. (2006)

[9] Rabaey, K., Verstraete, W.: Microbial fuel cells: novel biotechnology for energy generation. TRENDS in Biotechnology, 23(6), 291-298. (2005)

[10] APHA: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edn. American Public Health Association, New York (1995)

Mire jó a feleség, ha festő?

BABINSZKI EDIT–GÁSPÁR ANITA–KŐBÁNYAI PÉTER

Az egyedülálló, különleges, régi földtani, vagy természettudományi témájú könyveket bemutató sorozatunknak ebben a részében a puhatestűekkel foglalkozó könyvek közül a maig legnagyobb és legpazarabb kiállítását mutatjuk be. Franz Michael Regenfuss 1758-ban megjelent, gazdagon illusztrált műve „családi vállalkozás” volt. Elkészültéhez ugyanis nagyban hozzájárult felesége is: ő színezte a könyv tábláinak nagy részét. A könyv kivételesen szép, színezett rézmetszeteinek ma már csupán a másolataihoz is csak jelentősebb kiadásal lehet hozzájutni. A kötet megtalálható a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Földtani Szakkönyvtárának gyűjteményében is – Semsey Andor mecénás vásárolta meg 1885-ben hazánk legnagyobb földtani szakkönyvtára számára.

Franz Michael Regenfuss 1712-ben született Nürnbergben. Már fiatal korában elbűvölte a természet szépsége, ezért apja parókakészítő műhelye helyett inkább a művészetet és a tudományt választotta: festőművész, rézmetsző, író és természettudós lett. 1745-ben gondolt először egy olyan tengeri puhatestűekről és rákokról szóló könyv kiadására, amelyben a tudományos szöveget számos rézmetszettel illusztrálnák. A szöveg megírására megnyerte Friedrich Christian Lessert, a puhatestűek elismert szaktekintélyét, aki abban az időben Nordhausen anglikán papja volt.

A XVIII. században mind a természetvizsgálók, mind az arisztokrácia körében



**A tenger és élőlényei allegóriája
Regenfuss „hirdetésén”**

kedvelt időtöltés volt a természet különlegességeinek, köztük az egzotikus csigák, kagylók házainak gyűjtése, ezért Regenfuss, hogy könyvének kiadásához pénzt szerezzen, 1748 elején levélben fordult a gyűjtők-

höz és a kereskedőkhöz mint potenciális támogatókhoz, előfizetőkhez. Még ennek az évnek a végén, 1748 októberében nagyméretű „hirdetést” is készített, amelyen a tenger és a tengeri élőlények allegóriája jelent meg. Ezzel próbálta felhívni a figyelmet e tudományterületre, de legfőképp újabb megrendelőket csábítani könyve kiadásához. E latin és német nyelvű felirattal ellátott kép található könyvének első oldalán is.

Időközben Lesser ugyan elkezdett dolgozni a könyv szövegén, ám Regenfussnak nem nyerték el a tetszését az elkészült részek, emiatt a munka megszakadt. 1754-ben Count Adam Gottlob von Moltke, V. Frigyes dán és norvég király diplomatája és egyben egyik legjobb barátja közbenjárására a király meghívta Regenfussot Kopenhágába. Itt nem sokkal később királyi rézmetszőnek nevezték ki – amely címét 1780-as haláláig megőrizte – és nyugodtan folytathatta tovább könyvét. Hogy mind ezért köszönetet kifejezze, könyve elejére egy olyan rézmetszetet készített, melyen a király mellszobrát a hajózásnak, a tenger isteneinek és élőlényei allegóriái veszik körbe.

A könyvben szereplő páratlan rézmetszeteken a tengeri puhatestűek vázait nem rendszertani sorrendben ábrázolták, hanem – feltehetően – szépségük, színük alapján rendezték el őket. A házak hol egymás mellett helyezkednek el, hol csillag-, vagy legyező alakban ábrázolták őket a minél harmonikusabb összkép érdekében. A legtöbb fajról előlről és hátulról is készült rajz, de ez sem tudományos indíttatásból, csupán azért, hogy a házak mindkét oldalának szépségét megmutathassák. Ennek ellenére a könyvben szereplő mind a 145 fajt tudományos alaposággal, tökéletesen ábrázolták. A metszeteket Regenfuss készítette és nagy részüket felesége, Margaretha Helena Regenfuss színezte.

A könyv szövegén az évek folyamán többen is dolgoztak (Christian Gottlieb Kratzenstein, Lorenz Spengler, Peder Ascanius, Johan Andreas Cramer), akik ki-



Egy rézmetszet Regenfuss könyvéből

sebb-nagyobb mértékben javították, kiegészítették elődeik munkáját. A francia-német kétnyelvű, nagyméretű (636×500 mm) kötet első kiadása végül 1758-ban, Kopenhágában jelent meg, Andreas Hartwig Godiche kiadásában. Eredeti, teljes címe: *Auserlesne Schnecken, Muscheln und andere Schaalthiere auf allerhöchsten Befehl Seiner Königlichen Majestät nach den Originalen gemalt, in Kupfer gestochen, und mit natürlichen Farben erleuchtet von Franz Michael Regenfuss, Königlichem Kupferstecher / Choix de Coquillages et de Crustacés peints d'après nature, gravés en taille-douce et illuminés de leurs vraies couleurs par Francois Michel Regenfuss graveur du roi.* Bár a könyv címe a rákokra is utal, sem a szövegben nincs róluk említés, sem a metszeteken nem szerepelnek.

A könyv legszebb oldalai nagy felbontásban megtalálhatók a www.mfgi.hu/hu/kovekeskonyvek címen.

Irodalom

Bentham Jutting, W. S. S. van 1964: On the conchological work of F. M. Regenfuss. Zoologisch Museum, Amsterdam.

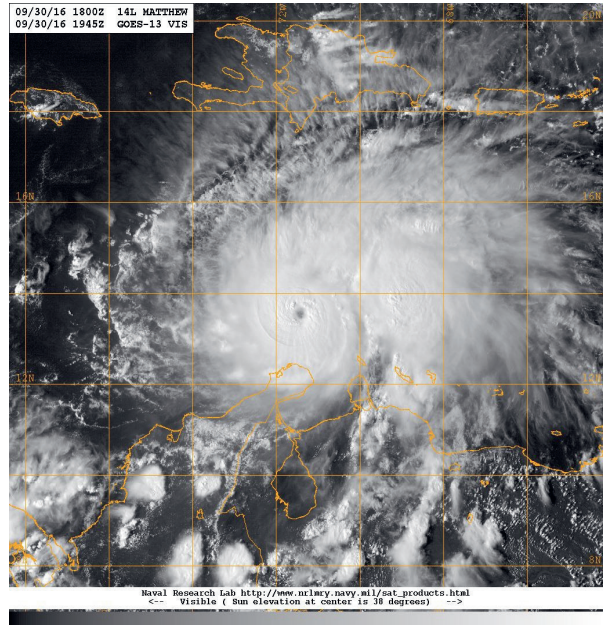
Az atlanti- és csendes-óceáni hurrikánszezon

HÉRINCS DÁVID

A 2016-os atlanti hurrikánszezon az elmúlt 3 év mérsékelt aktivitása után ismét mozgalmasabbnak bizonyult, illetve mind a ciklonok, mind a hurrikánok száma kevéssel meghaladta az átlagot. Összesen 16 ciklon fejlődött ki, melyek közül 15 kapott nevet, vagyis ezek érték el legalább a trópusi vihar erősséget. Emellett 7 hurrikán és 4 erős hurrikán (legalább 3-as kategóriájú forgószél) fordult elő. A szezon ráadásul több érdekességet is produkált. Az elsőt már rögtön januárban, hiszen igen ritka eseményként *Alex* (1. ábra) révén már ekkor megtörtént a szezonkezdet, ráadásul mindjárt egy hurrikánal. Az 1851 óta végzett feljegyzések alapján ez volt a második olyan megfigyelt hurrikán 1938-at követően, mely januárban alakult ki (bár 1955-ban is volt hurrikán januárban az óceánon, de az még az előző év decemberének végén jött létre). Emellett *Alex* volt a 6. a sorban a januárban valaha előfordult trópusi és szubtrópusi ciklonok között. Januárban keletkező trópusi vihar-

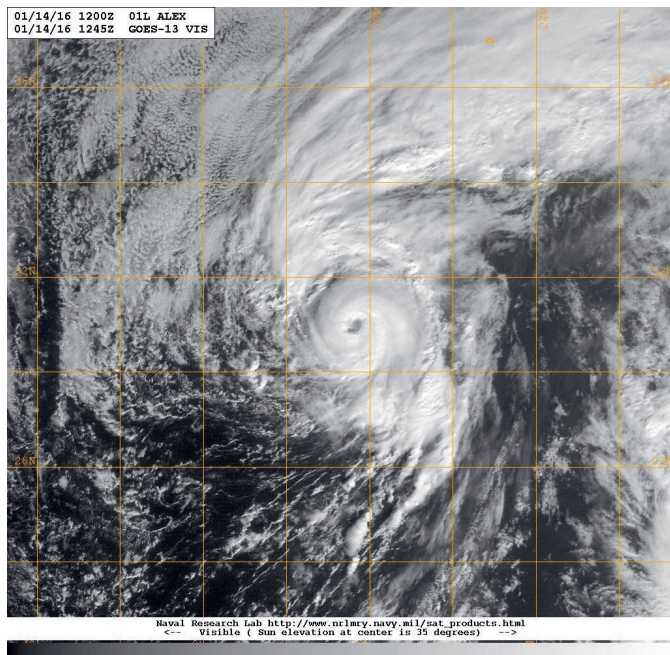
ra utoljára 1978-ban volt példa, tehát igen hosszú csendet tört meg *Alex*. Januárban fennálló trópusi vihar ugyanakkor 2006-ban volt legutóbb a 2005 decemberének végén kialakult Zeta trópusi vihar révén, mely csak januárban oszlott fel.

A következő érdekességet a *Matthew* (2. ábra) szolgáltatta, mivel neki köszönhetően 2007 óta először fordult elő 5-ös erősségű hurrikán a térségben. Ezzel pedig ez lett az atlanti térség leg-erősebb ciklonja is 2016-ban. Bár 5-ös erősségűként még a szárazföldről távol helyezkedett el, később a 4-es és a 3-as kategória között váltakoz-



2. ábra. A Matthew hurrikán közelíti az 5-ös erősséget a Karib-tenger felett szeptember 30-án

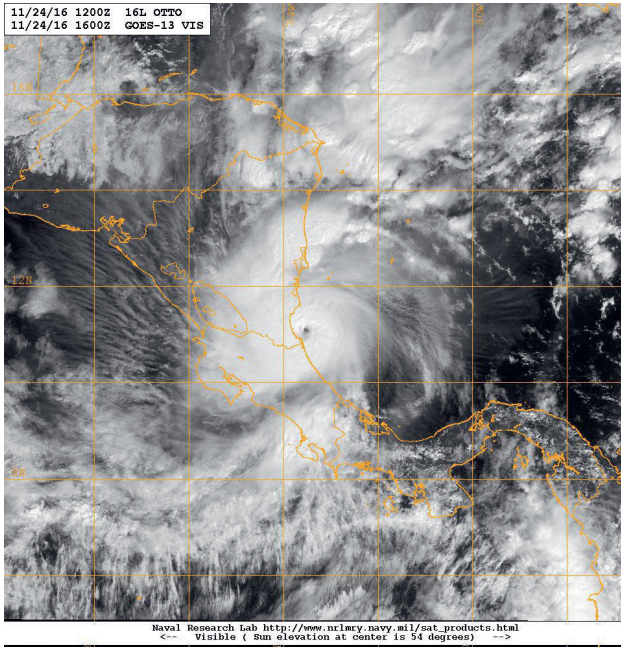
1. ábra. Alex, a különleges januári hurrikán 14-én



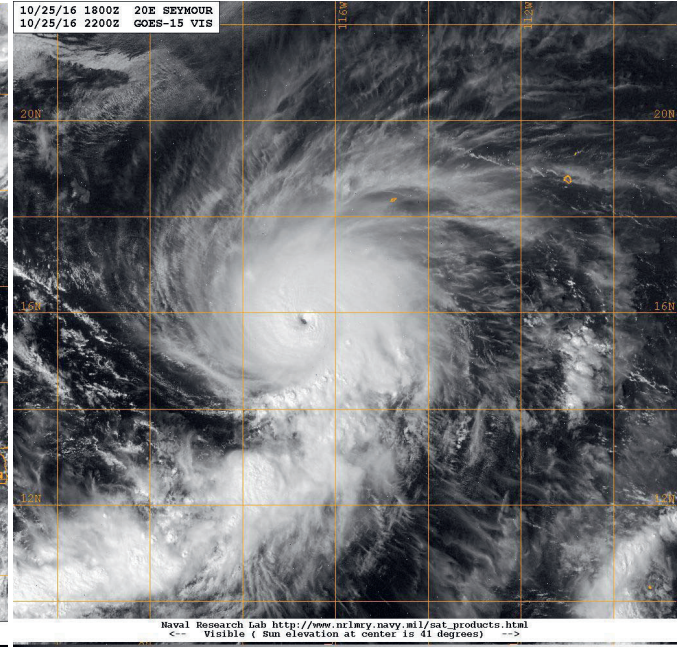
va haladt végig a Karib-szigetvilágon (Haiti nyugati és Kuba keleti csücskét közvetlenül is érintve) és a Bahama-szigeteken, majd gyengülve még az Egyesült Államok délkeleti részét is érintette. Így a Matthew lett a legpusztítóbb trópusi ciklon a szezonban, körülbelül 15 milliárd dolláros kárt okozva, valamint több, mint 500 emberéletet követeltek. Emiatt a Matthew is bekerült a „hurriká-

nok nagykönyvébe”, vagyis a szezon követően visszavonultatták a nevét a 6 évenként rotáló névlistáról, így 2022-ben már Martin fogja őt felváltani.

A Matthew mellett még az Earl (Yucatán-félsziget, Mexikó), a Hermine (USA délkeleti partvidéke) és az Otto (Közép-Amerika) hurrikánok károkozása volt kiemelkedőbb, bár ezek együttesen is jelentősen elmaradtak a Matthew-étől, nemhogy külön-külön. Ezek közül a trópusi ciklonok közül az *Otto* (3. ábra) emelkedett ki. Ő ugyanis a Karib-tenger délnyugati szegletében fejlődött ki, és később nyugat felé haladt. Mivel Costa Rica és Nicaragua határvidékén, a közép-amerikai földszoros egy keskenyebb és kevésbé hegyvidéki részén érte el a szárazföldet, így tovább haladva nyugatra sikerült átjutnia a Csendes-óceánba anélkül, hogy feloszlott volna. A nemrég bevezetett gyakorlat szerint az átkelés után már nem kapta meg a csendes-óceáni névlista soron következő nevét (mely a Virgil lett volna), hanem Otto maradt, így ő volt az



3. ábra. Az Otto a közép-amerikai partot érése előtt, november 24-én



4. ábra. A Csendes-óceán keleti részén 2016-ban megfigyelt legerősebb ciklon, a Seymour október 25-én

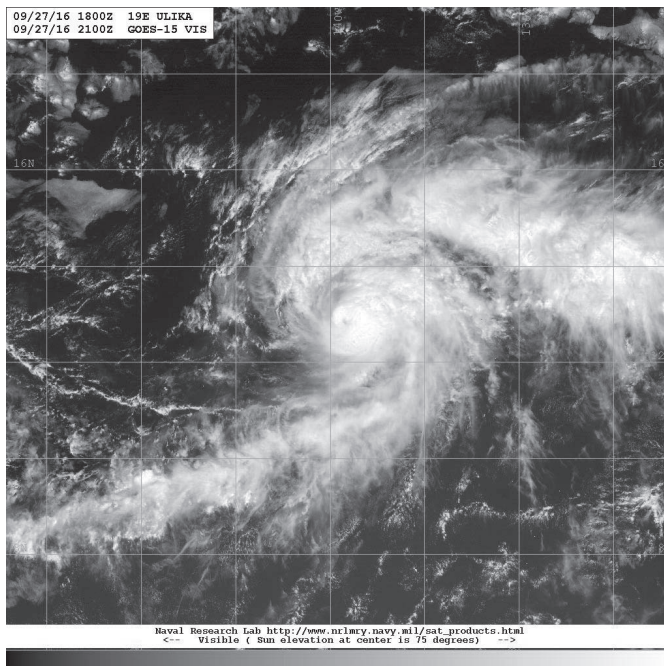
első olyan ciklon, mely az átkelésel megtartotta nevét. Otto révén ráadásul ugyan az a ciklon zárta le mind az atlanti, mind a csendes-óceáni hurrikánszezont. Az Otto nevet szintén visszavonultatták a szezon végén, nagyobb részt a közép-amerikai károkozása miatt, de ebben szerepet játszhatott a Csendes-óceánba történő átjutása, illetve az is, hogy ritkán tapasztalható módon Közép-Amerika délebbi részén ért partot. Így helyette Owennel találkozhatunk majd 2022-ben.

A Csendes-óceán keleti térségében, mely szintén az amerikai Nemzeti Hurrikánközpont hatáskörébe tartozik, a 2016-os szezon is kiemelkedően sok trópusi ciklont hozott, akárcsak az előző néhány. Összesen 21 trópusi ciklon alakult ki az óceánon, és ehhez jött még hozzá a már említett Otto, így a ciklonok száma végül 22 lett. Ebből 21 érte el legalább a trópusi vihar erősséget, míg a hurrikánok száma 12, az erős hurrikánok száma pedig 6 volt. A szezon viszonylag későn kezdődött, hiszen júliusig mindössze egy trópusi depresszió alakult ki, a július elejétől szeptember végéig tartó időszak viszont meglehetősen nagy ciklonaktivitást

hozott. A sok ciklon ellenére a ciklonok erőssége elmaradt az előző két évtől, hiszen akkor egy-egy 5-ös kategóriájú hurrikán is kialakult (köztük a 2015-ös re-

mított azonban, hogy a szezon legerősebb ciklonja, *Seymour* (4. ábra) viszonylag későn, október végén fejlődött ki. A szárazföldet (Mexikó nyugati partvidékét, illetve a Hawaii-szigeteket) csak néhány, gyengébb ciklon (Darby, Javier, Newton) érintette, így jelentős károk nem keletkeztek, illetve nagyszámú áldozat sem volt.

A csendes-óceáni szezon legérdekesebb ciklonja az óceán keleti és középső határvidékén kialakult *Uluka* volt (5. ábra). Ez még a keleti térségben lett trópusi depresszió, de trópusi viharrá már a középsőben erősödött, így az ottani névlistából kapta a nevét (egyébként ez lett volna Seymour). A kezdeti nyugatias mozgása után viszont északkelet felé fordult, amivel visszajutott a keleti régióba, és ott érte el legnagyobb erősségét 1-es kategóriájú hurrikánként. Később azonban ismét a keleties áramlások ragadták magával, így a középső térségbe visszajutva oszlott fel. Mivel a passzátszelek miatt az óceán ezen térségében a nyugatias haladási irány jellemző, arra korábban még nem volt példa, hogy egy trópusi ciklon a két térség határvonalát háromszor is átlépje, ahogy *Uluka* tette.



5. ábra. Az Uluka, a többszörös határátlépő hurrikáná erősödve, szeptember 27-én

korderős Patricia hurrikán), míg 2016-ban „csak” 4-es kategóriájú ciklonok fordultak elő, igaz abból 5 is. Érdekességnek szá-

Égből pottyant bélyegek

SZABÓ JENŐ

Az idei esztendőben évfordulós kiállítást láthattak a csillagászat és az űrkutatás iránt érdeklődők a budapesti Bélyegmúzeumban. 1467-ben érkezett Magyarországra Vitéz János esztergomi érsek meghívására Johannes Müller, ismertebb nevén Regiomontanus, aki Mátyás király budai udvarában is tevékenykedett. A hazai tudományos igényű csillagászat és matematika kezdeteit innen számítja a tudománytörténet.

A tárlathoz kapcsolódva 2017 elején a Magyar Posta bocsátotta forgalomba a világon az első Regiomontanus-t ábrázoló bélyeget.

Az Asztro-trilógia című kiállításon kis túlzással annyira postabélyeg volt látható, mint égen a csillag, amelyek váratlan változatossággal jelenítették meg a természet-tudományok tán legromantikusabbját, az asztronómiát, illetve az emberiség legnagyobb kalandját, az űrhajózást. Ezekből válogattunk néhány érdekes példányt.

Kezdjük mindjárt a legkorábbi csillagászati motívumot tartalmazóval. 1884-ben bocsátották ki ezt a brazil forgalmi bélyeget, amelyen a déli égből legismertebb csillagképe, a Dél Keresztje látható. Később még újra kiadták más név-értékekkel, más színekkel is. Egyébként ez a csillagkép több ország nemzeti lobogóján is látható, e zászlók pedig bélyegen szintűgy.



2017 – Magyarország, Regiomontanus

A szellemi világörökséggé nyilvánított tárgyról 2008-ban adott ki bélyeget a német

post. Külön érdekessége, hogy a korong anyagának lelőhelyét is sikerült lokalizálni: a bronzhoz a rezes Salzburg környékéről, az aranyat az erdélyi bányákból hozták.

A kora újkort köti össze a XX. század végével a Caracas alapításának 400. évfordulójára kiadott címlet. A venezuelai főváros születésekor és napra pontosan négy évszázaddal később látjuk az égbolton a Delfin és a Sas csillagkép fényesebb csillagait. Remekül demonstrálja, hogy az állócsillagok sem állnak mindig ugyanott az égbolton, s már ekkora időtávlattól is regisztrálható az elmozdulásuk.

a Pleiádok, más néven Fiastyúk csillaghalmazt hordozza magán, valamint két körívet, amelyek mind aranyból készültek, csakúgy, mint a további 25 csillagot szimbolizáló apró korong. Szakértők szerint a körívek egyike egy másik hiányzóval együtt pont akkora szöveget zár be, amekkorát a lelőhely földrajzi szélességén a téli és nyári napfordulók idején a napnyugták, illetve a napkelték zárnak be egymással.



2008 – Németország, Nebrai korong



1967 – Venezuela, 400 éves Caracas

A rövidebb távú mozgásukat a Dél-Georgia és Déli Sandwich-szigeteken kiadott bélyeg mutatja be összeállításunkban. Az éjszakai égboltról készített hosszú expozíciós idejű fotó a csillagoknak a Föld forgásából adódó elmozdulását rajzolja fel.

Másféle megközelítésből ábrázolta a bélyeget tervező grafikus egy csillag elmozdulását egy 1979-es togoi címleten. Albert Einstein születésének centenáriumán a relativitáselmélet egy – mára közhelyszerűvé lett – állítását ragadta meg a bonyolult tudományos kifejtés helyett a saját vizuális lehetőségeit alkalmazva. A nagy gravitációs hatás meggörbíti a teret, s a rajta áthaladó fény útja is követi e görbületet. Emiatt a bélyegképen látható csillagot máshol látjuk, mint ahol ténylegesen volt az általa kibocsátott fényhullám indulásakor.

Egy másik látványos jelenség a Nap-halo, amely a felső légkörben képződik. Fátyol- és pehelyfelhőkben levő jégkristályok okozzák. A fénysugarak visszaverődhetnek a hatszöges formavilágú jégkristályok belső vagy külső lapjairól, vagy megtörhetnek bennük. Többféle típusa közül a bélyegen látható 22°-os halo



1884 – Brazília, Dél Keresztje;
1983 – Szamoa, Nemzeti lobogó



2013 – Dél-Georgia és Sandwich-szigetek, Csillagok útja

valójában egy fényes szivárványszínű kör a Nap körül. Bármely napszakban megjelenhet, kialakulásához véletlenszerűen forgó hasábkristályok jelenléte szükséges.



1979 – Togo, Albert Einstein

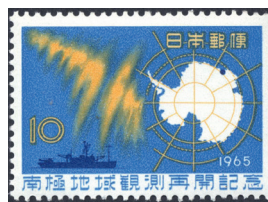
Gyakoribb bélyegtéma a sarki fény. Mind az északi, mind a déli számos kiadást ékesít, attól függően, hogy melyik fény „lelőhelyéhez” fekszik közel a kibocsátó ország. A sarki fény a Föld Északi- és Déli-sarkánál a légkörbe behatoló töltött részecskék által keltett időleges fényjelenség. A töltött részecskéket túlnyomóan a napszél szállítja, kisebb hányadukat a Naprendszeren kívülről érkezt részecskék teszik ki. E részecskéket



1986 – Ausztrál Antarktisz, Nap-halo;



1988 – Brit Antarktisz, Nap-halo



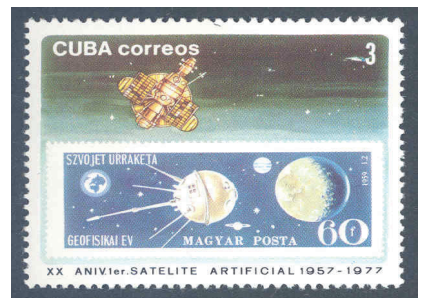
1959 – Magyarország, Északi fény; 1965 – Japán, Déli fény;

1991 – Ausztrál Antarktisz, Déli fény; 2007– Egyesült Államok, Északi és déli fény

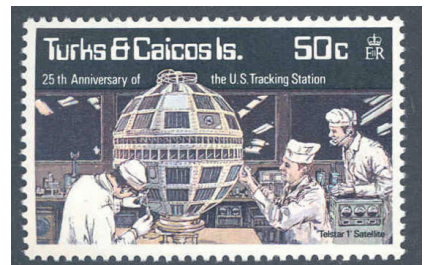
a földi magnetoszféra nagyrészt eltéríti, a mágneses pólusok körüli tartományban azonban bejutnak a légkörbe, ahol ütköznek a légkör atomjaival, ionizálják és gerjesztik azokat. A gerjesztett atomok pedig fénykibocsátással térnek vissza alapállapotukba.

Az űrkutatásra áttérve itt is a kezdetekre érdemes visszatekinteni. Az űrszondák korai példánya volt a szovjet Luna-1, amely 1959 elején első ember alkotta űreszközként megközelítette a Holdat, majd elrepült mellette. Az eseményt sok ország mellett Magyarország is bélyeggel üdvözölte. Még az év szeptemberében elérte a Hold felszínét a következő holdszonda, s erre az alkalomra vörös színű felülnyomással és némi felirat-módosítással újra kiadták a bélyeget. Egy ivéről azonban véletlenül lemaradt a felülnyomás, s ezek a ritka címletek ma is komoly piaci értékűek. De további utóélete is volt még e bélyegábrának. 1977-ben a Kuba-i Posta egy űrsort bocsátott ki az űrkorszak huszadik évfordulójára, amelybe a testvéri szocialista országok egy-egy korábbi űrbélyegét is belekomponálták. A magyaroktól éppen a Luna-1-et ábrázolót választották. Azonban a grafikusnak nem lehetett erőssége a magyar szöveg figyelmes olvasása, így kerülhetett rá a GEOFIZIKAI ÉV, illetve a SZVOJET ŰRRAKÉTA. (Az ékezetek hiányát már ne is említjük.)

A távközlési műholdak doyenje az amerikai Telstar-1 volt. 1962-ben állították Föld körüli pályára, és először jött létre rajta keresztül műholdas tévékapcsolat



1959 – Magyarország, Luna-1 és Luna-2; 1977 – Kuba, 20 éves az űrkorszak



1987 – Turks és Caicos, A Telstar-1 építése

polgári légi közlekedést segítő funkciójukra irányítja a figyelmet. A filatéliai szakirodalom ezt tartja az első GPS-bélyegnek. (Kép a B-III. oldalunkon.)

Az űrkorszak kétségkívül kiemelkedő vállalkozása volt az Apollo-program, hiszen ennek során jutott először ember egy idegen égitestre. A hat sikeres holdraszállás hozadéka az Atlanti-óceán közepén fekvő szigetcsoport, Tristan da Cunha által kiadott blokk is. Többszörösen is különleges darab, mivel nem fotó vagy grafika alapján nyomtatták, hanem az Apollo-12 űrhajósa, Alan Bean festményét látjuk rajta, aki egy évtizeddel a nagy utazást követően kilépett a NASA-tól, és művészi karrierbe kezdett. A blokkon pedig egy űrtörténeti érdekesség látható, amikor a két asztronauta az Apollo-12 leszállóhelyétől 156 méterre két évvel korábban landolt Surveyor-3 űrszondát meglátogatta. (Kép a B-III. oldalunkon.)

Mobilitás és tudományos együttműködés

A Science érdekes cikket közölt Erik Stokstad tollából a mobilitás és tudományos együttműködés kapcsolatáról. [1] Az ismertetett vizsgálat ahhoz a meglepő és paradox eredményhez vezetett, hogy a kutatók megnövekedett szabad mozgása negatív hatással van nemzetközi együttműködésükre.

Az új vizsgálatok szerint a tudományos migráció akadályainak megszűnése azt eredményezte, hogy ha Kelet-Európa kiemelkedő kutatói közül egyre többen vezető nyugat-európai intézményekhez távoznak, otthon maradt kollégáiknak és tanítványaiknak kevesebb, határokon átívelő tudományos kapcsolatuk marad. Egyszerűbben fogalmazva: az egyre fokozódó tudományos mobilitás eredményeképpen a nemzetközi tudományos együttműködés egyre inkább a kutatók személyes kapcsolataira, és nem az országok közötti szervezett programokra korlátozódik.

Amikor 2004-ben az Európai Unió 10 új tagállammal bővült, köztük Lengyelországgal, Magyarországgal és Csehországgal, ezen országok polgárai számára sokkal könnyebb lett Nyugat-Európában munkát találni és ott élni. Az Európán belüli munkaerő-áramlásnak vizsgálata a kormányok adatbázisainak alapján lehetővé tette, hogy tanulmányozzák az unió kibővítésének hatását a tudósok mobilitásra. Az adatbázis rögzíti a magasan képzett munkaerő nemzetek közötti mozgását, akiknek az új fogadó országokban szükségük van szakmai képzettségük igazolására.

Az agyelszívás azonnal észlelhető volt. Bár a legtöbb szakember szomszédos országokba távozott, azok aránya, akik keletről Nyugat-Európába távoztak, 2005 után 5%-ról 29%-ra emelkedett. Bár a tudósok explicit módon nem szerepelnek az adatbázisban, Alexander Petersen, a Kalifornia Egyetem társadalomkutatója szerint az arányok nagy valószínűséggel azonosak. Peter Tindemans, az *EuroScience*, az európai kutatók strasbourgi székhelyű szervezetének főtítkárá szerint a migráció túlnyomó részének oka a nyugati egyetemeken magas szintű infrastruktúrája. A tudósok azokat a helyeket részesítik előnyben, ahol a legjobbak a kutatási feltételek. Hasonló a kép az Európai Kutatási Tanács ösztöndíjainál is, amit a kutatók magukkal vihetnek, amikor új intézményhez csatlakoznak.

Annak felméréséhez, hogy mi történik, amikor a kutatók új országba távoznak, Petersenék beleásták magukat az 1996 és 2012 között publikált tudományos cikkek

adatbázisába, a kutatók munkahelyére koncentrálna a nemzetközi kutatási együttműködés ténye helyett. 2004 után a kelet-európai tagállamoknál csökkenés következett be a nemzetközi társszerzőkkel publikált cikkek arányában, ahogy ezt *Science Advances* írása mutatja. [2]

A külföldi társszerzők aránya a publikációkban

Ez az arány a régebbi tagállamoknál növekedett. Az arány kiszámolásánál a nemzetközi publikációt ahhoz az országhoz tartozónak vették, ahová a tudományos kutatóhely tartozott. Ha a szerzők egyetlen országból valók, a cikk az adott ország nem nemzetközi publikációjának számít. Lengyelország esetében a nemzetközi társszerzőként publikált cikkek száma 2004–2011 között 33%-ról 28%-ra csökkent, míg az Egyesült Királyság esetében 28%-ról 48%-ra nőtt. Amikor Kelet-Európa kiemelkedő kutatói nyugat-európai intézetekhez csatlakoztak, magukkal vitték folyamatban lévő, más országbeli kutatókkal folytatott nemzetközi együttműködésüket. A sikeres tudósok szívesen működnek együtt külföldi kutatókkal. Ez hozzátartozik a tudomány egyre növekvő integrációjához. A tehetséges végzős egyetemi hallgatók is gyakran folytatják posztgraduális tanulmányaikat nyugati egyetemeken, és a kutatóhelyek nemzetközi kutatószemélyzetével új kapcsolatokat építenek ki. Eközben azonban anyaországuk nemzetközi kapcsolatai jelentősen fogyatkoznak.

Ez a kivándorlás és a tehetség koncentrációja a vezető kutatóközpontokban a tudományos növekedés természetes velejárója. Ugyanakkor a tehetségek elvesztése káros az anyaország számára. A tendenciák között nehéz megtalálni az egyensúlyt, az Európai Unió azt szeretné, ha a legtehetségesebb tudósok a legjobb intézményekben dolgozhassanak és kihasználják a lehetőségeket, de az is cél, hogy a tagállamok egyenlő mértékben fejlődhessenek és erős tudományos bázisuk legyen. Ahogy a kérdést vizsgálók fogalmaznak: „ez egyike a hagyományos európai problémáknak, amire nehéz kielégítő megoldást találni.” Az Európai Unió sokmilliárd eurós támogatással próbálta meg bővíteni a kevésbé fejlett tagállamok gazdasági mozgásterét, például az új nagyintenzitású lézer beren-

dezések ennek az ún. *Structural Fund*nak a segítségével épülnek. A kelet-európai országoknak azonban továbbra is nehéz lesz versengeni a külföldi, eredményes kutatóközpontokkal. Ahogy a szakértők megfogalmazták: „lehetetlen elérni, hogy Európában mindenütt ugyanolyan magas színvonalú kutatóegyetemek legyenek, ehhez túl kevés a szakember és kevés a pénz.”

Az egyik lehetséges megoldás rövidtávon az lehet, hogy a tehetséges tudósokat megfelelő ajánlatokkal ráveszik, hogy nyugati tanulmányaik után vagy az ott szerzett gyakorlati tapasztalatok birtokában térjenek vissza Kelet-Európába. Az Európai Bizottság már lépéseket tett, hogy olyan ösztöndíjprogramokat hozzon létre, amelyek lehetővé teszik, hogy kelet-európai tudósok nyugati intézményekben speciális területeken szakértelmet szerezzenek, továbbá segítik a mobilitást is, mint például a *Marie Skłodowska-Curie Akciók* (MSCA) amely az EU7. keretprogram folytatása. [3]

A Magyar Tudományos Akadémia sem szemléli tétlenül a kialakult helyzetet, mivel akkori elnöke már 2009-ben kezdeményezte a *Lendület* program létrehozását, amelynek célja az akadémiai intézményekben és egyetemeken folyó kutatások dinamikus megújítása kimagasló teljesítményű kutatók és fiatal tehetségek hazahívásával, illetve itthon tartásával. Emellett a program a kiválóság és a mobilitás együttes támogatására irányul, ennek megfelelően célja, hogy a befogadó kutatóhelyeken új téma kutatására alakuló kutatócsoportok számára biztosítson forrást. E program keretében 2014-ig 97 kutatócsoport alakult. Idén lépte át a százas határt a támogatott csoportok száma: az idei 12 díjazottal már 109 kutatásnak ad lendületet az MTA. A kutatói mobilitás negatív hatásai ezért országunkban nem fognak jelentkezni.

BENCZE GYULA

Irodalom

1. *Europe's paradox: Why increased scientific mobility has not led to more international collaborations*, *Science* **356**, 2017. April issue 6333.
2. *Quantifying the negative impact of brain drain on the integration of European science*, *Science Advances*, vol.3 no. 4. 2017. April 12.
3. <http://www.h2020.gov.hu/kivalo-tudomany/marie-skłodowska-curie>
4. <http://mta.hu/lendulet>

Az emberi természet világa

CSABA GYÖRGY

I fjabban koromban sokat foglalkoztam a csecsemőmirigy (timusz) működésének vizsgálatával, ennek jegyében telt a múlt század hatvanas éveiben angliai tanulmányutam is. A meglátogatott intézetben dolgozott a timuszkutató akkori kiemelkedő egyénisége, *Tony Davies*, akivel baráti kapcsolatba kerültem. Egy alkalommal megkérdeztem tőle: tulajdonképpen milyen diplomával rendelkezik? Botanikus, mondta, és ez teljesen megdöbbentett, hiszen bár az állatok és növények egyaránt élőlények, törvényszerűségeik és kutatási módszereik mégis jelentősen eltérnek egymástól.

Döbbenetem második alkalma az volt, amikor unokaöcsém, *Mérő László*: *Az élő pénz* című kötetét olvastam, melynek legalább harmadrésze genetikai problémákkal foglalkozott. A szerző alapképzettsége szerint ugyanis matematikus, amely területen kiváló (már tanuló korában versenyek sokaságát nyerte meg), azonban jelenleg is az ELTE Gazdaságpszichológiai Intézetének professzora. Már ez sem matematikusra vall, de a genetika még ennél a tudományterületnél is távolabb áll. Tény, hogy mindkét említett esetben kiváló biológiai gondolatok születtek és harmonizálódtak a témával. És a sort még folytathatnánk, például *Csányi Vilmos*s, aki vegyészdiploma birtokában lett a magyar magatartáskutatás úttörője. Hasonló dolog történt meg velem, amikor Kepes András: *Világkép* című munkáját olvastam, melyben a magyar-esztétika szakos bölcsész végzettségű újságíró és riporter a kötetben az emberi természet világszerte azonos megnyilvánulásait és különbségeit figyelte meg, és vont le belőle biológailag és orvosilag is helytálló, újszerű következtetéseket. Most már szinte meg sem lepődtem, mert úgy éreztem, hasznos az, ha más oldalról képzett emberek tesznek a biológiával kapcsolatos eszme-futtatásokat, mert idegen szemszögből dolgozzák fel a témát, és a szakemberétől eltérő nézőpontból születnek újszerű gondolatok.

Manapság nagyon sokan utaznak és ismerkednek a világgal, miközben igyekeznek a látottakból minél többet befogadni és rögzíteni. Nem mindegy azonban, hogy világljáró útján ki mit néz meg, mi vonzza az érdeklődését. Keveseknek ada-

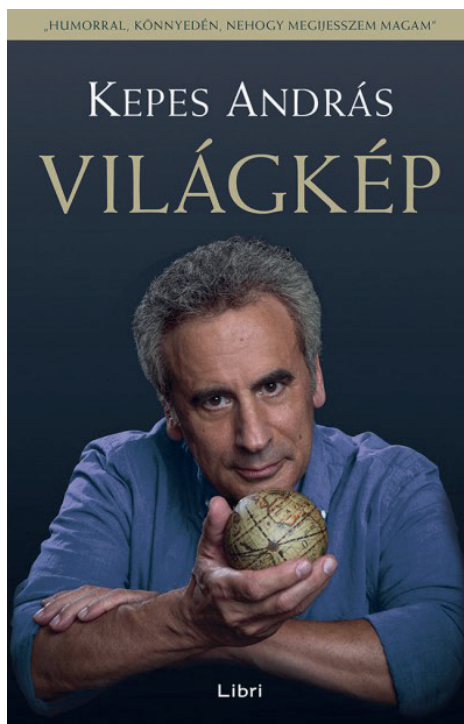
tit meg, hogy kora gyermekkoruktól járhatják a világot, és a világra nyitott tekintetük nemcsak néz, hanem lát is, a látottakat szintetizálja és írásmű formájában a tapasztalatokat és az azok által provokált gondolatait közzé is teszi. Kepes András mint diplomata-csemete, majd utazó riporter, erre a sorsra jutott, és lehetőségeit ki is használta. Mint magánéletében is sokat tapasztalt 6 gyermekes, 4 unokás, harmadik házasságában élő, a világban nyitott

mélyiségből nehéz kibogozni, mi köszönhető a genetikának, mi a környezetnek, mi az oktatásnak, és mi az, amit mi szülők szűrtünk el... de, amikor gyerekünknek is gyereke lesz, azonnal megbocsátja összes nevelési hibánkat, mert attól kezdve már azzal lesz elfoglalva, hogyan rontsa el a saját gyereket”. Bölcs humor, ami elejétől a végéig jellemzője a kötetnek.

Tapasztalatait összegezve, Kepes fontos filozófiai (biozófiai?) kérdéseket vet fel, és megpróbál azokra választ adni. Például azt, „lehet-e az emberiség fejlődését az ember egyedfejlődéséhez hasonlítani?” A válasz: „A kommunikáció, a normák, az eszközhasználat, a kultúra elsajátításának folyamata valóban hasonló, de ha elfogadjuk ezt a hasonlatot, akkor az egyedfejlődésnek mégis melyik szakaszában tart az emberiség?”. Az egyik kérdésre adott válasz magában hordja a következő kérdést, és a láncolatnak nincs befejezése. Ugyanakkor már a kérdés felvetése is izgalmas agytornára ad lehetőséget. Ez egyébként az egész kötetre igaz, de ez az agytorna nem fárasztó, inkább megnyugtató és szórakoztató.

A könyv címe *Világkép*, de a tartalma *Emberkép*. Bemutatja, milyen az ember itt és a távoli világokban, ahol még sokkal természetesebb formájában mutatkozik meg. Ott, ahol megnyilvánulásaiban számunkra idegen, ugyanakkor szimpátiikus, és néha – valljuk be – irigylésre méltó. Egy európai születésű és alapvetően európai kultúrán nevelkedett művelt emberfő szól a kötetben az olvasóhoz és próbálja tágítani annak már kialakult világképét. Útleírások helyett emberleírásokkal találkozunk, és ez talán egyesek számára érdekesebb is, mint a hegyek-völgyek, vagy városok megfigyelése. Érdemes elolvasni a könyvet, mert sokat tanulhatunk belőle és saját – emberekről alkotott – világképünket egyeztetethetjük az olvasottakkal, aminek eredményeként emberképünk meg is változhat, és ez előnyünkre válik. És talán azért is érdemes elolvasni, mert mint irodalmi mű is rendkívül élvezetes, alig tudja letenni az ember.

Libri, 2016



szemmel járó gondolkodó ember, tapasztalataiból a könyvben mindig azt emelte ki, ami furcsaságai ellenére az emberre általánosan jellemző akkor is, ha külsőségeiben jelentős eltérések vannak. És azt kereste és mutatta be, ami pozitív, ami jó. Például, hogy az indiai dzsainok szerint öregek nélkül nincs múlt és gyerekek nélkül nincs jövő. Ezt mi is tudjuk, éppen csak hajlamosak vagyunk elfeledkezni róla a modern életforma által nyújtott élvezetek habzsolása közben, míg a dzsainok ennek megfelelően élnek, cselekszenek és kezelik embertársaikat. Vagy amikor azt írja, hogy „tudjuk, normális gyerek nem viselkedik normálisan, és egy felnőtt sze-

bild der wissenschaft

(2017. május 17.)

VÉRSEJTEK A LABORBÓL

A gyógyászatban állandó vérhiánnyal küzdenek: szükség van rá a műtétek során, leukémiás betegek gyakran csak a csontvelőadás segít. Lehetséges azonban, hogy a vérhiány hamarosan a múlté. Kutatóknak ugyanis laboratóriumi körülmények között először sikerült felnőtt őssejtekből emberi vérőssejteket előállítani, melyeket arra ösztönöztek, hogy különböző típusú vérsejteket hozzanak létre.

Az őssejteket igazi „mindentudónak” tartják. Ezek a differenciálatlan sejtek ugyanis még képesek átalakulni a szervezet különböző sejtjeitípusaivá. Segítségükkel tehát pótolni lehet a betegek szervezetének hibás vagy roncsolt szöveteit, sejtjeit – legalábbis az orvosok reményei szerint. Különösen ígéretesek azok az őssejtek, amelyeket „átprogramozással” átlagos felnőtt testi sejtéből hoznak létre. Kutatóknak sikerült már ugyan ilyen őssejtekből emberi idegsejtet, szívizomsejtet, bőrszövetet, sőt veseképzősejtet is létrehozniuk. Am az emberi szervezet egy fontos sejtjeitípusa, a vérképző őssejtek eddig mindenféle laborkísérletnek ellenálltak. Ezeket rendszerint a csontvelőben a vér különböző sejtjeitípusai, többek között a vörösvérsejtek, valamint az immunrendszer különböző védekező sejtjei termelik. Például ha leukémiás betegnél a vérőssejtek természetes tartaléka degenerálódik, akkor nem marad más lehetőség, mint hogy a beteget csontvelőadáson keresztül juttassák egészséges vérképző sejtjeikhez.

Most egyszerre két kutatócsoportnak is sikerült laboratóriumi körülmények között vérképző őssejteket létrehozni, amiket érett vérsejtté növesztettek. Az egyik kutatócsoport vezetője, *George Daley* a bostoni gyermekkorház igazgatója szerint közel állnak ahhoz, hogy emberi vérőssejteket kémcsőben hozhassanak létre. Daley és kollégái kísérletükhöz két bevált módszert kombináltak: első lépésben mesterségesen létrehozott humán őssejteket kémiai ingereltek, ami arra ösztönözte őket, hogy különböző szövetekké és sejtjeitípusokká differenciálódjanak. Így olyan embrionális szövetet is létrehoztak, amiből később a vérőssejteket keletkeznek. Második lépésben pedig vírus segítségével öt gént juttattak ezekbe a sejtekbe. Ez az öt transzkripciófaktor biztosított

ta, hogy ezekből az éretlen, úgynevezett prekursor sejtéből, valódi, bár még fejletlen vérőssejteket hozzanak létre.

Ahhoz, hogy ezekből a vérőssejtekből érett sejteket hozzanak létre és megvizsgálják, hogy képesek-e vérsejtek termelésére, a kutatók egerek csontvelőjébe juttatták őket. Az állatoktól néhány héttel később vérmintát vettek, amelyet megvizsgálva a következő eredményre jutottak: az egerek vérében kis mennyiségű különböző emberi vérsejt volt kimutatható. A vörösvérsejtek és azok prekursor sejtjei mellett a tudósok vérelemzékék, fagociták és különböző limfociták prekursor sejtjeit találták. Működőképes vérképző őssejtek pluripotens prekursor sejtéből való előállítása a hematológia régóta dédelgetett álma volt.

A *Raphael Lis* által vezetett másik, New York-i kutatócsoport még direkter módon hozott létre egerek artériájának kifejlett sejtjeiből hozták létre őket. Egy transzkripciófaktorokból álló koktéllal segítségével a teljesen differenciálódott sejteket éretlen vérőssejtté alakították vissza. Az így újraprogramozott sejteket pedig a recipiens egerek artériájának falába ültették be. A laboratóriumi körülmények között tenyésztett és átültetett vérőssejtek ebben az esetben is különböző típusú vérsejteket hoztak létre, s ezzel első alkalommal sikerült felnőtt endotél sejteket működőképes multipotens sejtékké alakítani, amelyek normál vérőssejteknek felelnek meg.

Ez a kétféle módon elért siker az orvostudományban, különösen a vérképzőszervi megbetegedésben szenvedő betegek gyógyításában, új lehetőségekre ad alkalmat. Lehetővé válik ugyanis, hogy leukémiás betegeknek új, egészséges vérőssejteket adjanak csontvelő adása nélkül. Így lehetővé válhat, hogy a betegektől leveszik a beteg sejteket, azok sérülését géntechnikai módszerekkel megszüntetik, majd ezekből a javított sejtéből új vérőssejteket tenyésztenek. Ez az áttörés lehetővé teszi, hogy a jövőben gyakorlatilag korlátlan mennyiségű vért és vérőssejteket állítsanak elő. Ez hasznos lenne a vérátömlesztésre szoruló betegek számára. Ahhoz azonban, hogy a megfelelő emberi vérőssejtek tenyészése rutinná váljon és embereknél alkalmazható legyen, még több előkészítő munka szükséges. Meg kell vizsgálni, hogy az újonnan tenyészített vér és vérőssejtek vajon magukban rejtik-e a fokozott malignitást, ezzel pedig a vérrák kialakulásának veszélyét. Ezen kívül a folyamathoz egyelőre vírusokra mint génszállítóokra van szükség, amelyek azonban hajlamosak a szállítómányt a géntállományban akár nem kívánatos helyre is beépíteni. A kutatók célja az, hogy a jövőben ezeket a géneket pontosabban,

például CRISPR/Cas9 génolló segítségével juttassák a megfelelő helyre. A kutatók azonban nemcsak a vérképzés, hanem az őssejtkutatás területén is áttörést látnak ezekben az eredményekben.



(2017. február)

A VILÁG LEGNAGYOBB RÁDIÓTÁVCSÖVE

A címben szereplő műszer a közelmúltban Kínában elkészült FAST (Five-hundred-meter Aperture Spherical Radio Telescope, azaz ötszáz méter nyílású, szférikus rádiótávcső). Építése 5 és fél évig tartott, 2011 márciusától tavaly szeptemberig, jelenleg a próbaüzem folyik. Tervei még az 1990-es évekig nyúlnak vissza, akkor kezdték végigvizsgálni a mintegy 400 lehetséges helyszínt. A választás végül az ország délkeleti részén lévő Guizhou (Kujcsou) tartományra esett, annak székhelyétől, Guiyangtól mintegy 170 km-rel délkeletre. A kínai kormány 2007-ben hagyta jóvá körülbelül 180 millió dollárnak megfelelő költségvetéssel a rádiótávcső megépítését.

A ritkán lakott területen az építkezés közvetlen helyszínéről csak néhány tucat lakost kellett elköltöztetni, de az 5 km sugarú rádiócsendes zóna kialakítása érdekében közel tízezer embernek kellett távolabb lakóhelyet biztosítani. Az építkezés első lépéseként 7 km utat és 1,1 km vízvezetőt alagutat építettek, a műszert befogadó, gömbszüveg formájú felszín kialakításához több mint 900 000 köbméter földet és sziklát mozgattak meg. Ezután, 2012 novemberében kezdték el a távcső tényleges szerelését. Az 500 méter átmérőjű óriás kerülete mentén 50 tartóoszlopot állítottak, ezekhez rögzítették az antenna felületét befogadó, 8895 vastag acélkábellel álló hálót. Erre szerelték rá az antenna visszaverő felületét alkotó 4450 háromszög alakú elemet, amelyek mindegyike 11 méter oldalhosszúságú. Együttes tömegük meghaladja a 2000 tonnát, a kialakított gömbfelület görbülete sugara 300 méter. A felület azonban nem állandó. A FAST különlegessége, hogy felületének egy része valós időben, a mindenkori megfigyelés igényeinek megfelelően paraboloiddá alakítható. Ehhez 2226 darab, egyenként vezérelt mechanikus mozgató bármelyikével akár 47 cm-rel deformálható a felület alakja. Így 300 méter effektív átmérőjű parabolafelületet tudnak létrehozni.

A távcsővel összegyűjtött rádióhullámok vételét és feldolgozását végző műszereket a 13 méter hosszú, mindössze 30 tonnás észle-

SSRV

(2017. április)

ÚRIDÓJÁRÁS EMBERI
HATÁSOKKAL

lőkabinban helyezték el. A kabin felfüggesztő rendszerét a távcső kerülete mellett álló, hat darab, 100 méternél magasabb oszlophoz erősítették, ezekkel a 206 méter átmérőjű „fókuszfelületen” belül 100 mm pontossággal lehet beállítani a kabin helyét. Ezután a finombeállítást a kabin saját, lézeres pozicionáló rendszere végzi. A kabinban hét alacsony zajú vevőt helyeztek el, amelyek a 70 MHz – 1,8 GHz frekvenciatartományban (4,3 m – 17 cm hullámhossz-tartományban) végzik a megfigyeléseket. A hét műszerből öt kínai fejlesztésű, egyet a Kaliforniai Műszaki Egyetemmel közösen fejlesztettek, egy pedig Ausztrália kutatási szervezetének (CSIRO) hozzájárulása. Utóbbival egyszerre 19 objektumot lehet megfigyelni az 1,23–1,53 GHz frekvenciatartományban. A kabin megfelelő mozgásával a zenittől 40 fok távolságig lehet észleléseket végezni, így a vizsgált objektum 4–6 óra hosszat is követhető (Arecibóban ez 20 fok, illetve 2,6 óra).

Az első megfigyelést 2016. szeptember 16-án végezték (3C 409 kvazár), majd másnap egy a zenit közelében látszó pulzárról 1 perc megfigyeléssel 5000-nél jobb jel/zaj arányt értek el. Idén januárban elkezdődtek a hivatalos próbaészlelések. Ennek során a felületet alakító mozgatókkal (aktuátorok) mutatkoztak problémák. Egyrészt mechanikusan a vártnál gyorsabban kopnak, így nincs kizárva, hogy mindet le kell cserélni. Emellett az ezeket összekötő optikai szálakban rendszertelenül hibás jelek jelennek meg, amelyek hibás működést, és a berendezés károsodását okozhatják. Ezért az észlelőknek egyelőre meg kell elégedniük a rövid integrációs idejű megfigyelésekkel. Ennek ellenére már a héthónapos próbaidő alatt az egész, a FAST-tal elérhető égboltrészt letapogatták, miközben mintegy 1000 új pulzár felfedezésére számítanak.

Miután a berendezést kigyógyítják a gyermekbetegségekből, a FAST-tal háromszor mélyebbre lehet hatolni a Világegyetembe, mint az arecibói távcsővel, az égbolt négyeszer nagyobb területe lesz vizsgálható, az átfogó felméréseket pedig tízszer gyorsabban tudják elvégezni. A kínai csillagászok remélik, hogy extragalaktikus pulzárokat is fel tudnak fedezni (a Magellán-felhőkben). A hidrogén és a szén-monoxid hullámhosszain nagy felbontással akarják feltérképezni a csillagközi anyag eloszlását. Eddig láthatatlan semleges hidrogénfelhőket keresnek, a hidrogén 21 cm-es hullámhosszú sugárzását pedig 6 milliárd fényév távolságig galaxisok százezreiből szeretnék felfogni. Keresik az exobolygók esetleges rádiósugárzását, beleértve remélt mesterséges eredetű jeleket, részt vesznek a nemzetközi hosszú bázisvonalú interferometriai (VLBI) együttműködésben és veszik majd a jövő kínai űrszondáinak a Naprendszer távoli vidékeiről küldött adását.

Az emberiség egyik legveszélyesebb „játékszere” az atomrobbantás, és a Hiroshima és Nagaszaki ellen bevetett két bomba leírhatatlanul borzalmas példája sem zabolázta meg a kísérleteket. A második világháborút követő évtizedek, a hidegháború időszakában a két vezető politikai hatalom számára a folyamatos kihívásokat, a megfellebbezhetetlennek látszó technológiai versenyt jelentette katonai téren. E versengés egyik vadhajtsza volt a légkörünk magasabb rétegeiben végrehajtott kísérleti atomrobbantások sora, mind az USA, mind az egykori Szovjetunió részéről: 1958 és 1962 között összesen 17 magaslégköri robbantás volt, 10 amerikai és 7 szovjet kísérlet, 23 és 540 km közti magasságokban.

Az már a legelső, 1945-ös felszíni atomtesztnél igazolódott, hogy a robbantás során olyan elektromágneses sugárzás keletkezik, ami a környezetben lévő elektromos berendezéseket működésképtelenné teheti. A magaslégköri kísérletek ebből kiindulva jutottak eszébe *Nicholas Christofilos* fizikusnak, aki feltételezte, hogy a robbantások olyan anomáliát hoznak létre, amelyet, ha az ellenséges – szovjet – rakéták átszelenek az USA elleni támadás során, akkor megbénítja őket. (Christofilos lett az egyik ilyen amerikai kísérletsorozat szakmai vezetője azután.) Még a Van Allen-öv felfedezése előtt feltételezte, hogy a robbantás során képződő elektronok a Föld mágneses mezejében csapdába esnek és az így kialakult „elektron-felhő” semmisítené meg a rakétákat. A Van Allen-öv felfedezését végül a Nemzetközi Geofizikai Év (1957–58) keretében felbocsátott Explorer műholdak mérései igazolták. Ugyanezen műholdcsalád részt vett a magaslégköri atomkísérletek hatásának megfigyelésében is.

Az Explorer méréseiből kiderült, hogy az igazán nagy magasságú robbantásoknak hetekig elhúzódó hatása volt az ionoszférára, így gyakorlatilag igazolódott Christofilos ötlete. A természetes előfordulás (és a Van Allen-övben csapdában lévő) elektronok energiaspektruma eltért az atomkísérletek során kialakult elektronokétól, így a mérések egyértelműen kimutatták, hogy mely hatás miatti elektronokat érzékelnek a műszerke: a robbantások során egy új, mesterséges Van

Allen-öv keletkezett, a kialakult mesterséges sugárzási öv heteken át fennmaradt. A legnagyobb hatását az 1962-ben a Starfish Prime kódnevű, a csendes-óceáni Johnston-sziget felett 400 km magasan (összehasonlításként: itt kering jelenleg a Nemzetközi Űrállomás) felrobbantott bomba volt. Elektromágneses sugárzása olyan erős volt (a vártnál jóval erősebb), hogy az epicentrumtól kb. 1500 km-re lévő Hawaii területén mikrohullámú kommunikációs zavart, néhány száz utcai lámpa kialvását, betörésvédelmi berendezésekben indukált téves riasztásokat okozott. Ez még apróság ahhoz képest, hogy a robbantást követően a Csendes-óceán egyenlítőhöz közeli régiójában gyakorlatilag mesterséges sarki fény alakult ki, a légköri fénylést napokig lehetett látni a Hawaii és Új-Zéland közti területen. (Más, ugyaninnen elvégzett és hasonlóan magas robbantások során is észleltek egyenlítő vidéki sarki fényt) A bomba plazmája a Föld mágneses erővonalaihoz igazodva terjedt tovább (hasonlóan a napszélből eredő plazmához). A teszt érdekessége, hogy a robbantás utáni napon lótték fel az USA első távközlési holdját, a Telstar-1-et, a hold rendelkezett a mesterséges Van Allen-öv sorsát követni képes mérőműszerekkel is. (Habár kereskedelmi műhold volt, a kísérleti műszereket hivatalosan azért kapta, hogy a saját napelemeire és elektronikájára kifejlesztett úridójárási hatásokat felmérhesse.) Számos korabeli műholdat (köztük a Telstart is) károsodás ért a robbantás utáni hetekben-hónapokban, elsősorban a napelemeket és az elektronikus berendezéseket tette tönkre a magaslégköri zavar.

Az egyik szovjet magaslégköri tesztet Kazahsztánban, lakott terület felett, 290 km-en hajtották végre. Hatására a földi elektromos vezetékben indukálódó áram miatt egy erőműben tűz is keletkezett, másutt a kis mélységben épített elektromos földkábelek mentek tönkre. A hatások hasonlóak voltak ahhoz, amit egy jelentős napkitörés miatti geomágneses viharban észlelhetünk. Ugyanezen teszt során kijelölt területen összesen 570 km hosszúságú telefonkábelrel kísérleteztek, a kábelt erősítőkel kisebb szakaszokra osztották, extra szigeteléssel és túlfeszültség elleni védelemmel látták el, azonban a teszt eredményeképpen ezek egytől egyig kiégtek.

Az egykori kísérletek eredményeinek elemzése segítséget ad Földünk közvetlen űrkörnyezetének viselkedést megérteni, a természetes (pl. napkitörések) okozta anomáliák hatását jobban beláthatjuk – de nagy szerencse, hogy a kísérletekkel már 1962 után leálltak.

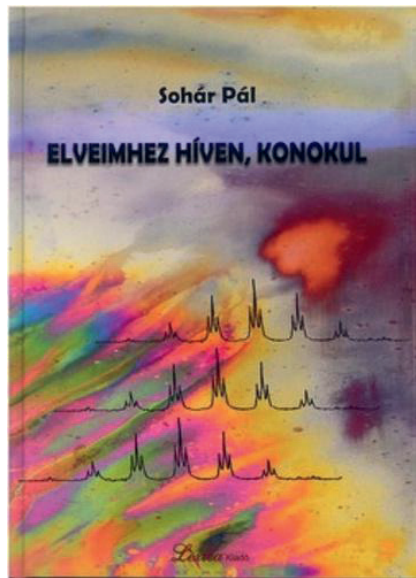
A hidegháborús kísérletekről született átfogó tanulmány a Space Science Reviews folyóirat közölte le idén áprilisban.

ELVEIMHEZ HÍVEN, KONOKUL

(Lexica Kiadó, Budapest, 2016)

A fenti sokatmondó címmel jelent meg a közelmúltban Sohár Pál akadémikus önéletírása. A lebilincselő, élvezetes stílusban megírt könyvben a szerző gyermekkorán keresztül bepillantást nyerhetünk egy bíró (a szerző édesapja) erdélyi gyökerű családjának életébe a negyvenes évek elejének vidéki és budapesti Magyarországon. A szerző érzékelten megírt apró történeteken keresztül mutatja be, hogy a háború utáni viharos társadalmi átalakulások miként befolyásolták a családok mindennapi életét. Édesapja útmutatását követve az „osztályidegen” (azaz értelmiségi származású) Sohár Pál „kétszeres teljesítményt nyújtva” küzdötte le a polgári osztály képviselői elé állított nem kevés akadályt.

Mindvégig kitűnő tanulmányi eredményei ellenére szerzőnk korántsem volt mintagyerek: könnyed humorral beszámol azokról a kisebb-nagyobb diákcsinnyekről is, amelyeknek részese volt.



Vegyésszermérnök-hallgatóként Sohár Pál ott volt az 1956-os forradalom bölcsőjénél, részt vett a nevezetes, pontokba foglalt követelések sokszorosításában és terjesztésében. Ezekről a történelmi eseményekről tárgyyszerűen, a szemtanú hitelességével tudósít.

A könyv fő részét a szerző szakmai pályafutásának ismertetése teszi ki, amely a Gyógyszerkutató Intézetből az EGIS Gyógyszergyáron át az ELTE Általános és Szervetlen Kémia Tanszékének vezetői pozíciójáig ívelt. Ez a pályáiv a szakmabeliek előtt jól ismert, éppen úgy, mint azok a hervadhatatlan érdemek, amelyeket Sohár Pál az IR spektrumok elemzése, és különösen az NMR spektroszkópia hazai meghonosítása és egyetemi oktatásának megalapozása terén kifejtett. Ebben a részben olyan rövid, egy-két soros jellemzések találhatók a '60-as évektől a '90-es évekig tartó időszak ké-

mikus szereplőiről, amelyek miatt ez az önéletírás lebilincselő olvasmány a 40 évnél idősebb szerves kémikusok számára, az ifjabbak pedig sokat tanulhatnak belőle.

Igen tanulságos, ahogy a szerző pályafutását követve kitűnik, hogy a politikai légkör ugyan folyamatosan enyhült – egyre több külföldi kapcsolatot és utazást téve lehetővé –, azonban a tudományon kívüli, politikai, ideológiai szempontok egészen a rendszerváltásig jelen voltak a szakmai (különösen a személyi) döntésekben. Sőt, még a későbbiekben sem csak maga a teljesítmény játszott szerepet bizonyos esetekben, amint erről a szerző tanszékvezetői működésének leírásában beszámol.

Természetesen akadémikustársaihoz hasonlóan, Sohár Pál is széleskörű társadalmi aktivitást fejtett ki, s erről is beszámol könyvében. Ösztöndíjak, együttműködési szerződések alapításával, megszervezésével segítette az erdélyi magyar tudományos kutatókat, egyetemi hallgatókat. Aktív részvételével is támogatta a Sárospataki Országos Diákvegyésznapokat. Számtalan tudományos testületben, bizottságban vett, illetve vesz részt vezetőként vagy tagként.

A könyv végén megismerhetjük a szerző kedvenc időtöltéseit is: bélyeggyűjtéssel, tarokkzással és a zenehallgatással tölti legszívesebben szabadidejét. Wagner iránti rajongását az is kifejezi, hogy könyvének címlapján nemcsak egy NMR spektrum, hanem Wagner-operák címei is szerepelnek.

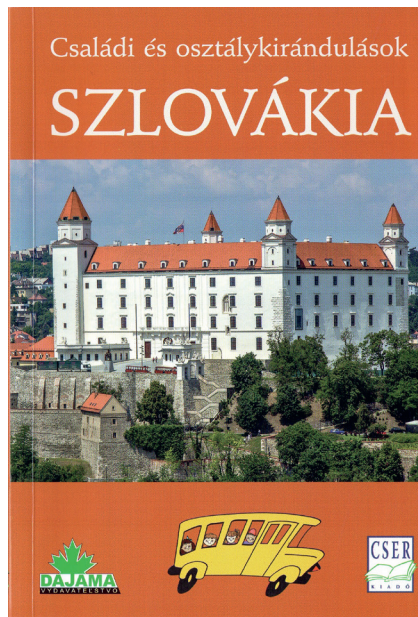
Sohár Pál életútja biztatásul szolgálhat mindazok számára, akik úgy döntenek, hogy az esetleges akadályok ellenére is tudományos pályára lépnek, hiszen kitűnik belőle, hogy a világ megismerésének vonzereje erősebb lehet minden nehézségnél.

GÁCS JÁNOS

SUSANNE NÜSSLEIN-MÜLLER: Magaságások – Gyakorlati tanácsok hónapról hónapra (Fordította: Cser Judit; Cser Kiadó, Budapest)

Nemcsak a térd- és derékfájósok, de a jobb helykihasználtságra törekvők is örömmel forgathatják e kis kötetet, amennyiben kertészkedni kívánnak. A szerző biológus és nagy tapasztalatra szert tevő kertész is egyúttal, ezért érdemes megfogadni a tanácsait. Ezek mindenekelőtt a magaság elkészítésére (vagy megvásárlására) vonatkoznak, de ugyanolyan súllyal szerepelnek a magaság betelepítésére, gondozására és (hónapokra lebontott) évszakos gondozási feladataira vonatkozó tudnivalók is. Külön öröm, hogy a betakarítás élményéhez társítva használható recepteket is közöl. A kötetet a hangulati színes ábrákon kívül hasznos szerelési, és vetésforgóra vonatkozó képek egészítik ki.

ULMARIUS



DANIEL KOLLÁR–TIBOR KOLLÁR–JÁN LACIKA: Szlovákia – Családi és osztálykirándulások (Fordította: Vércse Miklós; Cser Kiadó, Budapest)

A kötet szerzői röviden bemutatják Szlovákia földrajzi elhelyezkedését, politikai berendezkedését, történelmét, gazdaságát, természeti viszonyait, lakosságát és településeit és műemlékeit. Mindezt érezhetően a szlovák anyanyelvűek szemszögéből, jöllehet a magyar vonatkozások sehogyan sem kerülhetők meg. A főváros bemutatásán kívül sorra kerül a nyolc tájegység ismertetése is (DNy-, ÉNy-, Közép-, Dél-, É-, ÉK-, DK- és Dél-Szlovákia). A kis kötet csak a legfontosabb látnivalókra hívja fel a figyelmet, de minden tájegységhez és a fontosabb városokhoz eligazító térképeket használ, valamint fotók sokaságát. Néhány esetben zöld keretbe foglaltan felhívja a figyelmet a történelmi, vagy irodalmi érdekességekre. A kötet végén szlovák nyelvű helynévjegyzéket találunk.

SZILI ISTVÁN

MARTIN STAFFLER: Fügőleges kertek – Ötletek kertbe, teraszra, erkélyre (Fordította: Tömpe Anna; Cser Kiadó, Budapest)

Kifogyhatatlan ötlettárnak tűnik a függőleges kertek berendezése. A függőleges helyzetű térszínnek ugyanis szinte bármivel és bárhol betelepíthetők arra alkalmas növényekkel. A salátakert éppúgy elképzelhető, mint az ízletes barackokat termő gyümölcsfa, a fűszernövények legalább annyira, mint a dísnövények. Csak a módját kell megtalálni, hogy miként és hogyan. Ebben segít ez a temérdek színes ábrával, magyarító rajzzal és szöveggel teli kis könyvecske. Csaknem a könyv felét a függőleges kertbe ajánlott növények ismertetése teszi ki.

SZ. I.

XXVI. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Séta az íjászat fizikája körül

HÄRTLEIN KÁROLY GYÖRGY

Apáczai Csere János Gyakorló Gimnázium és Kollégium, Budapest

2014-ben, 15 évesen kaptam meg az első íjamat, ami egy modern anyagokból készült belépő kategóriájú reflexíj (*recurve bow*) volt (1. ábra). Ezt az íjat arra tervezték, hogy szabad téren, hobbi szintjén íjaskodjanak vele, nem több mint 30 m-es távon.

Az íj középrésze alumíniumból van, amit műanyaggal vontak be, erre lehet rácsavarozni a két karbonszál-erősítésű kart, amelyek rugalmasan deformálódnak, amikor kihúzzuk az ideget, és így tárolják az energiát, amelyet a kilövés során átadnak a nyílvevőnek. Amikor először összeszereltem az íjat, akkor láttam, hogy a középrészen menetes furatok vannak, amelyekről nem tudtam, hogy mire valók.

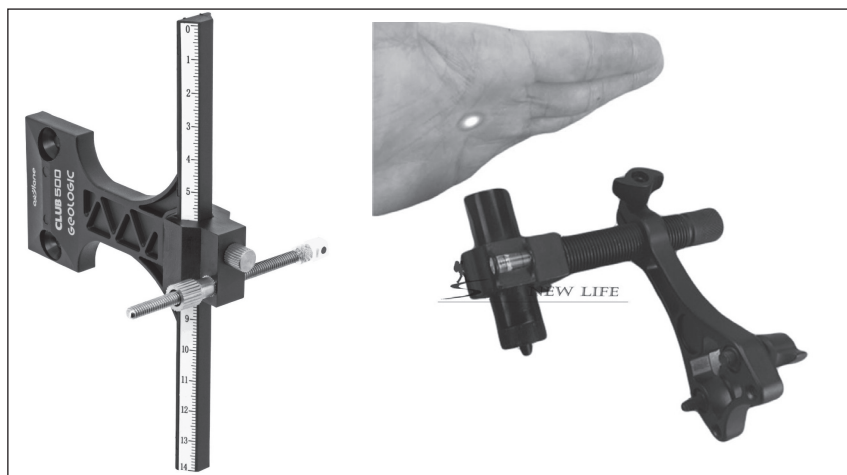
A kezdetek kezdetén még gyenge voltam íjam többszöri kihúzásához, mert az íj felhúzásához szükséges hát- és karizmaim fejletlenek voltak. Ennek következtében egy tízes sorozat első három lövése még elfogadhatóan pontos volt, de a többi egyre nagyobb szórást eredményezett. Egy általam kitalált 10–10 lövéses edzés végén a külső megfigyelőnek már úgy tűnhetett, mintha célzás nélkül lőttem volna. Másnap természetesen szörnyű izomlázam volt. Utólag visszagondolva, nem a kihúzással volt a probléma, hanem az íj megtartásával. A fáradtság úgy jelentkezett, hogy valamelyik kezem elkezdett remegni, ezért lett pontatlan a lövés.

Az íj gyártójának honlapjáról tudtam meg, hogy az említett furatok egyikébe irányzékot (*sight*) lehet szerelni. Megvettem, ezzel javult lövéseim pontossága, de ez még nem felelt meg az elvárásaimnak (2. ábra).

Tovább keresgéltem az íjászboltokban mindaddig, amíg rá nem akadtam egy lézeres irányzékra, amit szintén megvettem, és fel is szereltem. Ez megmutatta a lényeg-



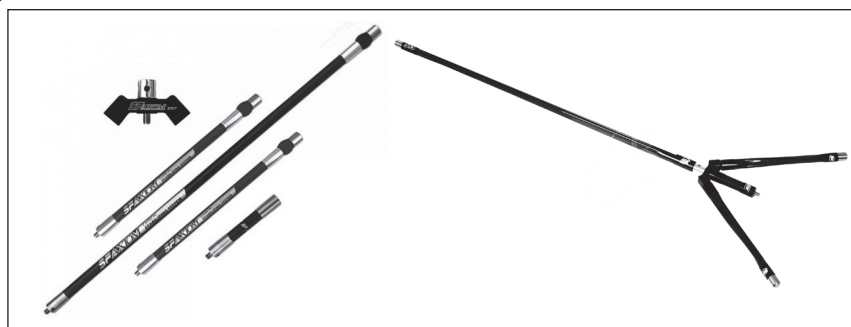
1. ábra. Reflexíjam



2. ábra. Irányzékok

get, célzás közben a lézer foltja fél métereket imbolygott a céltáblán kezem remegésének következtében. Az is jól látszott, hogy az imbolygás annál nagyobb, minél hosszabban célzok. Ezután a sok lövöldözés megedzette a hát- és karizmait, így minden lövés biztosabb lett. De az a mozdulat, hogy a célkeresztet a célpontra vigyem, még mindig nehéz volt, olyasmiszerűt keltett bennem, mint amikor a számítógépen az egér sebessége gyorsra, il-

letve érzékenysége nagyra van állítva, és egy kis ikonra kell rákattintani. Így újra felmentem a gyártó honlapjára, hátha kínálnak megoldást a problémára. Rá is találtam egy az íjra szerelhető stabilizátor formájában, ami egy vagy több rúdból álló szerkezet és mereven az íjhoz van csavarozva. Ez a megoldás már jelentősen megnövelte az íj tehetetlenségi nyomatékát, de nem nagyon változtatta meg a tömegét és a súlypontját (3. ábra).



3. ábra. A stabilizátor

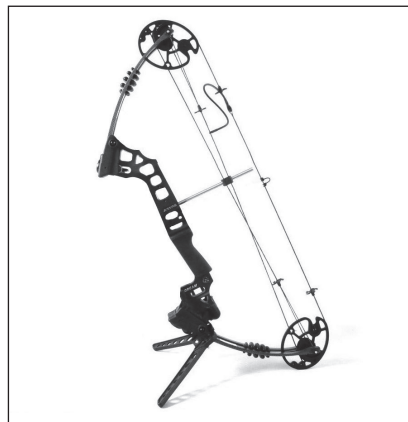
A viszonylag hosszú rudak végein egy-egy súly van, míg magát a rudat a lehető legkönnyebbre készítik. Ha egyetlen rúdból áll a stabilizátor, akkor a nyílveszővel párhuzamosan, a középrész markolat alatti felénél kapcsolódik az íjhoz. A stabilizátor állhat három rúdból is, amelyek részúton hátrafelé állnak, így az íj nem akar előredőlni, a tömegközéppontjának helyzete alig változik. Ez a tartozék csillapítja az íj rezgését, és finom, precíz mozgást tesz lehetővé, ami rengeteget segít a célzásban. Összességében ez az eszköz nem engedi a kéz rezgését átadni az íjnak, stabilizálja az íjat, ezért stabilizátornak (*stabilizer*) hívják. Tehát egy újabb furat feladatára derült fény, de még mindig volt egy, amelynek még nem ismertem a funkcióját. Hamar megtudtam, hogy ezt egy olyan szerkezet részére készítették, amelyik a nyílveszőt tartja és vezeti a lövés során. Ezt az eszközt kifutónak (*arrow rest*) hívják. Ezek a tartozékok a hagyományos, történelmi íjakra sohasem kerülnek, ezeket a modern kor tudományos eredményei tették lehetővé.

Második íjam

Két évvel később, 2016 nyarán vettem egy csigás íjat (*compound bow*) (4. ábra). Amikor először megpillantottam, olyan érzésem volt, mintha nem is íjat tartanék a kezemben, hanem valami futurisztikus fegyvert. „*Let off*”: ez a kifejezés csak a csigás íjakat jellemzi, ezt magyarul kikönnyítésnek hívják. Az első kihúzáskor meglepődve tapasztaltam, hogy a felhúzás kezdetén sokkal nagyobb erőt kellett kifejteni, mint a reflexíjnál, de amikor a felhúzás végéhez értem, hirtelen sokkal könnyebb lett megtartani, mint a másik íjat. Felépítését tekintve az alapok maradtak a régié, ugyanúgy megvan a középrész, ami jóval nagyobb, mint a reflexíjnál; kisebb a két kar, amelyek más szögben is állnak és kevésbé deformálódnak, de ehhez sokkal több erő szükséges; és eltérés a stabilizátornak és a kifutónak kialakított hely.

Itt újdonság viszont, hogy a karok végén két csiga helyezkedik el, ezekre van ráfűzve az ideg. A csigákat két kábel köti össze,

ez teszi lehetővé a csigás íj másik nagy előnyét, mégpedig azt, hogy az íjat nem kell leajzani használat után. A kábeleket egy kábelvezető húzza ki az ideg és a kifutó síkjából, hogy a nyílveszőt ne zavarja. A harmadik nagy előny, hogy az íj erőssége és a maximális kihúzhatósága állítható, ezáltal teljesen személyre szabható. Ez úgy lehetséges, hogy a karok alapállapotban lévő



4. ábra. Csigás íjam

megfeszítettségét lehet változtatni. A célzás viszont gyökeresen megváltozott. Mivel az íjnal már lehet definiálni egy maximális kihúzhatóságot, így az ideg minden lövésnél ugyanabban a pozícióban lesz. Ezt kihasználva, az ideg szárai közé van befűzve egy nézőke (*peep sight*), ezen keresztül kell nézni a középrészre szerelt irányzékra, majd azon keresztül a célpontra. Ez a módszer nagyon hasonlít a puskák és a pisztolyok célzására. Még egy lényeges különbség, hogy a reflexíjakat általában kézzel húzzák ki, míg a csigás íjakhoz van egy el-sütő szerkezet. Ez a szerkezet az idegre fűzött hurokba (*D-loop*) akasztható be, és egy ravasz meghúzásával elengedi azt. Ez nemcsak jóval pontosabb, mint a kézzel elengedés hagyományos módszere, de a bőrt is kíméli az ujjbegyeken. Ezenkívül mindkét fajta íjnak az idegére szoktak tenni rezgés-csillapítókat, amelyek egyszerre csökkentik az íj rezgését és hangját, ezzel is növelve a pontosságot.

Az íjak karakterisztikája

Az íjak rugalmas deformációval tárolják az energiát. Azt a munkamennyiséget, amennyivel a karokat meghajlítjuk, elraktározza, majd az elengedés pillanatában valamilyen hatásfokkal átadja a nyílveszőnek, ami ettől elkezdi gyorsulni. Ezt a folyamatot olyan diagramon szemléltetem, ahol a vízszintes tengelyen a kihúzás hosszát, a függőleges tengelyen a kihúzáshoz szükséges erőt ábrázoltam.

Az íjak fejlődésének kiindulópontja a hosszú íj (*long bow*) volt. Ezt egyetlen hosszú, meghajlított fából csinálták elődeink, és a modern társadalom a hagyományokat megőrizve nem is gyártja másból. Az íj karakterisztikagörbéje egyenes arányosság. Ez azt jelenti, hogy minél jobban húzzuk ki az íjat, annál nagyobb erőt kell kifejtenünk. Vegyük észre, hogy a görbe alatti terület a munkával egyenlő. Tehát a kihúzás hosszának négyzete egyenesen aránylik a befektetett munkához. Ez megegyezik a középiskolában tanult rugó erőtvénnyel, amelynek alakja $F = -D \cdot x$. A nyílvesző mozgási energiája, rombolóképesége a karokban tárolt energiával arányos.

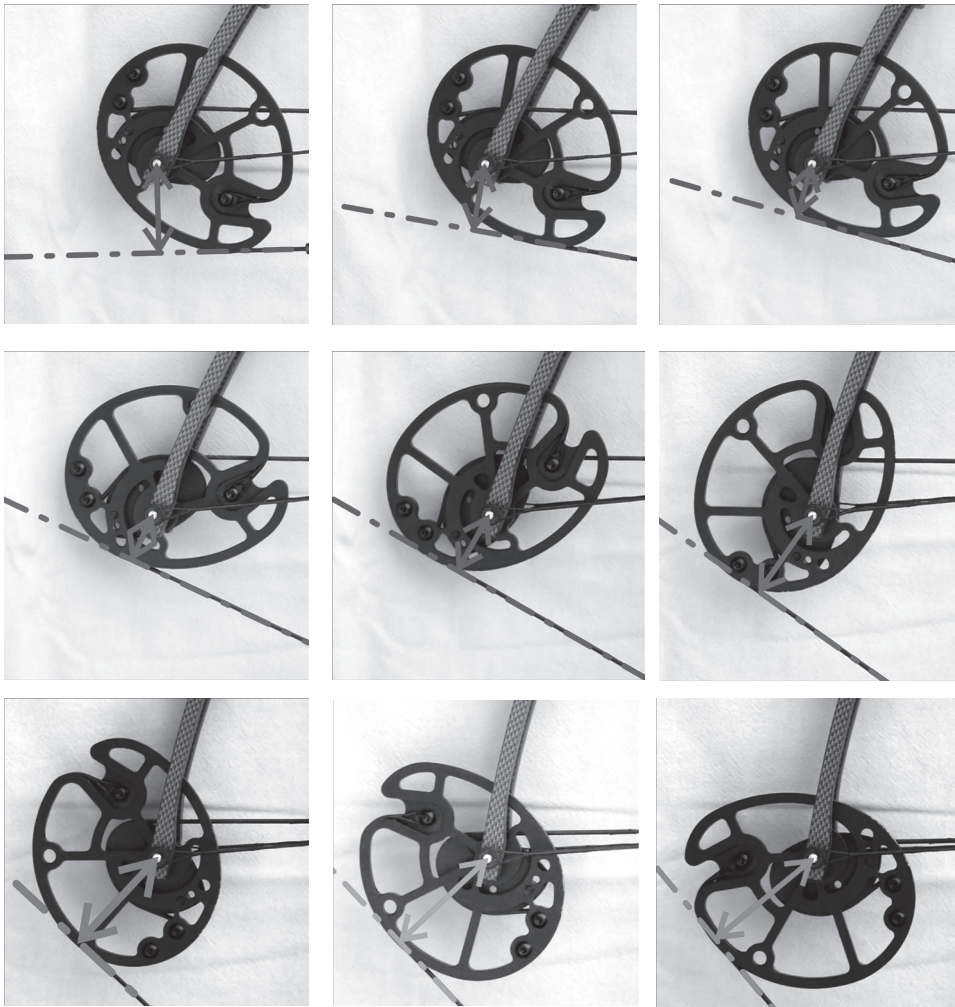
Azok az emberek, akik ezt fejlesztették tovább, és ezzel új típusú íjakat hoztak létre, két dolgot tartottak szem előtt: az íj legyen minél erősebb és pontosabb.

A következő, egy szinttel fejlettebb íj a visszacsapó vagy reflexíj. Ennek karjai ajzatlan állapotban ellenkező irányba hajlanak, mint amerre feszítik, így egy „S” betűt formálnak. A kihúzás során a karok távolsága máshogy változik, mint a hosszú íjnal, így a karakterisztika is megváltozik: az egyenes arányosságból progresszív görbe lesz. A lovas íjászok jobban szeretik a reflexíjat, mert jóval rövidebb, mint a hosszú íj.

Napjainkban a csigás íjba építették bele a legtöbb műszaki újdonságot, amelyet az anyagtechnológia ad (üvegszál, szén-szál, kevlár erősítésű műanyagok), továbbá fizikatudást. Az említett kikönnyítés funkciója lehetővé teszi, hogy olyan erős karokat építsenek bele, hogy a maximális terhelést is meg lehessen megtartani, és célozni vele.

A változó sugarú csigarendszer felhúzás közben változtatja azt az erőkart, amelynek segítségével deformáljuk az íj energiátároló karjait (5. ábra). A csigák profiljainak elemzése meghaladja a középiskolai matematikai és fizikai tananyagot.

Fontos, hogy ennek segítségével az íjban tárolt energia megsokszorozható, és mégis könnyebb kihúzott állapotában megtartani, ezáltal pontosabban lehet célozni is. A grafikon képe nagyon megváltozik. Kezdetben nagyon meredeken növekszik az erő, eztán egy platószerű sza-



5. ábra. Az erőkar változása felhúzás közben

kasz következnek, ahol az erő eléri a maximumát, majd egy völgybe esik le, ahonnan már nem lehet tovább húzni. Az is új a csigás íjnal, hogy definiálni lehet egy maximális erőt. Az eddigi íjknál nem lehet egyértelműen megmondani az íj erősségét, csak úgy lehetne definiálni, hogy egy adott kihúzáshoz mekkora erő tartozik.

Természetesen az íjaknak is van hatásfokuk. Minden olyan hatás veszteség, amely nem a nyílvesztőt gyorsítja. A már korábban említett rezgés (amelyet rezgéscsillapítóval csökkentenek), valamint az íjak hangja is veszteség. Az ideg még a nyílvesztő irányába mozog az elválás után is.

A tűzfegyverekkel ellentétben, ahol a lövedék energiája kémiai úton keletkezik, az íjban tárolt energiát, ami a nyílvesztőnek adódik át, teljes mértékben az íjásznak kell befektetni. Azok a katonák, akik a csata alatt íjakkal pusztították az ellenséget, nagyon erős fizikumú emberek lehetnek, hiszen órákon, olykor egész napon át lőttek, és minden lövésnél az izmaik erejével kellett az ehhez szükséges energiát betáplálniuk.

A mérés

Két íjam karakterisztikájának kimérését először súlyok ráakasztásával szerettem volna elvégezni. Minden ráakasztott súly után megmértem volna az íj „kihúzottságát”. Sajnos ezt a módszert el kellett vetnem, mert a csigás íjat a kikönyvítés után nagyon nehéz és hosszadalmas lett volna mérni, így biztosan használhatatlanul pontatlan eredményt kaptam volna.

Egy másik metódust találtam ki: a súlyokat rugóval helyettesítettem, így terveim szerint a kikönyvítés után egyszerűbben tudom mérni az erőt. Először meghatároztam a rugó direkcións erejét súlyok ráakasztásával. Ezután akasztottam az idegre, és két dolgot mértem: az íj kihúzásának mértékét és a rugó aktuális hosszát, amelyből kiszámoltam a kihúzáshoz szükséges erőt. Ahogy az előző esetben, itt is csak elvben működött az eljárás, mert nem találtam megfelelő rugót. Vagy túl gyenge volt, vagy a kikönyvítés után a rugó kezelhetetlenül sokat nyúlt meg.

A végső és egyben sikeres módszert egy, a XXI. századnak megfelelő eszköz adta. A ScienceCube egy olyan mérőrendszer, amelyhez különböző érzékelőket lehet hozzákapcsolni, és ezek adatait dolgozza fel. Sajnos az erőmérője csak 80 N-ig tud mérni, ezért be kellett iktatni a rendszerbe egy csigasort, amelynek segítségével meg-négyszerezhettem a méréshatárt.

Ez a csigasor egy álló- és két mozgósítható állt, így az eszközre nem jutott akkora terhelés, amekkora tönkretette volna. Innen már egyszerű volt a dolog: teljesen kihúztam az íjakat, és a csigákon átvetett kötelet egy mérőszalag mellett engedtem vissza. Közben 2 cm-enként megálltam, és leolvastam, hogy mekkora erőt mutat az eszköz. Ezután ábrázoltam az adatokat. Az így megalkotott mérőeszköznek a tengelyek súrlódása miatt jelentős lett a hiszterézise. Ennek következtében arra kellett figyelni, hogy a mérést mindig egy irányból végezzem. Az eredményeimet táblázatban foglaltam össze, az ebből készített 6. ábrán jól látszik a csigás íj előnye a reflexíjjal szemben.

A két görbén gyönyörűen látszanak az előző fejezetben leírtak. A reflexíj karakterisztikája majdnem egyenes arányosságot mutat, tehát minél jobban ki van húzva, annál nagyobb

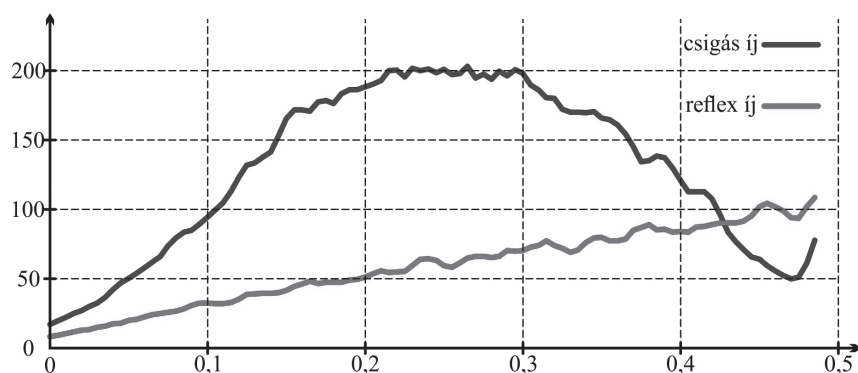
erő kell a megtartásához. 48,5 cm hosszán kihúzza a célzásor megtartandó erő nagysága 108,4 N. A csigás íjnal egész más a helyzet. Itt hirtelen lesz nagyon nehéz húzni, majd a kikönyvítés után kisebb erővel kell tartani az ideget a célzásához, mint a reflexíjnal. Ugyanazzal a nyílvesztővel, ugyanakkora megfeszítési hosszánál mindössze 50 N, ami kevesebb, mint az előző érték fele.

Ezek után összehasonlítottam az íjakat energetikai szempontból. Amint már említettem, a görbe alatti terület a befektetett munkával egyenlő. Még nem tanultam az integrálszámítást, így csak numerikusan tudom kiszámítani az íjamban tárolt energiát, téglalapokkal közelíték. Egészen pontos értéket infinitenzimálisan kicsiny részekre osztással kaphattam volna, elfogadhatóan jó közelítést ad az 5 mm széles egységekre való bontás. Ekkor még elfogadható mértékű hibát ejtek. Tehát a $W=F \times s$ képletet használom, majd ezeket összegzem. A reflexíj 28,5 joule, a csigás íj 62,9 joule energiát tárol, mindkettő értéke meghaladja a 7,2 joule mozgási energiát. Ez azért fontos,

kihúzás hossza (méter)	csigás íj (new- ton)	reflexíj (new- ton)	csigás íj (joule)	reflexíj (joule)	kihúzás hossza (méter)	csigás íj (new- ton)	reflexíj (new- ton)	csigás íj (joule)	reflexíj (joule)
0	16,8	8,4	0,084	0,042	0,18	176,4	47,2	0,882	0,236
0,005	19,6	9,2	0,098	0,046	0,185	183,2	47,2	0,916	0,236
0,01	22	10,4	0,11	0,052	0,19	186,4	48,8	0,932	0,244
0,015	24,8	11,6	0,124	0,058	0,195	186	49,2	0,93	0,246
0,02	26,8	12,8	0,134	0,064	0,2	186,8	51,2	0,934	0,256
0,025	30	13,2	0,15	0,066	0,205	188,4	53,6	0,942	0,268
0,03	32,4	14,8	0,162	0,074	0,21	192,8	55,6	0,964	0,278
0,035	36,4	15,6	0,182	0,078	0,215	200	54,4	1	0,272
0,04	42	17,2	0,21	0,086	0,22	200,4	54,8	1,002	0,274
0,045	46,8	18	0,234	0,09	0,225	198	55,2	0,99	0,276
0,05	50,4	20	0,252	0,1	0,23	198,4	59,2	0,992	0,296
0,055	54	20,8	0,27	0,104	0,235	199,6	64	0,998	0,32
0,06	57,6	22,4	0,288	0,112	0,24	200	64,4	1	0,322
0,065	62	24	0,31	0,12	0,245	198,8	63,2	0,994	0,316
0,07	66	24,8	0,33	0,124	0,25	198	59,2	0,99	0,296
0,075	73,6	25,6	0,368	0,128	0,255	199,2	58	0,996	0,29
0,08	79,2	26,4	0,396	0,132	0,26	198	61,6	0,99	0,308
0,085	83,6	28	0,418	0,14	0,265	197,6	64,8	0,988	0,324
0,09	84,8	30,8	0,424	0,154	0,27	197,2	66	0,986	0,33
0,095	89,2	32,4	0,446	0,162	0,275	198	66	0,99	0,33
0,1	94,4	32,4	0,472	0,162	0,28	198,8	65,2	0,994	0,326
0,105	99,6	32	0,498	0,16	0,285	199,6	66	0,998	0,33
0,11	104,8	32	0,524	0,16	0,29	198,4	70	0,992	0,35
0,115	113,2	32,8	0,566	0,164	0,295	190	69,6	0,95	0,348
0,12	123,6	35,2	0,618	0,176	0,3	186,8	70,4	0,934	0,352
0,125	131,6	38,4	0,658	0,192	0,305	183,6	72,8	0,918	0,364
0,13	133,6	39,2	0,668	0,196	0,31	180	74	0,9	0,37
0,135	137,6	39,6	0,688	0,198	0,315	180,4	77,2	0,902	0,386
0,14	141,2	39,6	0,706	0,198	0,32	180	74	0,9	0,37
0,145	152,4	40	0,762	0,2	0,325	172	72	0,86	0,36
0,15	165,6	41,6	0,828	0,208	0,33	170	68,8	0,85	0,344
0,155	168,4	44,4	0,842	0,222	0,335	170	70,8	0,85	0,354
0,16	169,2	46	0,846	0,23	0,34	169,6	76	0,848	0,38
0,165	172,4	48	0,862	0,24	0,345	170,4	79,2	0,852	0,396
0,17	173,6	46,4	0,868	0,232	0,35	166	79,6	0,83	0,398
0,175	174,4	47,2	0,872	0,236	0,355	164,4	77,2	0,822	0,386

kihúzás hossza (méter)	csigás íj (new- ton)	reflexíj (new- ton)	csigás íj (joule)	reflexíj (joule)	kihúzás hossza (méter)	csigás íj (new- ton)	reflexíj (new- ton)	csigás íj (joule)	reflexíj (joule)
0,36	160,8	77,2	0,804	0,386	0,43	83,6	90	0,418	0,45
0,365	154	78,4	0,77	0,392	0,435	76,4	90	0,382	0,45
0,37	145,6	84,8	0,728	0,424	0,44	71,2	91,2	0,356	0,456
0,375	142,8	86,8	0,714	0,434	0,445	65,6	95,2	0,328	0,476
0,38	140	88,8	0,7	0,444	0,45	64	102	0,32	0,51
0,385	138,4	85,2	0,692	0,426	0,455	59,6	104,4	0,298	0,522
0,39	137,2	85,6	0,686	0,428	0,46	55,6	102	0,278	0,51
0,395	129,6	83,6	0,648	0,418	0,465	52,4	98,8	0,262	0,494
0,4	120,4	84	0,602	0,42	0,47	50	94	0,25	0,47
0,405	114	83,6	0,57	0,418	0,475	51,2	93,6	0,256	0,468
0,41	112,4	87,2	0,562	0,436	0,48	61,2	102	0,306	0,51
0,415	112,4	87,6	0,562	0,438	0,485	77,6	108,4	0,388	0,542
0,42	107,6	88,8	0,538	0,444				62,984	28,454
0,425	96,4	90	0,482	0,45					

Táblázat. Mérési eredmények



6. ábra. Íjaim karakterisztikája (az íj megtartásához szükséges erő a kihúzás függvényében). A világosabb görbe a reflexíjra vonatkozik, a sötétebb a csigás íjra

mert előlött fegyverviselési engedély szükséges a lőfegyverekre, szerencsére az íjak nem tartoznak ide. Ezekből az értékekből látszik talán a legjobban, hogy a visszacsapó íjak csak hobbi szintjén állja meg a helyét, míg a csigás íj akár egy vaddisznó eljétére is alkalmas fegyver.

Történelmi érdekesség

A százéves háború alatt az agincourt-i ütközet előtt a franciák azzal fenyegették az angolokat, hogy íjászfoglyaik mutató és középső ujját levágják, amely nélkül az íjász többé nem íjász. A fogságba nem esett íjások e két ujj lengetésével köszöntek, tisztelegtek egy-

másnak; illetve heccelték a francia ellenségeiket. Az utókor ezt értelmezte rosszul úgy, hogy „V” mint „victory”.

Diák pályázatunk Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriájába beérkezett dolgozat.

Források

Hack Antal (1991): Íjászat, Országos Testnevelési és Sportthivatal, Budapest
Kövécsek Levente (2015): A fizika alkalmazása az íjászatban néhány íjmechanikai probléma megoldásában, BSc szakdolgozat ELTE

Meyer, H. O. (2015): Applications of Physics to Archery, Physics Department, Indiana University

<http://www.roystonarchery.org/new/beginners-2/equipment/bow-physics/>

<http://www.huntersfriend.com/archery-help/compound-bow-archery-selection-guide.html>

<http://web.axelero.hu/jozs/cikk-11.htm>

<http://www.buildyourownbow.com/finding-time-to-make-a-longbow-or-recurve-bow/>

<http://www.real-world-physics-problems.com/physics-of-archery.html>

<http://www.untamedscience.com/archery-physics/>

<http://archeryphysics-mrsmith08.awardspace.com/>

<http://mrfizzix.com/archery/>

<https://www.smore.com/r832y-physics-in-archery>

https://www.huntersfriend.com/_help_popups/whatsthis12.htm

<http://www.bowhuntingbasics.com/getting%20started.htm>

<http://thebestcompoundbows.com/compound-vs-recurve-bow/>

<http://gizmodo.com/how-compound-bows-work-and-what-you-need-to-know-to-sho-1734140510>

<https://www.quora.com/How-do-compound-bows-work>

http://www.ehow.com/how-does_4568731_compound-bow-work.html

Hóvirág- és vetővirág-szövettenyészetek és a kiindulási növények enzimmintázatainak összehasonlító vizsgálata

CSUBÁK RAMÓNA

Bessenyei György Gimnázium és Kollégium, Kisvárd

A kikeleti hóvirág (*Galanthus nivalis*) és az őszi vetővirág (*Sternbergia lutea*) az egyszikűek (*Liliopsida*) osztályának a spárgavirágúak (*Asparagales*) rendjébe, ezen belül az amarilliszfélék (*Amaryllidaceae*) családjába tartozó fajok. Az Európai Unió területén védett fajnak számítanak, több természetvédelmi egyezmény listázza.

A kikeleti hóvirág eredeti előfordulási területe a Pireneusoktól kezdve Közép-Európán keresztül egészen a Kaukázusig terjed. A hagymájában található alkaloidoknak (galantamin, likorin, hemantamin, nartazin) kiemelkedő a gyógyászati jelentősége. Az őszi vetővirág Dél-Európától Közép-Ázsiáig található meg. Vadon élő állományai erősen lecsökkentek, szintén védett fajként tartják számon. [1] Földünk számos területén találkozhatunk olyan védett növényekkel, amelyek számunkra fontos hatóanyagokat termelnek, ám gyűjtésükkel tovább csökkentenénk állományait. A növényi szövettenyésztés során mesterségesen szaporíthatunk e fontos növényeket, megmenethetnénk a kipusztulástól, valamint a laboratóriumi körülmények között felnevelt egyedekből

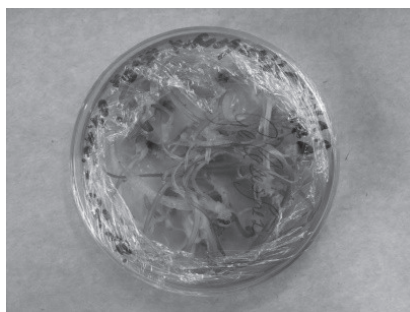
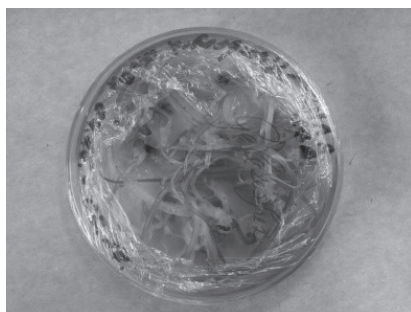
vonhatnánk ki azon anyagokat, amelyeket később az iparban hasznosíthatunk, további kutatási célokra felhasználhatunk.

A konzervációbiológiában kiemelt figyelemben részesítik a veszélyeztetett, esetleg gazdaságilag jelentős fajok védelmét. Fokozottan tanulmányozzák morfológiájukat, ökológiai igényüket, begyűjtik a szaporító képleteiket, mesterséges körülmények között tanulmányozzák a magok fertilitását, és mikroszaporítási eljárásokat dolgoznak ki. Ilyen szaporítási eljárás a szövettenyésztés. Előnye, hogy olcsó, független az éghajlattól, kortól és betegségektől, valamint a termelés ellenőrizhető.

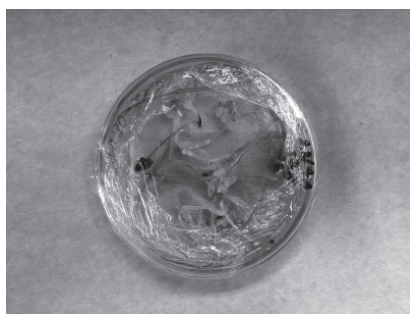
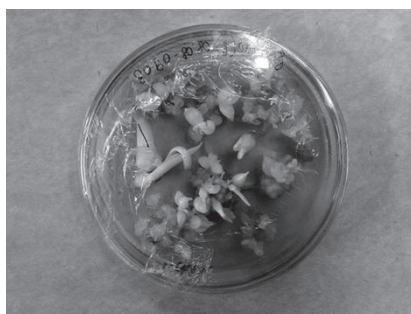
A szövettenyésztés célja pl. a vegetatív mikroszaporítás, másodlagos anyagcseretermékek előállítás, amelyeknek gyógyászati jelentősége van, valamint genetikailag módosított növények létrehozása. A termelés olcsó és ellenőrizhető. A szövettenyésztés során a növény egy részéből, szövetéből mesterséges táptalajon nevelve kalluszt, azaz differenciálatlan sejtömeget hoztunk létre. Az eljárás segítségével veszélyeztetett növényeket is sikeresen szaporíthatunk.

Célunk volt a *Galanthus nivalis* és *Sternbergia lutea* szövettenyészetinek nevelése, majd enzimmintázatainak (peroxidáz, kataláz enzimek) összehasonlító vizsgálata. Ehhez egy biokémiai módszert, a poliakrilamid-gélelektroforézist (PAGE) használtuk fel, melynek segítségével az enzimatikus antioxidánsok jelenlétét vizsgáltuk meg.

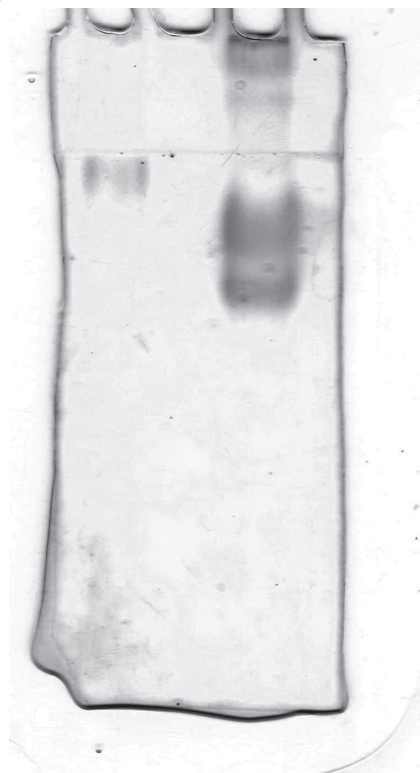
A hóvirág hagymájában (0,1%-ban) található alkaloidok, kiemelten a galantamin a gyógyászatban jelentős szerepet tölt be. Az enyhe-közepes demencia kezelésére használt egyik legfontosabb gyógyszer hatóanyagát a galantaminból, a hóvirág hagymájából kinyert vegyületből állítják elő. A hatóanyag az egyik agyi neurotranszmitter vegyület, az acetilkolin szintjét növeli, amely az idegsejtekből kiinduló jelzések átvitelében vesz részt. Az Alzheimer-kórt az acetilkolin szintjének csökkenésével hozzák összefüggésbe. A galantamin fokozza az acetilkolin-termelést, és blokkolja az enzimeket, amelyek lebontják a neurotranszmittert. A galantamin az acetilkolin-csökkenést állítja meg, illetve késlelteti, ezáltal megőrzi a memória működését. Egyaránt alkalmasnak



1. ábra. Az őszi vetővirág szövettenyészetének fejlődése



2. ábra. A kikeleti hóvirág szövettenyészetete



3. ábra. Az őszi vetővirág és a kontrollnövényként használt közönséges torma pirogallolal festett peroxidásgélje

bizonyult a gyermekbénulás és izombetegségek kezelése során is. Acetilcolineszterázgátló hatású, ezért műtéteknél alkalmazzák a curare-vegyületek hatására fellépő izomgyengeség megszüntetésére. [2]

Az említett élettani hatások teszik szükségessé a hóvirág laboratóriumi körülmények közötti szaporítását: mivel védett faj, tömeges begyűjtése büntetendő. Fontos a szövettenyésztett növények enzimológiai és egyéb növényélettani vizsgálata annak kiderítésére, hogy a mesterségesen szaporított egyedek is ugyanúgy termelik-e a gyógyászatban oly fontos hatóanyagokat. Szövettenyésztésünk célja tehát a biológiai, biokémiai kutatás, vegetatív mikroszaporítás és másodlagos anyagcseretermékek előállítás.

Anyag és módszer

A hóvirág és vetővirág növények mintái a Debreceni Egyetem Növényzeti Tanszékéről származnak. A peroxidáz és kataláz enzimek mennyiségét szövettenyésztési mintákban és eredeti növényekből készült mintákban mértük meg.

Elsősorban a növények hagymáiból készítettünk tenyésztésre alkalmas szöveteket. Gyűjtés után a hagymát desztillált vizes mosás után nátrium-hipoklorit oldattal fertőtlenítettük, majd újra átmostuk desztillált vízben. Ezután steril – háromszor alkohollal leégetett, majd izzított – esz-

közökkel apróra vágtuk a hagymát, majd bevagdostuk a hagymadarabokat, hogy az enzimatikus folyamatok beinduljanak a szövetekben. Végül steril Petri-csészében előre megöntött hormonos táptalajra helyeztük a mintákat. A táptalaj összetétele során a citokinin és auxin koncentrációjának arányát vettük figyelembe. A citokinin részt vesz a sejtosztódásban (differenciálódásban), megnyúlásban és a csirázás megindításában. Az auxin a hosszirányú megnyúlásért, a gyökér, valamint a hajtás-csúcs növekedéséért felelős. Az auxin és citokinin együttes aránya határozza meg a növény oldalhajtásának növekedését.

A szövettenyésztés lényege, hogy az eredeti növény egy részéből mesterséges táptalajon differenciálatlan sejtalmazt (kallusz) hozunk létre. Az így létrehozott szövetek képesek megőrizni osztódó képességüket, ezáltal átalakulhatnak, szervet képezhetnek, regenerálódhatnak [3]. Fontos a hőmérséklet, a megvilágítás, a páratartalom és a légmozgás stabilitása. [4] A szövettenyészteteket idővel át lehet oltani újabb táptalajra, azonban a művelet elvégzése alatt ügyelni kell a steril környezet biztosítására.

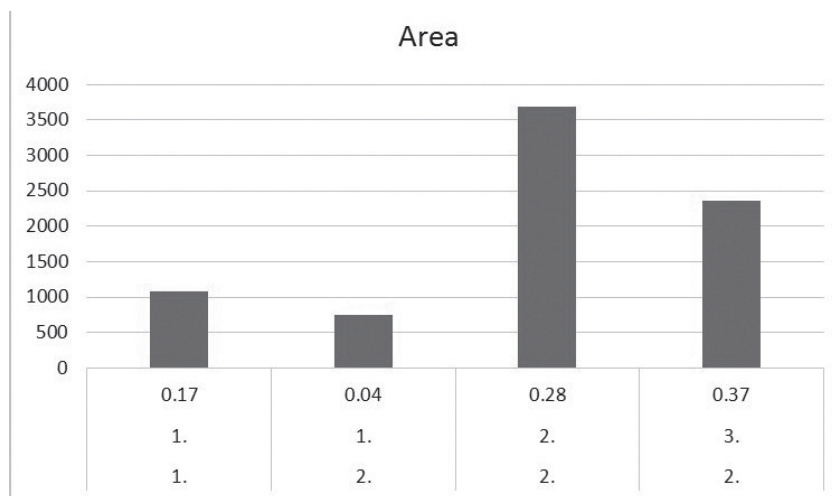
Az 1. ábrán látható a *Sternbergia lutea*, őszi vetővirág szövettenyésztetének fejlődése, a 2. ábrán pedig a *Galanthus nivalis*, kikeleti hóvirág szövettenyésztetése.

A sikeres szövettenyésztés után a kalluszokban lévő enzimek mennyiségét poliakrilamid-gélelektroforézis (PAGE) segítségével mutattuk ki. Enzimatikusan (poliakrilamid-gélelektroforézis, peroxidáz, katalázaktivitás gélek) anti-

mosan töltött részecskéket válasszunk szét elektromos erőter hatására, géles közegben. A poliakrilamid gél molekulaszűrőként szolgál: a molekulák mozgási sebessége fordítottan arányos a molekulák tömegével. [6,7]

A növényi szövettenyésztés során az egyedeket alkotó sejteket különböző külső hatások érik, a bennük lévő fenoxi szabadgyökök száma megnövekszik, így a sejtek nem képesek elegendő antioxidánsot termelni, hogy hatástalanítsák a szabadgyököket. A fenoxi szabadgyökök olyan molekulák vagy molekulafragmentek, amelyek külső elektronpályájukon egyedülálló, párosítatlan elektront tartalmaznak, emiatt fokozott a reakciókészségük. Ezen molekulafragmentek származhatnak a növény szervezetében végbemenő oxidációs folyamatokból, fotoszintézisből, fotorespirációból és glikolízisből. A kataláz, valamint peroxidáz enzimek ezen antioxidánsok termelését serkentik a növényi szövetekben.

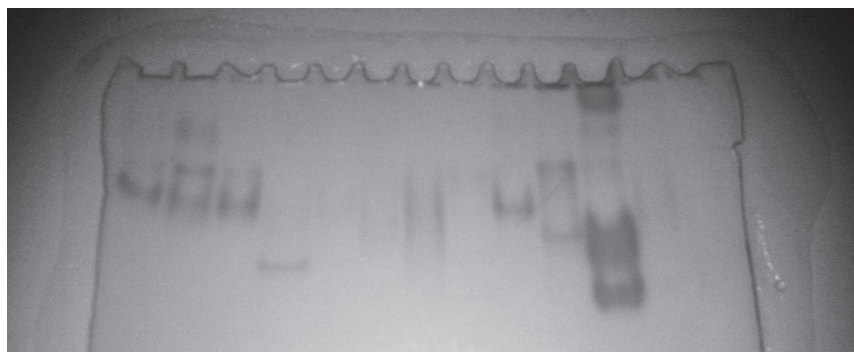
A peroxidázok különböző H-donorokat (RH₂) képesek oxidálni H₂O₂ vagy szerves peroxidok (ROOH) jelenlétében, közöttük különböző fenolokat is. A peroxidázoknak nagy szerepe van a ligninszintézisben, a sejt-differenciálódásban, az aszkorbinsav és szerves ionok oxidációjában, illetve ezek a vegyületek részt vesznek a fenoxi szabadgyökök, monomerek és dimerek képződésében is amellett, hogy a növény betegségekkel szembeni ellenállását erősítik. [8] A szuperoxid és a hidrogén-peroxid baktériumok és gombák elleni antimikrobiális aktivitása *in vitro* kísérletekben igazolt. [9] A kataláz rendkívül elter-



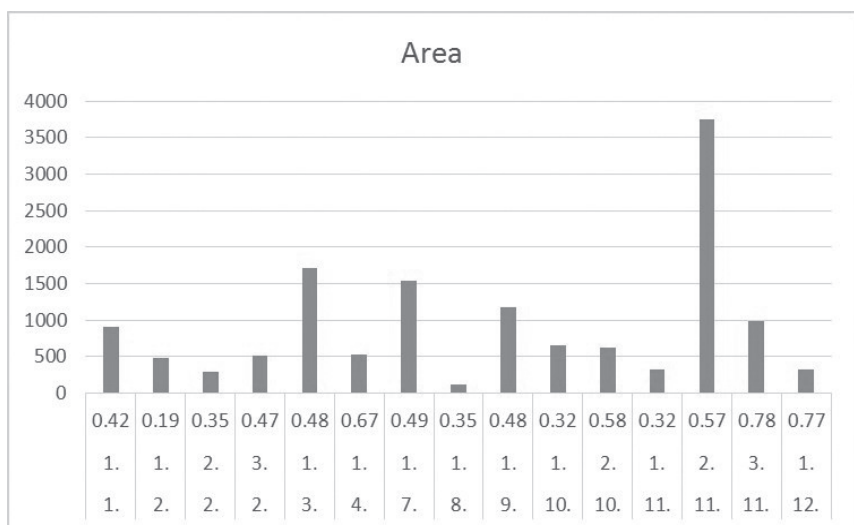
4. ábra. A gél kiértékelése

oxidáns-meghatározást alkalmaztunk a vizsgálataink során. A natív PAGE fehérjék elválasztására szolgáló eljárás. Ennek során igyekszünk olyan körülményeket biztosítani, hogy azok megtartsák natív térszerkezetüket. [5] A poliakrilamid-gélelektroforézis lényege, hogy elektro-

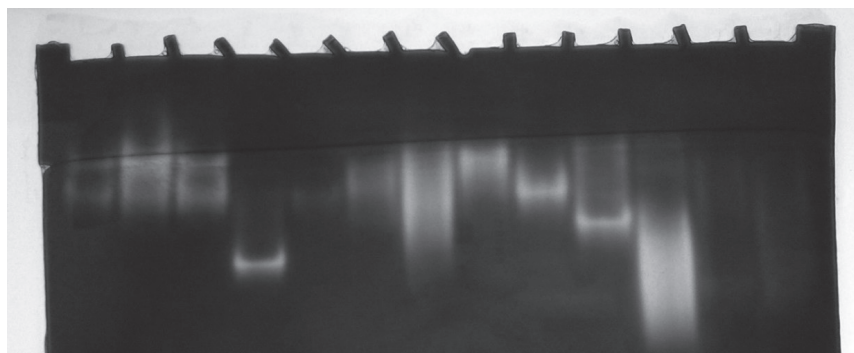
jedt Fe-porfirin tartalmú enzim a növényi szövetekben. A sejtek kataláz-tartalma elsősorban a peroxiszómaiban és glioxiszómaiban lokalizált, a kloroplasztisz nem tartalmaz katalázt. A kataláz funkciója a mérgező hidrogén-peroxid bontása. A növényben hidrogén-peroxid különböző zsírsavak β -oxidációja során, illet-



5. ábra. A peroxidáz enzim aktivitásának vizsgálata



6. ábra. A peroxidázgél kiértékelése



7. ábra. A hóvirágfajok, kontrollnövények és az őszi vetővirág guiacollal festett katalázgélje

ve a fotoszintézis és egyéb anyagcsere-folyamatok melléktermékeként keletkezhet. A növényi mintákhoz PVP-t (polivinil-pirrolidon) adtunk, amely a fenolokat köti meg. A proteázkivonó puffer hozzáadása után kvarchomokkal és üvegbottal roncsoltuk a kalluszokat, majd 1 percig vortexkeverővel ráztuk, hogy a sejtek felnyíljanak. Ezután folyékony nitrogénben fagyasztottuk le a mintákat, majd 10 percig 12 000-es fordulatszámra centrifugáltuk. A felülúszót tiszta Eppendorf-csövekbe pipettáztuk le. A mintafuttatás so-

rán 7,5% szeparáló gélt alkalmaztunk, TRIS-glicint használva futtató pufferként. A mintafuttatás időtartama 3–4 óra volt, majd egy egyórás inkubálási idő következett. Az enzimek jelenlétét és aktivitását 20 percen keresztül vizsgáltuk.

Eredmények és értékelésük

Kutatásunk során több szövettenyésztett egyedből készítettünk mintát, majd elemeztük a bennük zajló antioxidáns-aktivi-

tást. A peroxidáz és kataláz gélek elemzésénél kontrollnövényként közönséges torma (*Armoracia rusticana*), illetve különböző békalencsefajokat (*Lemna minor*, *Lemna aestivum*, *Lemna vernum*) használtunk, hiszen ezen növényeknek szakirodalmi adatok alapján magas az enzimaktivitása.

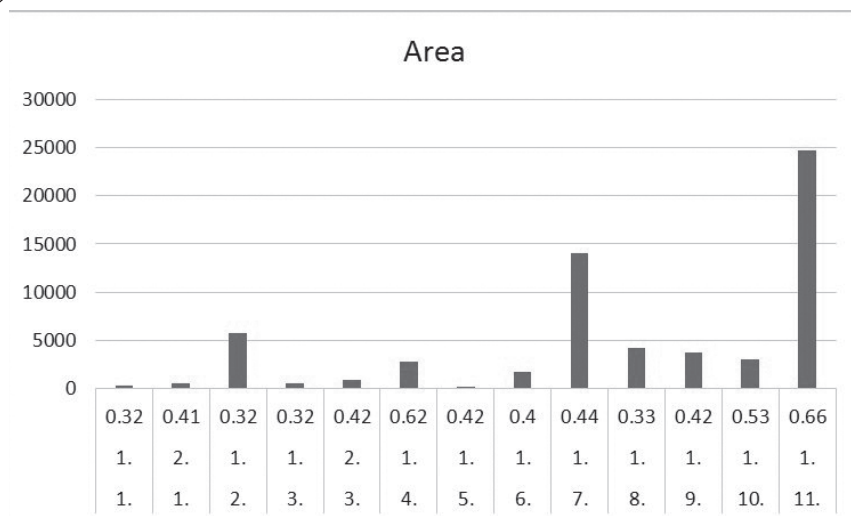
A 3. ábrán az őszi vetővirág és a kontrollnövényként használt közönséges torma pirogallollal festett peroxidázgélje látható. A *Sternbergia lutea* esetében két sávot (a második nem volt kiértékelhető az alacsony enzimaktivitás miatt), az *Armoracia rusticana* esetében egy sávot különítettünk el. A sávokon belül helyezkednek el a „band”-ek, amelyek tartományát CP Atlas (gélképek elemzését végző számítógépes program) segítségével értékeltük ki, az eredményeket négyzetpixel számban megadva. A 4. ábrán ezen gél kiértékelése látható az egyes band-ekre vonatkozóan. A kontrollnövény sávjában igen magas enzimaktivitás mutatkozik, míg az őszi vetővirág esetében ezen enzimaktivitás jóval alacsonyabb. A diagramon az oszlopok magassága, a gélképen a fényintenzitás jelzi az enzimaktivitás mértékét.

Az 5. ábrán a peroxidáz enzim aktivitását vizsgáltuk az őszi vetővirág, kontrollnövény és különböző hóvirágfajokra vonatkozóan. A 6. ábrán a peroxidázgél kiértékelése látható. A kontrollnövény mellett a kikeleti hóvirág sávjában is igen magas enzimaktivitást mutattunk ki, míg a *Sternbergia lutea* esetében a vártnál jóval alacsonyabb az enzimaktivitás.

A peroxidáz enzim vizsgálata után a kataláz enzim jelenlétét és aktivitását vizsgáltuk meg, kontrollnövényként békalencsefajokat használva. A 7. ábrán hóvirágfajok, kontrollnövények és őszi vetővirág guiacollal festett katalázgélje látható. Már a gélkép esetében is szembe-tűnő a békalencsefajok és a kikeleti hóvirág sávjában jelentkező magas enzimaktivitás, amelyet a fényintenzitás jelez. A 8. ábrán az előző gél kiértékelése látható, amelyen magas enzimaktivitás jelentkezett az előzőekben említett fajok esetében. A *Sternbergia lutea* esetében a sáv nem volt kiértékelhető, a minta igen alacsony aktivitást mutatott.

A szövettenyésztés eljárásának segítségével veszélyeztetett növényeket is sikeresen szaporítottunk. Mindkét faj esetében sikerült tömeges szaporításra alkalmas szövettenyészeteket előállítani. Előzetes eredményeink a hóvirágtenyészetek magas enzimaktivitását mutatták ki, míg az őszi vetővirág esetében egy, a hóvirághoz képest alacsonyabb enzimaktivitás figyelhető meg. A peroxidáz és kataláz géleket CP Atlas segítségével értékeltük ki.

A géلكiértékelések alapján megállapítottuk, hogy a hóvirág és vetővirág szövettenyészteteinek is van enzimaktivitás.



8. ábra. A gél kiértékelése

tioxidáns-aktivitásuk, tehát a tenyésztett példányokból is sikeresen kinyerhetőek a hasznos anyagcseretermékek és a gyógyászatban is használt hatóanyagok. Ezáltal a védett növényekből is kinyerhetőek a számunkra fontos anyagok anélkül, hogy a növényállományt veszélyeztetnénk.

Az őszi vetővirág esetében a magasabb enzimaktivitást a táptalaj összetételének (hormonkoncentrációjának) változtatásával, valamint a környezeti tényezők stabilitásának módosításával lehetne elérni. Az alacsony enzimaktivitás azt jelenti, hogy a hidrogénperoxid bontása ezen tenyészeteknek nem megfelelő, vagy nagyon alacsony.

Fontos volt tehát a növényi szövetekben a peroxidáz, valamint kataláz enzim vizsgálata, hiszen ha a mesterségesen, laboratóriumi körülmények között szaporított egyedek termelik az általunk vizsgált enzimeket, akkor ezen növények képesek a megnövekedett fenoxi szabadgyököket hatástalanítani és a számunkra fontos hatóanyagokat, alkaloidokat, antioxiidánsokat termelni. Magas antioxiidáns-kapacitás esetén a növények alkalmasak arra, hogy a szabadba kiültetve

ellenálljanak a környezet, valamint az időjárás (csapadék, hőmérséklet, napsugárzás, légmozgás) hatásainak. A szá-



A szerző kísérletezés közben

badban nevelt növények fenntartása jóval könnyebb és költséghatékonyabb, hiszen nem kell az állandó steril környezetet fenntartani számukra.

A természet számtalan kincset rejt, s valamennyi betegségre a gyógyírt ott találjuk. A növények megannyi értékes anyagot termelnek az ember számá-

ra, ezek segíthetnek az immunrendszer erősségének fenntartásában, az egészségre káros hatások leküzdésében és a jó közérzet megőrzésében. Ezen kincseket rejtő élőlények száma azonban nagymértékben csökken az emberi beavatkozás és klímaváltozás következtében. Nagy előrelépést jelentene, ha a jövőben a növények szaporítása mesterséges körülmények között megvalósulhatna, és a hatóanyagnyerés ezen egyedekből történhetne. A szövettenyésztési módszer által a vadon élő állományok mérete növekedhet, a gyógyszeripar pedig a mesterséges körülmények között felnevelt egyedek hatóanyagát hasznosíthatja, mellőzve a védett fajok populációinak felhasználását. Nyitott szemmel járva, mi is felfedezhetjük a természet csodáit, és a mai technológiát használva lépést tehetünk a ma még gyógyíthatatlan betegségek kezelése felé.

Az írás szerzője diákpályázatunk Önálló kutatások, elméleti összegzések kategóriájában az Élet és Tudomány folyóirat különdíját kapta.

Irodalom

- [1] Arslan N, Gürbüz B, Gümüşcü A, Özcan S, Mirici S & Khawar KM (2002): Cultivation of *Sternbergia fischeriana* (Herbert) Rupr. and a study on its morphological characteristics, *Pakistan J. Bot.* 34: 411–418
- [2] Heinrich, M. (2004): Snowdrops: The heralds of spring and a modern drug for Alzheimer's disease, *Pharmaceutical Journal* 273 (7330): 905–906.
- [3] Bowler C. - Gilmartin P.M. (szerk.) (2002): *Molecular Plant Biotechnology* Vol. 1-2. Molecular Plant Biology, Oxford University Press, Oxford, p. 62-67.
- [4] Howell S. H. (1982): Plant molecular vehicles: Potential vectors for introducing foreign DNS into plants, *Ann. Rev. Plan. Physiol.*, p. 609-650.
- [5] Heiger, D. N. (1992): High Performance Capillary Electrophoresis, *Hewlett-Packard GmbH, Waldbronn*, p.13-15.
- [6] Landers, J. P. (2008): *Handbook of Capillary and Microchip Electrophoresis and Associated Microtechniques*, CRC Press, p. 60-68.
- [7] Westermeier, R. (2005): *Electrophoresis in Practice*, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, KGaA, Weinheim, p. 45-59.
- [8] Láng F. (2002): *Növényélettan: a növényi anyagcsere*, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, p. 38-57.
- [9] Barna B., Adam A. L., Kiraly Z. (1997): Increased levels of cytokinin induce tolerance to necrotic diseases and various oxidative stress-causing agents in plants *Phyton-Annales Rei Botanicae* 37 (3): 25-29

A TIT 46. Kalmár László Matematika Versenyének döntője 2017. május 19–20.

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat tevékenységének fontos területe a tehetséggondozás. A TIT szervezésében alakult meg a múlt század hatvanas éveinek második felében a Kis Matematikusok Baráti Köre, rövidesen pedig a Társulat szervezésében matematikaversenyek indultak az 5–6. osztályos diákoknak. Később ez kibővült a 7–8., majd a 3–4. osztályosok versenyeivel. Az általános iskolások matematikaversenyét Kalmár László neves matematikusról, tudóstánárról nevezték el.

Az idei, 46. Kalmár László Matematika Verseny döntőjét május 19–20-án rendezte meg a TIT a budapesti Szent István Gimnáziumban. A döntő eredménylistáját, a 3–8. osztályosok versenye díjazott diákjainak, valamint felkészítő tanárainak nevét az alábbi táblázatunkban olvashatják.

A díjátadó ünnepséget megtisztelte jelenlétével Háromi József akadémikus, a TIT elnöke. A Dr. Urbán János-különdíjat és a Dr. Reiman István-különdíjat Dr. Urbán Jánosné adta át.

A Kalmár-versenyen második ízben vettek részt határainkon túli magyar diákok Szlovákiából, Romániából és Szerbiából.

A TIT Kalmár László Matematika Verseny megyei és az országos fordulónak feladatait készítették:

– 3–4. osztályosoknak: Pintér Klára,
– 5–8. osztályosoknak: Damásdi Gábor, Jakucs Erika, Juhász Péter, Steller Gábor.

A TIT Kalmár László Matematika Versenyt, az NTP-TV-16-0077. sz. projektet az Emberi Erőforrások Minisztériuma támogatta.

A feladatmegoldók



A tanárok ismertetik a jó megoldásokat a versenyzőkkel és szüleikkel



A versenybizottság javít



Díjátadás



Konrád Péterné, a TIT gazdasági igazgatója szolt a versenyzőkhöz

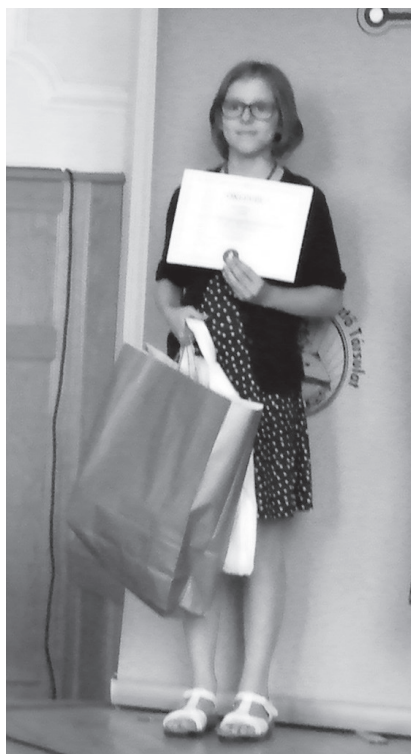


Hámori József akadémikus, a TIT elnöke gratulál a nyerteseknek



Urbán Jánosné adta át a Reiman István-különdíjat

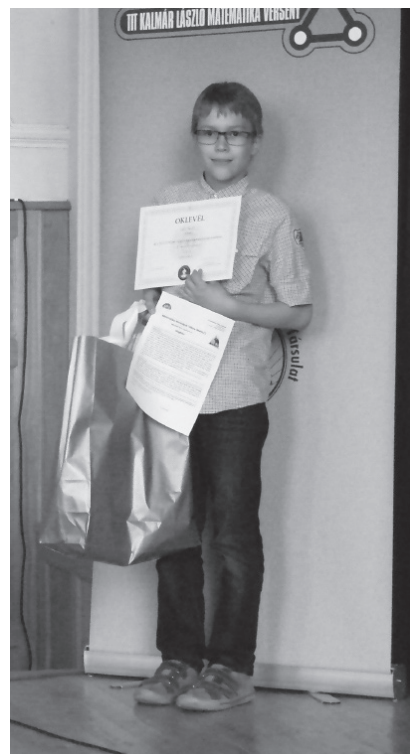
I. helyezettek



Veres Dorottya



Szögi Erik



Somlói Sámuel



Móricz Benjámín



Farkas Izabella



Gyetvai Miklós

Határon túli különdíjasok



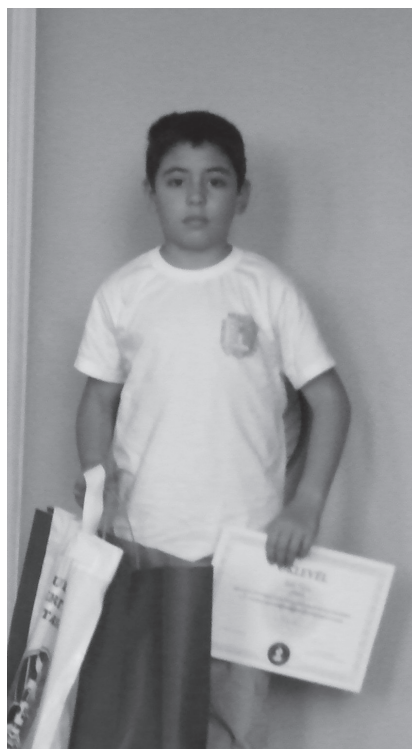
Sohajda Szabolcs



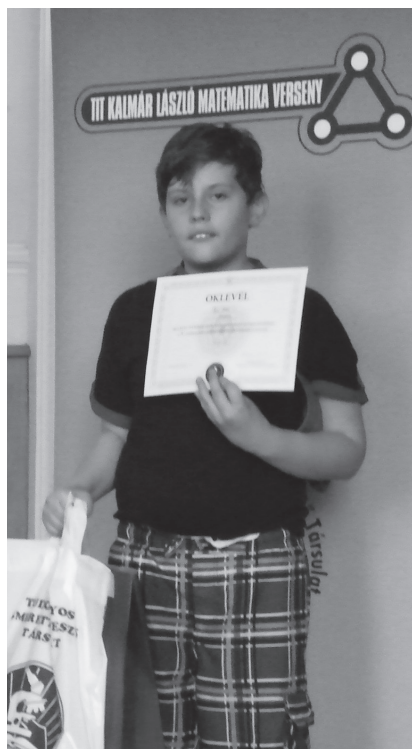
Kovács Alex



Csaplár Viktor



Bántó Tamás



Kiss Máté

Matematikatanárok figyelmébe ajánljuk!

A Kalmár László matematikaversenyekre
való felkészüléshez



a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
megjelentette

A Kalmár-verseny feladatai (2006–2012)
című Természet Világa különszámot,

valamint



*A Kalmár László Matematikaverseny
módszertani kiadványa*

című kötetet.

A feladatgyűjtemények hozzáférhetők a
Tudományos Ismeretterjesztő Társulatnál

(1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.,
327–8950; titlap@telc.hu)

TIT Kalmár László Matematika Verseny döntő eredményei 2017. május 19–20.

osztály	helyezés	név	felkészítő tanár	iskola
3. OSZTÁLY	1	Veres Dorottya	Oros Márta, Szokolczai Katalin	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium
	2	Bors Ádám	Horváthné Berta Éva	Veszprémi Kossuth Lajos Általános Iskola
	3	Szabó Máté Szabolcs	Diószegi Leopoldina	Eötvös Loránd Általános Iskola, Balatonfüred
Határon túli különdíjas:		Bántó Tamás	Szabó Zsófia	Kós Károly Általános Iskola, Gyergyószentmiklós, Románia
4. OSZTÁLY	1	Szögi Erik	Kömüves Mihály	Szegedi Madách Imre Magyar – Angol Két Tanítási Nyelvű Általános Iskola
	2	Szarka Regő	Bonczek Beatrix	Barcsi Általános Iskola Deák Ferenc Tagiskolája
	3	Sándor Péter Barnabás	Róka Judit	ELTE Bolyai János Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Szombathely
Határon túli különdíjas:		Kiss Máté	Berta István	Alapiskola, Királyhelmece, Szlovákia
5. OSZTÁLY	1	Somlói Sámuel	Koi Julianna	Kiss Árpád Általános Iskola, Balassagyarmat
	2	Bogár-Szabó Mihály	Varga József, Brenyó Mihályné	Bányai Júlia Gimnázium, Kecskemét
	3	Piukovics Katalin	Dr. Csóka Géza	Kölcsey Ferenc Általános Iskola, Győr
Határon túli különdíjas:		Zázrovity Zsolt	Gombár Róbert	Szonya Marinkovity Általános Iskola, Nagybecskerek, Szerbia
6. OSZTÁLY	1	Móricz Benjámín	Rubóczky György	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium
	2	Morvai Levente	Horváth Brigitta	Veszprémi Kossuth Lajos Általános Iskola
	3	Melján Dávid	Aszódiné Pálfi Edit	Belvárosi Zrínyi Ilona Általános Iskola, Kecskemét
Határon túli különdíjas:		Sohajda Szabolcs	Kiss Olívia	Gimnázium, Királyhelmece, Szlovákia
7. OSZTÁLY	1	Farkas Izabella	Hegyi Györgyné	ELTE Radnóti Miklós Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium, Budapest
	2	Török Ágoston	Varga József és Csordás Mihály	Bányai Júlia Gimnázium, Kecskemét
	3	Bán-Szabó Áron	Gyenes Zoltán, Hujter Bálint	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium
Határon túli különdíjas:		Kovács Alex	Kovács Anita	Petőfi Brigád Általános Iskola, Kúla, Szerbia
8. OSZTÁLY	1	Gyetvai Miklós	Rubóczky György	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium
	2	Csaplár Viktor	Horváth Fél Szilvia, Horváth Katalin, Pósa Lajos	Selye János Gimnázium, Rév-Komárom, Szlovákia
	3	Hámori Janka Franciska	Tigyí István	Szegedi Radnóti Miklós Kísérleti Gimnázium
Határon túli különdíjas:		Csaplár Viktor	Horváth Fél Szilvia, Horváth Katalin, Pósa Lajos	Selye János Gimnázium, Rév-Komárom, Szlovákia
Dr. Urbán János-küldöndj a legszebb nem geometriai megoldásért		Schubert Bálint (5. osztály)	Lovas Zoltán	PTE Gyakorló Általános Iskola, Gimnázium és Szakgimnázium Deák Ferenc Gimnáziuma és Általános Iskolája, Pécs
Dr. Reiman István-küldöndj a legszebb geometriai megoldásért		Hervay Bence (8. osztály)	Rubóczky György és Pósa Lajos	Budapesti Fazekas Mihály Gyakorló Általános Iskola és Gimnázium

A XXVII. Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása és verseny szabályzata

Útmutató a diákpályázat benyújtásához

A Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat diák-cikkpályázatán indulhat bármely középfokú iskolában 2017-ben tanuló vagy végző diák, hátaírainkon belülről és túlról.

A pályázat kétfordulós.

Első forduló:

Az előválogató színhelye a diákcikk-pályázatokat benyújtó iskola. Időpontja: 2017. október 25.

Második forduló:

A döntőbe került pályázatok zsűrizésének színhelye a Természet Világa folyóirat szerkesztősége. Időpontja: 2018. február 15-ig.

A pályázat terjedelme **8000–20 000 betűhely** (karakterszám, szóközökkel együtt), tetszőleges számú illusztrációval. A kéziratot három kinyomtatott példányban kérjük. A nyomtatott változattal együtt a pályázatot **CD-n** (vagy DVD-n) is kérjük, a szöveget Word formátumban, a képeket, ábrákat külön fájlban (JPG vagy TIFF).

A pályázat tartalmazza készítője nevét, lakcímét, e-mail-címét, telefonszámát, iskolája pontos címét irányítószámmal együtt és felkészítő tanára nevét és elérhetőségét. A helyi (iskolai) fordulón továbbjutó dolgozatok benyújtásának (postai feladásának) határideje mindegyik kategóriában **2017. október 31.** A pályázat beadható személyesen (1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.), vagy postán (1444 Budapest, 8. Pf. 256.).

A PÁLYÁZAT FELTÉTELEI

1. Alapvető követelmény, hogy a cikkek olvasmányos, stilisztikai és helyesírási szempontból kifogástalanok legyenek. Kérjük a felkészítő tanárokat, sziveskedjenek e tekintetben is útmutatást adni ta-

nítványaiknak. Ne feledjék, hogy a diákpályázat cikkírói pályázat is, ezért a dolgozatokat úgy kell megírni, hogy annak tartalmát a természettudományok iránt érdeklődő, de a témában nem járatos olvasók is megértsék. A pályamunkák végén kérjük a felhasznált irodalmat és forrásmunkákat megjelölni. A szó szerinti idézetek forrásának fel nem tüntetése etikai vétség, és a dolgozatnak az értékelésből való kizárásával jár.

2. A pályázatokat a szerkesztőbizottságból, a szerkesztőségből és szakértőkből felkért bizottság bírálja el.

Díjazás:

1 db I. díj

2 db II. díj

3 db III. díj.

A díjazottak értékes jutalomban részesülnek.

A zsűri döntésével több, arra érdemes írásra különdíj is kiadható.

A pályázat díjait 2018 márciusában adjuk át a nyerteseknek, akiknek nevét folyóiratunkban és honlapunkon közzé tesszük. A bírálóbizottság által színvonalasnak ítélt írásokat 2018-ban lapunkban folyamatosan megjelentetjük. A kiemelkedő pályamunkák diák szerzőinek a feldolgozott témában történő további elmélyüléséhez szerkesztőbizottságunk tagjai és más felkért szakemberek nyújtanak segítséget. Kérjük tanár kollégáinkat, hogy tehetséges diákjaikat bátorítsák a pályázatunkon való részvételre, s tanácsaikkal nyújtsanak segítséget a témák kidolgozásához és feldolgozásához.

PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

Természettudományos múltunk felkutatása

1. Az iskolájához vagy lakóhelyéhez, környezetéhez kapcsolódó jelentős múltbeli tudós személyiségek – például tanárok, az

iskola volt növendékei, akikből neves természettudósok lettek – életútjának, munkásságának bemutatása (eredeti dokumentumok felkutatásával és felhasználásával). Évfordulós pályázatunkra szívesen várunk dolgozatokat a 2017. év neves évfordulós személyiségeiről is.

2. A dolgozat írójának tágabb környezetéhez kapcsolódó tudományos vagy műszaki intézmények története, tudóstársaságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával.

3. A természet- és műszaki tudományok valamelyik ágában tárgyi emlékek bemutatása (laboratóriumi kísérleti eszközök, régi tudományos könyvek, régi tankönyvek, kéziratban maradt leírások, muzeális ritkaságok, ipari műemlékek – hidak, malmok, bányák –, vízügyi emlékek, botanikus kertek, csillagvizsgálók stb.).

Díjazás:

1 db I. díj

2 db II. díj

3 db III. díj.

A díjazottak értékes jutalomban részesülnek.

A zsűri döntésével több, arra érdemes írásra különdíj is kiadható.

Önálló kutatások, elméleti összefoglalók
Önálló kutatáson a természeti értékek, jelenségek megismerése érdekében a diák által végzett kutatások bemutatását értjük. Előnyben részesülnek az egyéni, fiatalos, önálló gondolatokat, innovatív megközelítéseket tartalmazó, élvezetes és szakszerű beszámolók.

Az elméleti összefoglalóknak is önálló kutatásokon kell alapulniuk. Azoknak javasoljuk, akik örömmel mélyednek el a rendelkezésükre álló megbízható és naprakész adatok végeláthatatlan tárházában, és képesek onnan elővarázsolni, bemutatni a Természet Világa olvasóinak a tudomány újdonságait.

A sikeres pályázat feltétele, hogy a pályázók a könyvtárakban, a világháló révén, a laboratóriumi-gyakorlati látogatások alkalmával és más módon szerzett értesüléseiket a származás pontos megjelölésével forrásként használják fel, és ott kerüljék el a saját alkotás látszatát. Kérjük, hogy a diákok és a felkészítő tanárok a Természet Világát tekintsék a dolgozat első nyilvános megmérettetési lehetőségének.

Ebben a kategóriában *biofizikai-biokibernetikai* témájú dolgozatok különdíjban részesülhetnek, ezzel *Varjú Dezső* (1932–2013), a magyar származású biofizikus, a Tübingeni Egyetem egykori biokibernetika tanszékének (emeritus) professzora, folyóiratunk segítője emlékét ápoljuk.

A kultúra egysége különdíj

A *Simonyi Károly* (1916–2001) akadémikus által alapított különdíjra a 2017-ben középfokú intézményekben tanuló magyarországi és határainkon túli diákok pályázhatnak. Ez a különdíj a kiíró szándékai szerint a humán és a természettudományos kultúra összefonódását hivatott elősegíteni. Olyan pályamunkákat várunk elsősorban, amelyek egy természettudományos eredmény és valamilyen művészi alkotás vagy humán tudományos eszme közti kapcsolatot tárják fel. Megmutatkozhatnak ezek akár egy alkotó életében, akár egy gondolat kialakulásában.

Ajánlott témák:

1. Az európai kultúra egysége egy magyar művész vagy tudós életművében.
2. Kísérletek a művészi hatás, a művészi élményadás és a fizikai–matematikai törvényszerűségek kapcsolatának felderítésére (festészet–színelmélet, szobrászat–statika, zene–matematika, építészet–fizika, kémia, biológia stb.).
3. Egy huszadik századi polihisztor. Olyan, már nem élő ember életének és munkásságának bemutatása, akinek tevékenységében, illetve műveiben megvalósult a kultúra egysége. Érdeemes külön figyelmet fordítani a természettudományok történetének kutatóira, valamint azokra, akik születésének vagy elhunytának centenáriumáról is megemlékezhetünk az adott évben.

A három ajánlott kérdéskörön túl a fiatalok természetesen bármely más önállóan választott témával is pályázhatnak. Az egyéni ötleteket, a jól kivitelezett új kezdeményezéseket a bírálóbizottság örömmel veszi.

A feldolgozás módját, a pályamű tartalmát és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

A kultúra egysége különdíjra pályázókra egyebekben a Természet–Tudomány Diákpályázat pontokba foglalt feltételei érvényesek.

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj, valamint a zsűri döntésével több, arra érdemes írásnak különdíj is kiadható.

Matematikai különdíj

A különdíjra az alábbi irányelvek vonatkoznak:

A középiskolások pályázhatnak bármilyen, a matematikával kapcsolatos önálló vizsgálódással. Itt nem valamilyen új tudományos eredményt várunk, hanem olyan egyéni módon kigondolt és felépített ismeretterjesztő dolgozatot, amelyben a pályázó elemző áttekintést ad az általa szabadon választott témakörből.

Néhány javasolt téma:

1. Egy ismert vagy újonnan kitalált játék matematikai háttere.
2. Önálló kérdésfelvetés, sejtések megfogalmazása és ezek „jogosságának indoklása”.
3. Egy matematikai módszer vizsgálata és alkalmazása egymástól távol eső területeken.
4. Váratlan és érdekes összefüggések, és ezek magyarázata.
5. A matematika valamely kevésbé ismert problémájának a története.
6. Variációk egy témára: egy feladat vagy tétel kapcsán a kisebb-nagyobb változtatásokkal adódó problémacsalád vizsgálata.
7. Legnagyobb, legérdekesebb matematikai élményem, történetem (órán, versenyen, olvasmányaimban, előadásban stb.).

A leírtak csak mintául szolgálnak, a pályázók teljesen szabadon választhatják meg a feldolgozás keretét és módszerét, a pályamű tartalmát és formáját egyaránt. A bírálóbizottság örömmel vesz minden egyéni ötletet és kezdeményezést.

Fontos, hogy a dolgozat stílusa színes, olvasmányos legyen, és megértése ne igényeljen mélyebb matematikai ismereteket.

Martin Gardner (1914–2010) amerikai szakíró, a matematika kiváló népszerűsítőjének emlékét őrzi ez a különdíj.

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj.

Ebben a kategóriában különdíjban részesülhetnek azok a dolgozatok, melyek arra mutatnak rá, hogy a természettudományok területén milyen segítséget

nyújthat a számítógép, a számítógépes szimuláció. Ebben a különdíjban a diákpályázat más kategóriáiban benyújtott dolgozatok is részesülhetnek, olyanok, amelyek számítógépes alkalmazásokat mutatnak be, számítógépes szimulációt használnak. A különdíj *Nicholas Metropolis* (1915–1999), görög származású amerikai elméleti fizikus és matematikus, folyóiratunk segítőjének emlékét őrzi.

Orvostudományi különdíj

Az orvostudomány témakörében a következő irányelvek alapján lehet pályázni.

1. Pályázhatnak a középiskolák tanulói önálló, másutt még nem publikált tanulmányokkal, amelyeknek az orvostudomány múltját és jelenét, nagyjainak életét és életművét, az orvostudománynak az egyéb tudományokhoz való viszonyát, eszközeinek fejlődését vagy bármely más idevágó, az orvosi tevékenység művészeti megjelenítését (szépirodalom, festészet, film, tévéfilm és sorozatok) és annak elemzését, szabadon választott témakört dolgoznak fel, akár hazai, akár külföldi vonatkozásban.

2. A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az egyéni megközelítésű, elmélyült bűvárkodásra utaló, olvasmányosan megírt pályaművek.

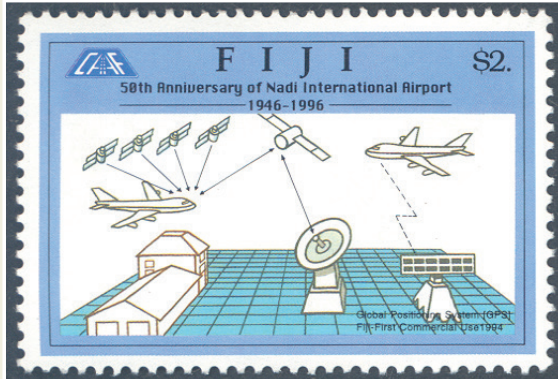
3. A cikk feldolgozásának módját és formáját a pályázók szabadon választhatják meg.

4. Semmelweis születésének 200. évfordulója alkalmából a *Semmelweis Egyetem* különdíjakat ad át Semmelweis életével, tudományos munkásságával, tanainak elfogadottá válásával, előzményeivel és következményeivel foglalkozó, egyéni megközelítésű és általános érdeklődésre számot tartó következtetéseket tartalmazó tanulmány készítőinek. Előnyben részesülnek azok a pályázatok, melyek az ismert életrajzi adatok összefoglalásán túl saját gondolatokat, következtetéseket tartalmaznak jól fellépített és szerkesztett olvasmányos mű formájában. Semmelweis életének és kutatásainak vizsgálatán túl pályázni lehet Semmelweis munkásságát megelőző, vagy követő, de annak szerves részét képező tudományos, társadalmi, pszichológiai stb. kérdéseket analizáló művel is.

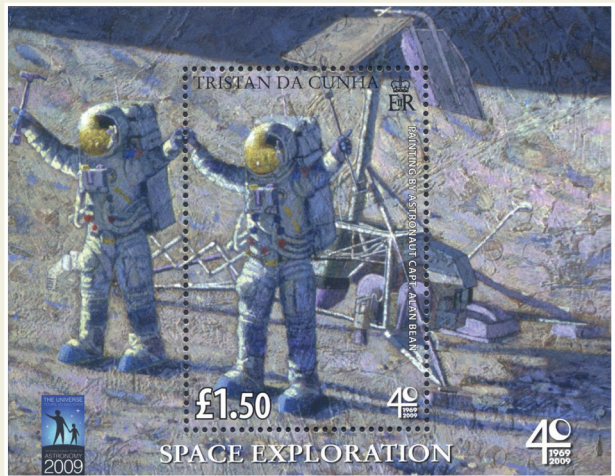
Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj, valamint a zsűri döntésével több, arra érdemes írásnak különdíj is kiadható.

A Természet–Tudomány Diákpályázat pályázat kiírását a Természet Világa számaiban közöljük, illetve olvashatók a folyóirat honlapján is.

Űrfotók a bélyegen



Az első GPS-bélyeg: 50 éves a nadi repülőtér (1996 – Fidzsi-szigetek)



Az Apollo-12 űrhajósi és a Surveyor-3 (2009 – Tristan da Cunha)



Az asztrofizika és az űrfotózás első filatéliai megjelenésével egy éppen háromnegyed százada kiadott hatcímletes mexikói sorozaton találkozhatunk: az Orion-béli Lófej-köd, egy teljes napfogyatkozás, spirálgalaxis a Vadászek csillagképben (M51), a Sombrero-galaxis (M104) oldalnézetből, a Lyra-gyűrűsköd (M57), valamint a Hertzsprung–Russell-diagram látható a címleteken (1942 – Mexikó, Asztrofizikai sor)



Az utóbbi időben számos látványos, színes asztrofotós címlet került forgalomba (2011 – Németország, Plejádok és Lófej-köd; 1992 – Ausztrália, NGC 2997 – spirálgalaxis; 2000 – Egyesült Államok, Tojás-köd)



A Föld egyes tájairól űrfotók is készülnek, ezek között igen mutatósak is akadnak bélyegen. Például a trópusi szigetvilágot most már nem csak a földi paradicsomot megjelenítő arcáról ismerhetjük (1992 – Francia Polinézia, Tahiti és Bora Bora)

Planetáriumok világszerte

A világ jelenlegi legnagyobb planetáriumi vetítőtermével rendelkező nagojai „Brother Earth Planetárium” gigantikus gömbje. Mellette mindkét oldalon az épületet kívülről burkoló élő „csillagkert” fala látható



Planetárium a hegycsúcson: A Pic du Midi csillagvizsgáló régebbi, ma már használaton kívüli kupolája alatt alakították ki a vendégváró planetáriumot



A chicagói Adler Planetárium lebilincselő épülete (tervezte Ernest Grunsfeld, 1930-ban)



A valenciai planetárium különleges épülete a hossz tengely irányából



A vancouveri (Kanada) MacMillan Space Center épülete

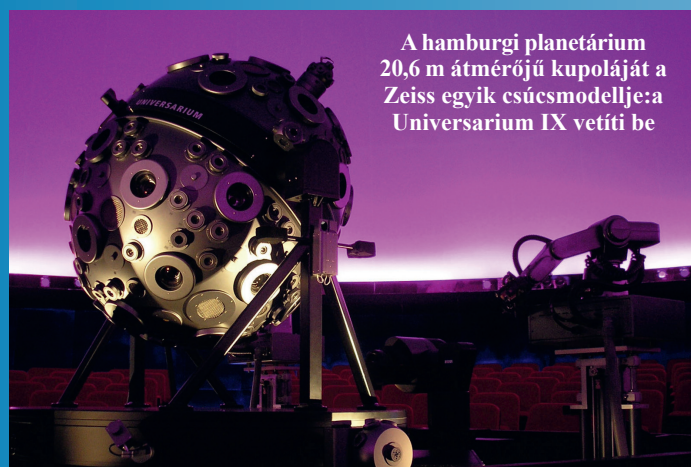
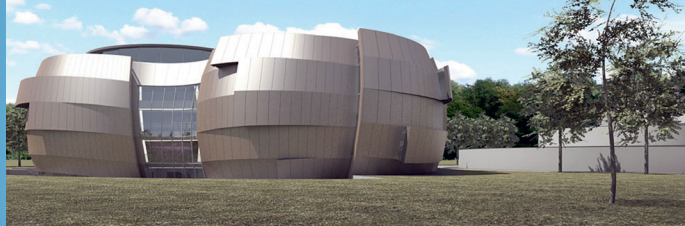


A valenciai (Spanyolország) l'Hemisféric planetárium éjszakai képe – egy fantasztikus szem...

A San Franciscó-i (USA) Morrison Planetárium zöldtetős épületegyüttese



Az egyik legújabb európai planetárium-csoda: az ESO garchingi (Németország). Működését 2018 tavaszán kezdi meg



A hamburgi planetárium 20,6 m átmérőjű kupoláját a Zeiss egyik csúcsmodellje: a Universarium IX vetíti be

(Az NKA 2011/3/255 sz. pályázat támogatásával.)

nka

Nemzeti Kulturális Alap

