

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

150. évf. 2. sz.

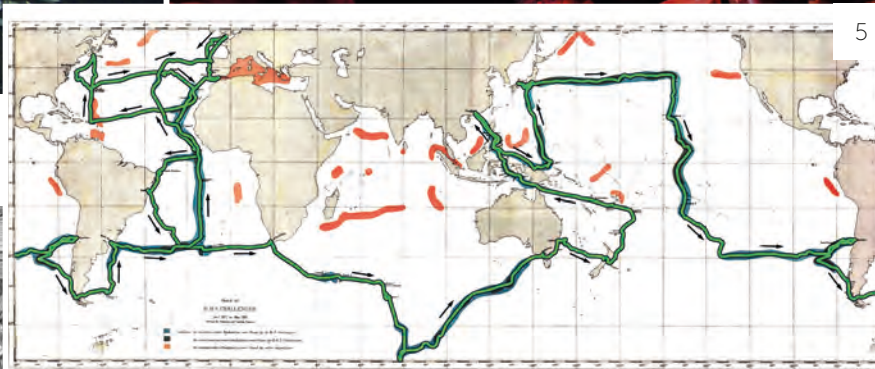
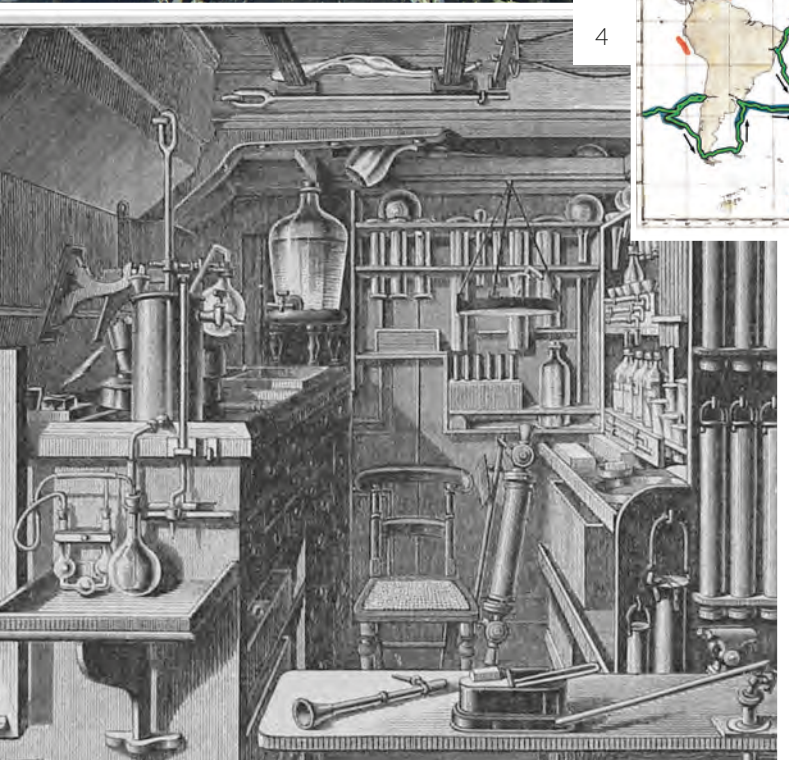
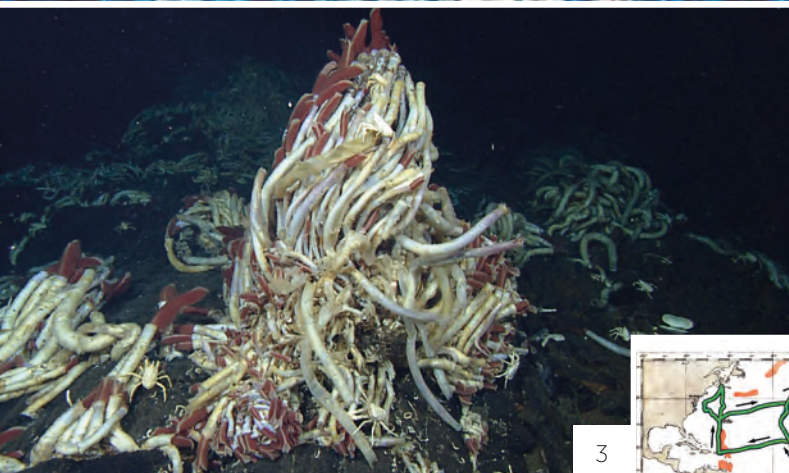
2019. FEBRUÁR

ÁRA: 800 Ft

Előfizetőknek: 670 Ft

NEMI KÜLÖNBSÉGEK A GYÓGYSZERELÉSBEN
SEGNER-KERÉK: ELMÉLET ÉS GYAKORLAT
A HADRONOK ÉPÍTŐKOCKÁI
JÉGBEFAGYOTT EXPEDÍCIÓ
VISSZAVADÍTOTT TÁJ
A MÉLYSÉG TITKAI





A mélyóceán kutatása

1. Az óceánok vize több szén-dioxidot köt meg, mint azt korábban feltételezték (Forrás: phys.org)
2. A tengeralattjáró belsejében a kutatók számtalan műszerrel irányítják a műveleteket (Fotó: Andreas Teske)
3. A Guaymas-medence aljzata rendkívüli biológiai sokféleséget rejt (Forrás: mbari.org)
4. A HMS Challenger kutatóhajót többek között kémiai laboratóriummal is felszerelték (Forrás: euhsd.org)
5. A HMS Challenger 1872-től 1876-ig tartó expedíciójának útvonala (Forrás: euhsd.org)



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR

TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
150. ÉVFOLYAMA

2019. 2. sz. FEBRUÁR
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



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

Főszerkesztő: GÓZON ÁKOS

Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 06–1–327–8950, fax: 06–1–327–8969
E-mail-cím: szerkesztoseg@termvil.hu
Internet: termvil.hu

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

Kiadja a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06–1–327–8900

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: 06–1–327–8950
e-mail: info@termvil.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

- Ambrózy Gábor – Kiricsi Ágnes:** A német és az osztrák–magyar expedíciók tudományos eredményei – A sarki jég fogságában 50
- Lengyel Szabolcs:** Élőhely helyreállítás és természetvédelmi kezelés alföldi nyílt tájak védelmében – Egy táj visszavádítása56
- Takács Ádám:** A Yang-Mills elméletek tömegugrása – Hogyan építik fel a kvarkok a részecskéket?63
- Csaba György:** Nemi különbségek a gyógyításban és gyógyulásban – Nem vagyunk egyformák 68
- Kordos László:** 150 sor a tudományról a 150 éves Természet Világában – Majmom! Bízva bízzál!73
- Kovács László:** Az elméleti alapoktól a gyakorlati alkalmazásig – Segner-kerekek és vízimalmok76
- Babinszki Edit:** Az idegrendszer kóros izgékonyosságának lehangolására – Margit-sziget 82
- Dombi Margit:** Interjú Hegyi Péterrel – Célkeresztben a hasnyálmirigy 85
- FÖLDTUDOMÁNYI FIGYELŐ:** A mélység titkai – Ismert vizek ismeretlenje (**Szoucsek Ádám**) 91
- FOLYÓIRATSZEMLE (Landy-Gyebnár Mónika)**..... 94
- HÍREK (Landy-Gyebnár Mónika, Dulai Alfréd)** 96
- Címlapképünk:** Álnap (**Mike Hollingshead** fotója) – A sarki jég fogságában című cikkünkhöz
- Borítólapunk második oldalán:** A mélyóceán kutatása – Illusztráció az Ismert vizek ismeretlenje című cikkünkhöz
- Borítólapunk harmadik oldalán:** Erdélyi arcélek Tudósportré-válogatás a Lázár Imre székelyudvarhelyi bronzöntő mester műhelyének plakett gyűjteményét bemutató albumból
- Mellékletünk:** A XXVII. Természet – Tudomány Diákpályázat cikkei (**Bánhidi Dominik**): Egy kataklizmikus változócsillag: az AM Cassiopeiae)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ, BENCZE GYULA, BOTH ELŐD, CSABA GYÖRGY, 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-helyettes:

PÁSZTOR BALÁZS (pasztor.balazs@eletestudomany.hu; 06–1–327-8952)

Szerkesztők:

TEGZES MÁRIA (tegzes.maria@ termvil.hu; 06–1–327–8954)

LŐRINCZ HENRIK (lorincz.henrik@ termvil.hu; 06–1–327–8961)

NYERGES GYULA (nyerges.gyula@ termvil.hu; 06–1–327–8960)

SZOUCEK ÁDÁM (szoucsek.adam@ termvil.hu; 06–1–327–8951)

Tervezőszerkesztő: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:

DEME LÍVIA (info@termvil.hu; 06–1–327–8950)



A NÉMET ÉS AZ OSZTRÁK-MAGYAR EXPEDÍCIÓK
TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEI

A sarki jég fogságában

Idén lesz 150 éve, hogy 1869-ben az August Petermann vezette német expedíció megkezdte második északi-sarkkörüli kutatásait Grönland észak-keleti partvidékén. A kutatóút tagjai között ott volt Julius Payer is, az Osztrák-Magyar Monarchia tudós katonatisztje, aki további, az Arktiszra irányuló hajóutakon is jelen volt. 1872 és 1874 között Karl Weyprechtel együtt, immár az Osztrák-Magyar Monarchia lobogója alatt indult a sarkkör irányába. Az expedíció tagjai az *Admiral Tegetthoff* kutatóhajón, embert próbáló viszontagságokat túlélve fedezték fel Európa legészakibb szigetcsoportját, melyet Ferenc József-földnek neveztek el. Felfedezéseikről tudományos előadásokat tartottak, beszámolókat, illusztrációkat készítettek. Bár nem tartozott megfigyeléseik és kutatásuk fókuszába, de ezek között a leírások és metszetek között számos halójelenség ábrázolására is bukkanhatunk. E tünemények modern kori kutatása a XIX. század végi sarkvidéki expedíciók korabeli dokumentációjával lendült fel. A Payer és társai által megfigyelt halók között pedig olyan ritkán észlelt jelenséget is találhatunk, mely ezidáig egyáltalán nem kapott figyelmet, holott fontos állomása a légköroptikai kutatásoknak.



1. ábra. Julius Payer
(Fritz Luckhard fotója)

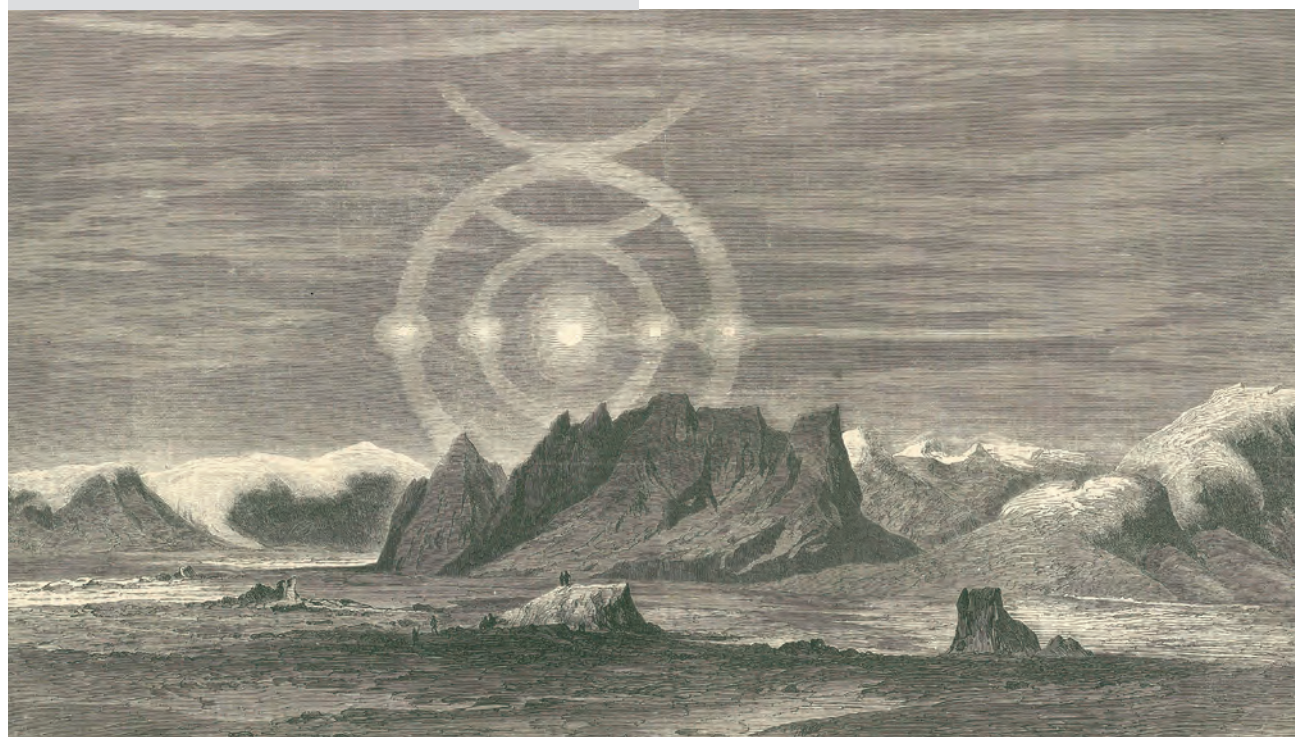
Julius Payer Bécsújhelyen járt katonakadémiára, majd Észak-Olaszországba vezényelték, ahol megismerkedett a hegymászással, és elkészítette első földrajzi leírásait. Az Alpok addig ismeretlen Adamello- és Presanella-csoportjainak térképezését végezte el [1]. Ezután a bécsi Katonai Földrajzi Intézet (Militärgeographisches Institut) alkalmazásába került, ahol térképészeti munkái felkeltették a második német északi-sarki expedíciót szervező neves térképész, Petermann figyelmét, és őt is elhívta a kutatóútra.

A második német északi-sarki expedíció

Ez a kutatás 1869. június 15-én indult: a *Germania* gőzsegédhajtású vitorlás kutatóhajón és a *Hansa* kísérőhajón összesen 28 fős sarkkutatókból és tengerészekből álló csapat hagyta el Brementhaven kikötőjét. A korabeli képes hetilap, az *Illustrirte Zeitung* már az expedíció kezdetén beszámolt az eseményekről. A lehetőségekhez képest, viszonylagos rendszerességgel igyekezett olvasóit tájékoztatni Payerék utazásáról, és hazaérkezésük után képekkel illusztrált sorozatban mutatta be kalandjaikat, és számolt be tudományos eredményeikről. E beszámoló sorozat lett annak az összefoglalónak az alapja, mely Payer később megjelent többszáz oldalas könyvének második részében olvasható [2]. Bő egy évvel azután, hogy a *Germania* vizsátért Bremerhaven kikötőjébe, az *Illustrirte Zeitung* 1871. december végi számában, az említett sorozat 9. részében látványos metszet jelent meg [3]. A folyóiratban közölt ábrázolások általában a kötetben is helyet kaptak, ez a metszet azonban onnan hiányzik. Az egész

oldalas kép feliratából megtudhatjuk, hogy eredetijét maga Payer készítette, és „melléknapokat” ábrázol a Dove-öböl felett. Miután 1869 telét a *Germania* legénysége a Sabine-szigeten kényszerült tölteni, tavasszal kutyaszános felfedezőutakat tettek, így érték el áprilisban utazásuk legtávolabbi pontját, a mai Shannon-szigettől északkeletre található Dove-öblöt (ész. $75^{\circ} 30'$). Bár a leírás csupán melléknapokat említ, a metszeten havas hegycsúcsok felett egy összetett halójelenség látható (2. ábra). Ma feltűnést kelt, hogy a jelenség pontos elnevezésével bajban voltak még maguk a kutatók is. Könyvében Payer legtöbbször csak melléknapokként (*Nebensonnen*) említi a legösszetettebb formákat is, de fontos hangsúlyoznunk, hogy e látványosságok kutatása és a terminológia bevezetése csak ekkortájt, a sarkvidéki expedíciók idejével kapott lendületet. Az illusztráción a Napot 22° -os haló veszi körül, két oldalán egy-egy kifényesedéssel, melyek 22° -os melléknapoknak felelnek meg. A 22° -os halón kívül egy másik, jóval nagyobb kört is láthatunk, rajta szintén két melléknapnak tűnő világos folttal. Nagy valószínűséggel ez a felső és alsó oldalív lehet (más néven 46° -os oldalívek), a kifényesedések pedig e két halóforma metszéspontjai, melyek ugyan a valóságban nem ilyen feltűnők, de korai halóábrázolásokon gyakorta így jelenítették meg őket. A képen homorú ívek is láthatók: vélhetően a zenitkörűl és a felső érintőív. A metszethez tartozó cikk nem tér ki részletesen a légköroptikai jelenség ismertetésére, annyit azonban megemlít, hogy a melléknapokat a felsőbb légrétegekben lévő jégkristályokon megtörő napfény hozza létre, és néha dupla kör és színes ívek is megjelenhetnek az égen, sőt, akár egy Napból induló vízszintes vonal is (amit ma parhélikus kör néven ismerünk). Ezután az *Illustrirte Zeitung* már csak a jelenség színeiről számol be, ám a megfigyelés

2. ábra. Halójelenség a Dove-öböl felett
(*Illustrirte Zeitung*, 1871. december 30.)



körülményeiről nem olvashatunk bővebben. Érdekes módon Payer könyvében ugyanez a leírás oldalakkal megelőzi a Dove-öbölbe való érkezésükről szóló elbeszélést, így a tünemény észlelése ott nem kapcsolódik közvetlenül össze ezzel a helyszínnel.

A Grönland keleti részén fekvő Ferenc József császár-fjord felfedezésén túl az 1869-ben indított hajóút jelentősebb eredménnyel nem járt, mindazonáltal Payer számára fontos vállalkozás volt, hiszen az itt szerzett tapasztalatait eredménnyel tudta kamatoztatni az általa és Weyprecht sorhajókapitány által irányított 1872-1874-es osztrák-magyar északi-sarkkörüli expedíció alkalmával. Weyprecht egyébiránt szintén természet-tudós és katona volt, — az Adria dalmát partvidékeinek feltérképezésében vállalt feladatokat — és haditengerészeti parancsnoka lett az expedíciónak, míg Payer szárazföldi parancsnokként teljesített szolgálatot [4].

Az 1871-es előkészítő út

Ezt az 1872-es utat alaposan megtervezték: egy évvel az indulás előtt egy előexpedícióban az *Isbjørn* fedélzetén behajózták a Novaja Zemlja vidékét, ahol megvizsgálták a Barents-tenger áramlatait. Weyprecht feltételezte, hogy nyáron és ősszel az Ob és a Jenyiszej beömlése átmelegíti annyira a Spitzbergák és a Novaja Zemlja közti tengert, hogy az hajóval járhatóvá válik. Támogatást kapott a már említett német tudós sarkkutatótól, Petermanntól, az Osztrák-Magyar Hadügyminisztérium Tengerészeti Osztálya fegyvereket, hajózási felszereléseket, a Bécsi Tudományos Akadémia pedig hőmérőket és egyéb mérőműszereket bocsátott az expedíció rendelkezésére. A hajózási tapasztalatok alapján megállapították, hogy a vizsgált tengeri szakasz a Spitzbergák és Novaja Zemlja között gyengén jeges, zajló jég között segédmeghajtással felszerelt hajóval hajózható az év bizonyos időszakában [5].

Az osztrák-magyar északi-sarki expedíció: 1872-1874

Ezek az eredmények, melyek felcsillantották ennek az északi hajózási útvonalnak a lehetőségét, felkeltették mind a tudományos világ, mind a hajózásban, bálnavadászatban és egyéb halászatban érdekelt vállalkozók érdeklődését. Österreichisches Nordpolverein néven egyesületet alapítottak és pénzgyűjtésbe kezdtek. Habár a monarchia hadserege is támogatta a vállalkozást, az azt fedező kiadásokra javarészt közadakozásból gyűlt össze a pénz. Ennek jelentős részét, Johann Wilczek gróf, sarkkutató, tudományos mecénás vállalta magára. Továbbá

vállalta, hogy egy hajóval kíséretként követi az expedíciót, és a Nassau-foknál élelmiszer- és kőszénlerakatot alakít. Az összegyűlt több mint 200 000 ezüst forintnyi alapból Bremenhavenben, Weyprecht személyes felügyelete mellett megépítették az *Admiral Tegetthoff* háromárbcos szkúnert, melyet kiegészítő gőzmeghajtással is elláttak. A csavargózós csupán a gőzmeghajtásra támaszkodva 5-6 tengeri mérföldnyi utat tudott megtenni óránként.

Payer hivatkozott művében közli a teljes legénység névsorát. Innen tudhatjuk, hogy huszonnégyen indultak útnak. A legénység javarészt horvát matrózokból állt, de volt köztük tiroli származású is, aki a kutyákra felügyelt — hiszen vittek magukkal nyolc szánhúzó kutyát — és egy magyar is szerepel a listán, Kepes Gyula hajóorvos, akinek a növény- és állattani gyűjtés is a feladata volt [6]. A *Tegetthoff* a hosszás előkészület után 1872. június 13-án indult útnak Bremenhaven kikötőjéből, és július 3-án értek Tromsøbe, ahol kiegészítették köszönköszletüket, megkapták utolsó leveleiket otthonról, és felvettek egy, a jeges vizeken való hajózásban jártas norvég hajóst, Carlsen kapitányt. Útközben találkoztak Wilczek gróffal, aki már visszatérőben volt a Nassau-foktól, ahol létrehozta a lerakatokat.

Augusztus közepén tőszerű jégzárlatba került a *Tegetthoff*, és Wilczek hajója az *Isbjørn*, melyből még képesek voltak egy pár nap múltán kiszabadulni. Wilczek délfelé, a Bolvanszki-öböl felől a Pecsora és Isma folyókon hazatért, míg Payer és Weyprecht északnak indultak tovább, és közel két évre eltűntek [7]. A jég

3. ábra. Claudia Hinz fotója a Payer által ábrázolthoz hasonló halóról



teljesen körbezárta őket, és többé a *Tegetthoff* nem került vízre, bárhogy próbálták kiszabadítani a hajót. Egy úszó jégtáblába ékelődve a legénységgel együtt Novaja Zemlja északi partjai felé sodródtak, és néhány madáron kívül nem láttak élőlényt.

A jég fogságában

Egy évig sodródtak így. Payer leírja hogyan teltek napjaik: megünnepelték Ferenc József névnapját, fókára, jegesmedvére vadásztak, és folyamatos rettegésben éltek az alattuk hasadozó, olykor a befagyott hajótestet öszszerozpantással fenyegető „jégrengetések” miatt. A hajó a tél folyamán teljesen befagyott és eldeformálódott a jég szorításában. A hosszú éjszakák és a mínusz 20-30 fokos hidegben Kepes Gyula hajóorvos segítsége nélkül nem maradhattak volna életben. Ebből az időszakból Payer gyakran beszámol halójelenségek észleléséről, és ezekről több kisebb-nagyobb metszet is készült. Bár e légköri látványosságok biztosan lenyűgözték őt és társait, továbbra sem álltak tudományos kutatásaik előterében. Megfigyelésük általában arra korlátozódott, hogy közelgő rossz idő előjelét lássák bennük. Mint 1872 októberében írja: „*ahogy kiszolgáltatottan észak felé sodródtunk, Novaja Zemlja partjai lassan eltűntek szemünk elől. Ezidáig közel voltunk a szárazföldröz, mely kerek hegyeivel és gleccserekkel telt völgyeivel olyan volt, mint egy miniatúr alpesi táj. Szinte naponta melléknapok óriási fényes ívei látszódtak felette: a viharos idő és nagy hóesések szokásos előjele*” [8].

Ahogy teltek a hónapok, a halójelenségek, bármilyen szemet gyönyörködtető is, a mindennapjaik részévé váltak. Mivel megjelenésükkor az időjárás rosszabbodására



4. ábra. A Tegetthoff hajó befagyva
(Metszet Julius Payer könyvéből)

számítottak, a melléknapok, színes ívek és körök gyakran csak az elszigeteltség-érzésüket és magányukat fokozták. A hosszú sarkvidéki éjszakák jellegzetes képe lehet az a metszet, melyen az eget egy holdhaló uralja, távolban pedig a jégbe fagyott, irányíthatatlanná vált hajó vesztegel (5. ábra) [9]. „*A Hold hatalmas halóval körülvéve állt, és megvilágította lakhelyünk szörnyű magányát, távol minden embertől*” jegyezte fel Payer [10]. Talán ezt a resignált állapotot az példázza legjobban, mikor a félév elteltével és a hosszabbodó nappali világosság ellenére is csak ennyit írt a feltehetően egyik legkülönlegesebb általuk észlelt jelenségről: „*már nem elégített ki és szórakoztatott minket a melléknapok látványa, annak ellenére sem, hogy akárcsak április 1-én, a jelenség 8 nappal is feltűnt. Belőlük kettő 95 foknyira volt a normál melléknapoktól, és ezenkívül az egyik gyűrűből elhúzódva és a valódi Napból elnyúlva volt még egy vízszintes fénycsík is*” [11]. Minden bizonnyal a vízszintes fénycsík ebben az esetben is a fehér színű parhélikus kör lehetett, akárcsak az *Illustrierte Zeitung* 1871. december 30-án kelt cikkében. A leggyakrabban észlelt melléknapokon kívül pedig (melyek 22°-ra vannak a Naptól) úgynevezett 120°-os melléknapokat is megfigyelhettek, melyek a Naptól való távolságukról kapták nevüket. A *Tegetthoff* legénysége ekkor még nem sejtette, hogy a sarkvidéki nyár sem elég ahhoz, hogy hajójuk kiszabaduljon a jég fogságából. Még egy évet kellett tölteniük embertelen körülmények között a hideg északon, de végül ez az időszak tartogatta számukra a legnagyobb felfedezéseket, és hozta el a későbbi legnagyobb elismerést.



1873. augusztus 30-án szárazföldre ért a sodródó jégtábla. Payer vezetésével szánokon és kutyákkal elindultak az immár Ferenc József-földnek elkeresztelt terület – valójában szigetcsoport – felfedezésére, és jelentős részét bejárták Európa legészakibb szárazulatainak. Az *Illustrirte Zeitung* 1875. május 1-i számában megjelent metszet (6. ábra) azt ábrázolja, mikor a csapat elérte kutatóútjuk legészakibb pontját, az osztrák-magyar trónörököséről elnevezett Rudolf-szigetet (ész. $80^{\circ} 46'$) [12]. A hatalmas sziklák háttérében különös égbep látszik: a felhők között két közvetlenül egymás felett elhelyezkedő nappal. A hetilap egy teljes hasábot szentel a Payer által készült vázlatok méltatásának, illetve a festményeknek, melyeket ezek alapján Adolf Obermüller alkotott, de a képen látható meglepő látvány alig kap hangsúlyt. Bár a jelenséget Payer ábrázolásra méltónak ítélte, a megfigyelésről nem írt sokat a könyvében, csupán annyit közölt, hogy az észlelésekor az eget vastag felhők borították, a második nap pedig némileg „fakóbb”-nak látszott az elsónél [13].

A leírás ugyan rövid, ám a hozzá tartozó metszettel együtt olyan megfigyeléssel gazdagította a tudományos világot, melynek jelentőségére eddig nem figyeltek fel. A jelenséget dupla nap, vagy álnap néven ismerjük, és bár ma is ritkán fotózott, és kevés figyelmet kap, érdekes módon egy viszonylag gyakori haló, a naposzlop (holdoszlop, fényoszlop) egy része. A naposzlop, egy olyan függőleges fénypászma, mely alacsony napállásakor, a Nap felett vagy alatt tűnhet fel az égen. Kiterjedése általában $5-10^{\circ}$, de kedvező körülmények között lehet ennél hosszabb is, sőt, akkor is észlelhetjük, ha a fényforrás a horizont alatt helyezkedik el. Létrejöttét a



5. ábra. Holdhaló és a jégbefagyott Tegetthoff
(Metszet Julius Payer könyvéből)

magas szintű felhőket – valamint olykor a talaj közelében kialakuló gyémántpor jelenséget – alkotó hexagonális lapkristályokon visszatükröződő fénynek köszönhetjük. Ha e kristályok nagyjából vízszintesen orientáltak, illetve kissé megdőlvé sodródznak a levegőben, parányi tükrökként vetítik a Nap fényét az atmoszférára. Minél nagyobbak a kristályok, annál feltűnőbb a naposzlop. A Payer által ábrázolt, és a valódi Napra megtévesztésig hasonló álnap akkor keletkezik, ha a kristályok Stratocumulus vagy Altocumulus

6. ábra. Álnap. Kap Säulen (Oszlop-fok)
(Illustrirte Zeitung, 1875. május 1.)



felhők virgájából hullanak, és ha a Napot kitakarja a felhő széle (bár ez utóbbi nem fontos feltétel). Mivel épp úgy néz ki, mint az igazi Nap, könnyen becsaphatja az észlelőt, de az álnap az égitest felett vagy alatt jelenik meg a jeges virgán.

Elsőként Giovanni Cassini, itáliai származású matematikus, asztronómus és mérnök figyelte meg és dokumentálta e jelenséget 1693. január 18-án. Auguste Bravais, francia fizikus pedig – aki a kristályok rácselméletéről szóló tanulmányával nagymértékben hozzájárult a halójelenségek megértéséhez – Cassinin kívül még négy embert említett, aki dupla napot látott [14]. Az osztrák-magyar északi-sarki expedíció megfigyelt álnap jelentősége abban rejlik, hogy ez az egyik legkorábbi ábrázolása: tudomásunk szerint az *Illustrirte Zeitung* 1875-ben közölt metszete Cassini és Bravais rajzai után a harmadik ismert illusztráció.

A hazaút

Az 1874-es tél beálltával Payer és társai elkezdték előkészíteni a hazautat. Lévé, hogy a *Tegetthoffot* kiszabadítani nem sikerült a jég fogságából, gyalogszerrel, szánkókon, csónakokat megpakolva és maguk után húzva indultak el délre 1874 májusában. Haladva a jégsivatagban,

mely előttük állt, csak reménykedni tudtak, hogy valahol elérik a nyílt tengert, és csónakokba szállva találkozhatnak egy hajóval, mely hazaviszi őket. A továbbra is északra sodródó jégtáblán dél felé haladva augusztusban érték el a tengert, és szerencséjükre pár nappal később találtak egy orosz bálnavadászhajóval, a *Nikolaj* nevű szkúnerrel, melynek segítségével hazajutottak.

Hazatérve számos tudományos előadásban ismertették az expedíció eredményeit, és a szélesebb publikum számára is – újságokban, gazdagon illusztrált könyvekben – bemutatták a kutatóút sikereit, kimenetelét, kalandjait, és népszerűsítették a sarkkutatót. A másfél századdal ezelőtt indult expedíciók, a kutatók kitartásának köszönhetően komoly eredményeket hoztak, a Ferenc József-föld felfedezésével pedig befejeződött az európai kontinens teljes leírása. Bár hangsúlyt igazán soha nem kaptak, de a beszámolóiban és képeken bemutatott halójelenségek szintén értékes megfigyelésekkel, és egy különösen ritka észleléssel gazdagította a tudományos világot. Payer és csapatának története bepillantást nyújt a sarkkutatózás valódi hőskorszakába.

AMBRÓZY GÁBOR – KIRICSI ÁGNES

IRODALOM

Nyitókép: Julius Payer: *Nie zurück*, olaj, vászon, Heeresgeschichtlichen Museum, Bécs

- [1] Nagy Miklós Mihály: Világjáró osztrák-magyar haditengerészek, *Honvédségi Szemle*, 2003/2, 105.
- [2] Julius Payer: *Die österreichisch-ungarische Nordpol-Expedition in den Jahren 1872-1874, nebst einer Skizze der Zweiten Deutschen Nordpol-Expedition 1869-70 und der Polar-Expedition von 1871*, Bécs, 1876.
- [3] „Die zweite deutsche Nordpolexpedition.” IX. *Illustrirte Zeitung*, 1487, 1871. december 30, 503-504.
- [4] Nagy: ibid. 106.
- [5] Ternner Adolf: Payer és Weyprecht előzetes expedíciója, *Földrajzi Közlemények*, 1873, 208-216.
- [6] Julius Payer: ibid. 3.
- [7] Ternner Adolf: Az osztrák-magyar expedíció, *Földrajzi Közlemények*, 1873, 248-257. Ternner mint kortárs eddig ismerteti cikkében az expedíció részleteit, ezután csak reményeit fejezi ki a szerencsés kimenetelről.
- [8] Julius Payer: ibid. 33-34.
- [9] ibid. 45.
- [10] ibid. 47.
- [11] ibid. 112.
- [12] „Die österreichische Nordpolarexpedition in Bildern.” *Illustrirte Zeitung*, 1661, 1875. május 1, 331-332.
- [13] Julius Payer: ibid. 329.
- [14] Marko Riikonen: „Fake Sun.” *Submoon*. 2011. február 13.
<https://submoon.wordpress.com/2011/02/13/fake-sun/>

7. ábra. Álnap
(Mike Hollingshead fotója)





ÉLŐHELY-HELYREÁLLÍTÁS ÉS TERMÉSZETVÉDELMI KEZELÉS ALFÖLDI NYÍLT TÁJAK VÉDELMEBEN

Egy táj visszavadítása

Az ember változatos tájtalakító tevékenységei révén egyre nagyobb darabokat sajátít ki magának a Föld ökológiai rendszereiből. Ennek következtében eltűnnek, feldarabolódnak (fragmentálódnak) és leromlanak (degradálódnak) a természetes élőhelyek, mely a fajok visszaszorulásához, majd végső soron kihalásához vezet. A természetes élőhelyek fogyatkozása ezért a jelenben zajló biodiverzitás-krízis talán legfontosabb oka.

Az élőhelyek helyreállítása (restaurációja) elvileg ellensúlyozhatja ezt a folyamatot, azonban a restaurációs projektek térben és időben korlátozott kiterjedésűek, így jelenleg még nem okoznak érzékelhető pozitív változást. Nem véletlen, hogy az ENSZ és az EU is stratégiai céljai közé emelte az élőhelyek helyreállítását és célul tűzte ki a leromlott ökoszisztémák legalább 15 százalékának helyreállítását 2020-ig.

A helyreállításnak legalább három szintje lehetséges az élőhelyek állapotának függvényében. A szűkebb értelemben vett *helyreállítás* (rehabilitáció) a részlegesen sérült, de természetes élőhelyekkel még valamilyen térbeli kapcsolatban levő rendszereknél alkalmazható a károsító hatások kiiktatásával és a regenerációs utak beindításával. A *felújítás* (rekonstrukció) a korábban létezett, de teljesen elpusztult rendszereknél indítható el akkor, ha a cél-élőhely kialakításában fontos abiotikus (geológiai, fizikai, kémiai) feltételek még adottak. A *létesítés* (kreáció) pedig a korábban az adott helyen nem létezett, de tájrendezési szempontok (pl. szennyezések felszámolása) alapján kívánatosnak ítélt új élőhelyek kialakítását jelenti (pl. rekultiváció erdők telepítésével). A restaurációs beavatkozások elméleti háttérével és gyakorlati megvalósításával kapcsolatos ismeretekkel a *restaurációs ökológia* tudományterülete foglalkozik.

A restaurációs ökológia ismeretanyagának túlnyomó része a növényfajok telepítésével, a kialakuló növényzet (vegetáció) fejlődésével, szukcessziójával és ennek befolyásolási módjaival (kezelésével) kapcsolatos ismereteken alapul. Jól kevesebbet tudunk arról,

hogyan változnak az állatközösségek a restaurációs beavatkozások hatására. Ennek egyik legfőbb oka, hogy a restaurációk térben és időben is korlátozottak, azaz nem adnak lehetőséget a nagyobb mobilitással rendelkező állatok, különösen a gerinces fajok válaszainak vizsgálatára. A legtöbb európai vizes élőhely-rekonstrukció például 1 hektár vagy az alatti területen valósul meg [1], mely nem teszi lehetővé például a madarak vagy akár a kételtűek megtelepedésével kapcsolatos kérdések tudományos igényű vizsgálatát. A természetes állatközösségek helyreállítási lehetőségeinek vizsgálata tehát csak nagy térbeli (és időbeli) léptékű projektek esetén lehetséges.

Jelen írásban egy nagy léptékű, táj-szinten végzett élőhely-restaurációs projekt állatfajokra gyakorolt hatásaival kapcsolatos eredményeinket mutatjuk be. A projekt különlegességét az adja, hogy a beavatkozások Európában egyedülállóan nagy, több száz hektáros területeken zajlottak. Emiatt alkalmunk volt feltenni olyan kérdéseket, melyeket a szokásos kisebb élőhely-restaurációs projekteknél nem, vagy csak nehezen lehet vizsgálni. A projekt céljai a táj természetességének növelése, a fenyegető hatások további csökkentése és a valamikori természetes tájszerkezet és tájdinamika visszaalakulásának elősegítése voltak. Egyszerűbben fogalmazva, a cél a táj visszavadítása volt, mely a Közép- és Kelet-Európában zajló termőterület-felhagyás (land abandonment) miatt a restaurációs ökológia és a biodiverzitás-védelem egyik ígéretes és nagy érdeklődésre számot tartó területe [2].

Tájtörténet és a helyreállítás szükségessége

Hazánk egyik első és legnagyobb területű élőhely-restaurációs programja a Hortobágyi Nemzeti Park „Egyek-Pusztakócsi mocsarak” nevű, több mint 4000 hektár területű tájegységében indult 1976-ban (**1. ábra**). Ez a Hortobágy, a Borsodi Mezőség és a Nagykunság között átmenetet mutató táj valaha a Tisza aktív árteré volt. Az egykori árvizek maradványai a mocsárrendszer keleti részén található övzátonysorok, a nyugati részen gyakori hordalék-lerakódások, a néhány méter magaságú löszhátak. A magasabb, víz által nem járt hátkon levő jó minőségű, általában réti csernozjom

károsodtak a természetes szegélyek, az átmeneti társulások, a beszántás miatt pedig eltűnt a rétzóna. A mocsarak a Hortobágy és környékének egykori vízi élőhelyeinek maradványait különböző mértékben degradálódott állapotban őrizték, és habár a kedvezőtlen változások megállításának lehetősége még biztosított volt, a nagy tűrőképességű fajok egyre gyorsuló fogyatkozása sürgőssé tette a helyreállítást [3].

A táji szintű rehabilitáció első lépéseként ezért a vizes élőhelyek, elsősorban a mocsarak helyreállítására került sor. Az 1976 és 1997 között zajló első ütem keretében vízpótló csatornarendszer épült, mely a Nyugati-főcsatornán keresztül ismét elhozta a Tisza vizét a mocsarakba. A beavatkozásnak köszönhetően a vizes



1. ábra. Az „Egyek-Pusztakócsi mocsarak” tájegység a Hortobágyi Nemzeti Park (zölddel jelölve) Egyek községtől délre és a 33-as főút nagy ívjétől északra levő, térben különálló része.
Forrás: Google Earth



2. ábra. Az Egyek-Pusztakócsi mocsarak tájegység (a Hortobágyi Nemzeti Park pirossal határolva) légifényképe a 2005 és 2008 között gyeprekonstrukción átesett egykori szántóföldek (folytonos vonal, zölddel a szikes, barnával a löszös területeket mutatjuk) és a célállapotú természetes-féltermészetes gyepek (szaggatott vonal, megegyező színekkel) feltüntetésével.
Forrás: Földmérési és Távérzékelési Intézet, Budapest.

talajokon kialakult löszpusztagyeppek jelentős részét már a középkorban felszántották és azóta is folyamatosan szántóként művelték. A mocsárrendszer a Tisza XIX. sz. közepén zajlott szabályozását követően szárazodásnak indult, melyet felerősítettek a XX. századi lecsapolások, meliorációs átalakítások. Az 1960-as évek végére a rétek kiterjedése legalább 50%-kal, míg a mocsarak kiterjedése mintegy 33%-kal csökkent. A mocsarak jelentős része kiszáradt, jellemző növényzetük a medrek legmélyebb pontjaira szorult vissza és eltűntek az érzékenyebb fajok, társulások és élőhelyek.

élőhelyek látványosan regenerálódtak és kiterjedésük megközelítette a Tisza szabályozása korában a II. katonai felmérés által rögzített állapotot [3;4].

Ezt követően a szárazföldi élőhelyekre irányult a figyelem. A szikes és löszös gyepek és a rétek fragmentációja mellett a legjelentősebb fenyegető hatások a szántóművelés során használt vegyszerek (műtrágyák, növényvédőszer) bemosódása, az ennek következtében fellépő tápanyag-feldúsulás (eutrofizáció), valamint az optimális kezelés (legeltetés) hiánya és területi egyenlőtlenségei voltak. A mocsarak esetén a rendszeres

vízpótlás és nádatartás okozott gondot, melyek hatására a növényzet sokfélesége lecsökkent és egyveretű nádasok alakultak ki, azaz a vizes élőhelyek jelentős mértékben homogenizálódtak.

Természetvédelmi beavatkozások

A Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatósága (HNPI) a tájrehabilitáció második ütemében a szántók területének csökkentését, a gyepterületek rekonstrukcióját valamint a már rehabilitált mocsarak további természetvédelmi kezelését tűzte ki célul. A végső cél egy olyan,



3. ábra. Az őszi magvetést követő tavasszal jól csírázott és hajtott a veresnadrág csenkesz (*Festuca pseudovina*) a szikes gyepesítéseken. Fotó: Lengyel Szabolcs

az alapelemeinek az időjárás és a természetes bolygatások által meghatározott dinamikus változásán alapuló mozaikos tájszerkezet kialakítása volt, mely biztosítja mind a hortobágyi, mind a nagykunági és a tiszai árterekre jellemző fajok és élőhelyek fennmaradását. A tájrehabilitáció második üteme 2004 és 2009 között az EU LIFE-Nature programja 67%-os és az akkori Környezetvédelmi Minisztérium 33%-os támogatásával zajlott (LIFE04NAT/HU/000119).

A gyeprekonstrukció 2004 és 2008 között, mintegy 760 hektár volt szántóterületen valósult meg (2. ábra, [5]). Jelen ismereteink szerint így ez a program a legnagyobb területen kivitelezett aktív (magvetést alkalmazó) gyep-helyreállítási projekt Európában. A kiválasztott szántókat a HNPI és a helyi gazdálkodók közötti bérleti szerződések lejáratának sorrendjében ütemeztük elő gyepesítésre. A szántókon az utolsó termény (lucerna, gabona, napraforgó) betakarítását követően mélyszántást végeztünk, majd a talajfelszín simítását követően történt a magvetés. A magvetésre kétféle magkeveréket alkalmaztunk: az inkább szikes jellegű, alacsonyabban fekvő részeken a veresnadrág csenkesz (*Festuca pseudovina*)

és a keskenylevelű réti perje (*Poa angustifolia*) magjainak 2:1 arányú keverékét, míg az inkább löszös jellegű, magasabban fekvő részeken a barázdált vagy pusztai csenkesz (*Festuca rupicola*), a keskenylevelű réti perje és a magyar vagy árva rozsnok (*Bromus inermis*) magjainak 2:1:1 arányú keverékét vetettük. A magkeverékek előállításához használt magok nagy részét, négy év alatt összesen több mint 18 tonna csenkesz magot környékbeli, jó állapotú gyepekben arattuk, kisebb részét pedig kereskedelmi forrásokból szereztük be. A magkeverékeket 20-25 kg/ha mennyiségben, átalakított műtrágyaszóró segítségével juttattuk ki az előkészített földekre szeptember végén és október elején, az őszi esők beállta előtt. A gyeptelepítéseket a második évtől kezdve legeltettük (nagyobb részt juhokkal, kisebb részben szarvasmarhával) vagy kaszáltuk a gyeptakaró megerősítése, a gyomok további visszaszorítása és a természetes élőhelyekre jellemző fajok betelepülésének elősegítése céljából.

A mocsarak legeltetéssel és égetéssel történő természetvédelmi kezelését a Fekete-rét mintegy 300 hektáros déli felén végeztük. A legeltetés 2006-ban kezdődött a mocsár déli részein és a környező gyepeken, összesen mintegy 250 hektáron. A legeltetési infrastruktúra (karám, kút, pásztorszállás) kiépítése után 180 magyar szürke szarvasmarha kezdte járni a mocsárszegélyeket. A szarvasmarhák a mocsár területén szabadon mozoghattak minden évben áprilistól novemberig. Az égetést 2007-ben és 2009-ben, a megfelelő tűzvédelmi engedélykérés beszerzésével és tűzoltói biztosítással végeztük a mocsár déli részén. Mivel a kezelés célja a nád visszaszorítása volt, a nádat szeptember elején gyújtottuk meg, amikor a nád virágzik és tápanyagtartalmának jelentős része a virágzatban van. A tüzet szabadon hagytuk terjedni a mocsár tülös szegélyéig, melynek eredményeként 2007-ben 110, míg 2009-ben 130 hektáron égett le a nádas.

A mocsár kezelése során szabad folyást biztosítottunk a legeltetésnek és az égetésnek. Ennek köszönhetően a kezelt foltok rendszertelenül helyezkedtek

4. ábra. Kétéves gyepesítés: balra a löszös, jobbra a szikes magkeverékkel vetett terület. Fotó: Lengyel Szabolcs



el a mocsár területén, mely remek lehetőséget biztosított egy nagyszabású terepi kísérlet kivitelezésére. A kísérletben hat kezelési szintet különítettünk aszerint, hogy volt-e a területen legeltetés vagy nem, illetve hogy régebben (2007-ben) égett, újabban (2009-ben) égett vagy mindkét évben égett területről volt szó.

A gyeprekonstrukció és mocsárkezelés élővilágra gyakorolt hatásának vizsgálatára többféle megközelítést alkalmazó és számos élőlénycsoportra kiterjedő monitorozó-rendszert építettünk ki. A hosszú távú restaurációs ökológiai vizsgálatokat a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal (akkori OTKA) két korábbi (NNF 78887, 85562) és egy 2017-ben záródó (K 106133) kutatási pályázata támogatta.

A gyeprekonstrukció eredményei

A gyeptelepítést követő év tavaszán és nyarán általában gyors növekedésű gyomok borították a területet. A gyomok visszaszorítására június elején gépi kaszálást végeztünk, mely után meglepve tapasztaltuk, hogy a gyomtömeg takarásában a vetett fűfajoknak már-már záródó foltjai alakultak ki a legtöbb helyen, melyek a következő tavasszal erőteljes növekedésnek indultak (3. ábra). A rekonstrukciót követő második évben a vetett fűfajok domináltak, borításuk meghaladta a gyomokét (4. ábra). A harmadik évre fajszegény, de az alapvető fajok tekintetében szikes illetve löszös gyepekre jellemző növényzet alakult ki, benne számos, természetes gyepekre jellemző fajjal (pl. *Achillea collina*, *Cruciata pedemontana*, *Dianthus ponederae*, *Scorsonera cana*, *Koeleria cristata*, *Melandrium viscosum*). A negyedik és ötödik évre a növényzet kisebb változásokat mutatott. A növényi holt anyag felhalmozódása több helyen meggátolta a kétszikű fajok betelepülését és a növényzet elszegényedéséhez vezetett. A második évtől megindult kaszálás és legeltetés valamennyire ellensúlyozta ezt a folyamatot, de főként csak azokon a területeken, ahol a kaszálást jól megválasztott időpontban, illetve a legeltetést megfelelő állatlétszámmal végezték. A túl késői (júliusi) kaszálás néhány gyomfaj, főként a már májusban virágzó és kora júniusra termést érlelő mezei aszat (*Cirsium arvense*) elszaporodásához vezetett a gyepesítések jelentős részén, mely azonban a későbbi években a korábbra időzített kaszálással ismét ritkulni kezdett.

Az ízeltlábú közösségek gyorsan követték ezen változásokat. A gyepesítés utáni első évben a legtöbb ízeltlábú csoportban (pl. méhek, futóbogarak, pókok) mind a fajok száma, mind pedig az állományok egyedszáma jelentősen nőtt. Ennek legvalószínűbb oka, hogy a magas



5. ábra. Gyomnövény-fajok látványos mezői a magvetés utáni első évben.
Fotó: Lengyel Szabolcs

termetű (akár 1 m) gyomnövényfajokban és virágokban gazdag mezők (5. ábra) rengeteg kitűnő bűvő- és petézőhelyet valamint táplálkozási lehetőséget kínáltak az ízeltlábúak számos generalista (tágtúrású) fájának. A második évtől visszaesés volt megfigyelhető ezen csoportokban, mely azzal volt kapcsolatban, hogy eltűntek a gyomok és fűfélék által dominált gyepek jöttek létre. Kézenfekvő magyarázat, hogy az egyszerűbb szerkezetű gyepekben kevesebb bűvő-, petéző- és táplálkozóhely volt, mint az első éves gyomtengerben. Más, a gyepekhez jobban alkalmazkodott csoportokban viszont a faj- és egyedszám növekedése töretlen volt. Az egyenesszárnyúak (sáskák, szöcskék, tücskök) fajszáma például megduplázódott, míg egyedszáma megtízszereződött a szántókon tapasztalt értékekhez képest [6]. A kabócák és poloskák hasonló tendenciákat mutattak, de kisebb mértékben. Tekintet nélkül azonban arra, hogy a faj- és egyedszám csökkent-e vagy nőtt, minden vizsgált csoportban kimutatható volt, hogy a célgyepekre (természetes szikes és löszös gyepekre) jellemző, élőhely-specialista fajok aránya jelentősen nőtt az évek során és a gyepesített területek közösségei



6. ábra. A gyeprekonstrukció "nyertes" kételtű fajai, melyek egyedszáma nőtt a beavatkozásokat követően: dunai götte (*Triturus dobrogicus*), vöröshasú unka (*Bombina bombina*) és barna ásóbéka (*Pelobates fuscus*).
Fotó: Lengyel Szabolcs és Mester Béla (barna ásóbéka).

egyre jobban hasonlítottak a célgyepek közösségeihez [7;8]. Összességében tehát a közösségek számbeli választai (növekedés, csökkenés) változatosak voltak, ám a generalista fajok eltűnésével és az élőhely-specialista fajok megerősödésével a fajok összetétele mindössze 4-5 év alatt nagyon hasonlóvá vált a természetes gyep fajkompozíciójához, azaz természetességük jelentősen nőtt a szántókhoz képest.

A gerinces csoportok változásai lassabban követék a növényzet illetve az ízeltlábú közösségek változásait. A kételtűek (főként dunai tarajosgőték, barna varangyok és barna ásóbékák, 6. ábra) faj- és egyedszáma a gyepesítéseken jelentősen nőtt a szántók, de a természetes gyep értékeihez képest is, melynek oka ugyancsak a strukturáltabb, páradúsabb növényzet

kialakulása lehetett. A madarak fajszáma csak gyengén emelkedett, azonban egyedszámuk jelentősen nőtt a rekonstrukciót követően. A kisemlősök (cickányok, egerek, pockok) állományai jelentősen fluktuáltak az időjárás függvényében. Nedves években például, amelyek magas és tartós vízborítással jártak, közel jutottak a helyi kipusztuláshoz, ám száraz években nagy mértékben elszaporodtak. Mindezen fluktuációk miatt a gyeprekonstrukció kisemlősökre gyakorolt hatásait nehéz volt bizonyítani. Ugyanakkor a gyep aránya a tájban pozitívan befolyásolta a kisemlősök túlélését a kedvezőtlen periódusok (téli hótakaró után tartós tavaszi elöntés, nyári aszály) során, azaz a gyep kedvezőbb feltételeket biztosítottak ezen periódusokban, mint a szántók. A gyeprekonstrukció tehát közvetetten gyakorolt jótékony hatást a kisemlősökre a kedvezőtlen időszakokban jó túlélési feltételeket biztosító élőhelyek kialakítása nyomán [6].

A mocsárkezelés eredményei

A mocsarak legeltetéses kezelése során a homogén nádas számos helyen felszakadozott, benne a marhák taposása és legelése révén kisebb-nagyobb folyosók és hozzájuk csatlakozó terek nyíltak. Háromévnnyi legeltetést követően (7. ábra) jól látszott, hogy a legelt területeken a nádas felnyílt és visszahúzódott, valamint fennmaradt a növényzet part menti övezetes elrendeződése a száraz gyeppektől a rét-vegetáción át a gyékényes-nádas mocsárig. A legeltetés elől elzárt (kontroll) területeken a nád megerősödött és a növényzet övezetessége az elhalt növényi anyag felhalmozódása miatt megbomlott.

A nádas égetésének hatására (8. ábra) az öreg (nem azévi) nád mintegy 95%-a eltűnt és helyüket nyílt vizes foltok, illetve később gyékényes foltok foglalták el. Az égetést követő ősszel és tavasszal kopár, üszkös partok fogadták a vonuló vízimadár-tömegeket. A nádas azonban nem tűnt el, mivel az égetés utáni nyár közepére a nád helyenként erőteljesen visszánőtt. Az égetés előtt és után ugyanazokon a pontokon végzett felmérés adatai szerint az égetés hatására a nád borítása átlagosan 57%-ról 36%-ra csökkent és az egyéb virágos növényfajok száma egységnyi területen majdnem megduplázódott [10]. A nádas visszatorzulása, a nyílt vizes és gyékényes foltok elterjedése és az új fajok megjelenése mind arra utalt, hogy a kezelés hatására nőtt az élőhelyek sokfélesége (9. ábra).

A kételtűek (vöröshasú unka, kecskebéka, tavi és kis tavi béka, barna és zöld varangy) egyed- és fajszáma az égetés utáni tavasszal a frissen (a felmérés előtti évben)



7. ábra. Egy mocsárszegély változásai a legeltetés megindítása után egy évvel (2007) és három évvel (2009) a legelt (széleken) és a legelés elől elzárt területen (középen). Jól látszik a nádas megerősödése, a holt növényi anyag felhalmozódása és a gyepi növényzet elszegényedése a legeltetés elől elzárt területen, illetve a nádas visszaszorulása és a növényzeti átmenetek fennmaradása a legelt területen.

Fotó: Lengyel Szabolcs

égett területeken volt a legmagasabb. A régebben (három évvel a felmérés előtt) végzett égetés hatása már nem volt kimutatható, mivel ezeket a területeket visszafoglalta a nádas. A kétéltűek által kedvelt frissen égett területeken is az égetést követő második évre a nádas jelentősen visszaerősödött, így a kétéltűek száma is lecsökkent. Az égetést követő második évben mind az unkákat, mind pedig a kecske-, tavi és kis tavi békák egyedszáma a csak legelt (és nem égett) területeken volt a legmagasabb. Ezen eredmények arra utalnak, hogy az égetésnek viszonylag rövid távú hatásai vannak, míg a legeltetés hosszabb távon hat pozitívan a mocsári élőhelyek és a kétéltűek sokféleségére [10].

A madarak összesített faj- és egyedszáma nem különbözött a hat kezelési szint között, habár a frissen égett területeken az átlagos egyedszám valamivel magasabb volt, mint a más módon kezelt területeken.

Ha azonban az egyes madárcsoportokat külön vizsgáltuk, akkor érdekes összefüggésekre lehetett fényt deríteni. A récék, ludak, partimadarak, valamint sirályok és csérek faj- és egyedszáma is a frissen égett, sekély partú nyíltvíz-foltokban gazdag területeken volt legmagasabb. Ezzel ellentétben a nádi énekesmadarak (nádiposzáták, nádirigó, tücsökmadarak) az öreg nádtól mentes, frissen égett területekkel szemben a régebben vagy nem égett területeken voltak legtöbben. Végül pedig a mezőgazdasági területek madarai (pl. sárga billegető, mezei pacsirta stb.) a legeltetett területeken mutattak maximumot. A gémekek, kócsagok és gólyák nem fordultak elő eléggé nagy egyedszámokban ahhoz, hogy statisztikai különbségeket tudjunk kimutatni. A nagy térbeli léptékű kísérlet tehát lehetővé tette a különböző élőhelyigényű csoportok két kísérleti kezelésre adott különböző válaszainak kimutatását [11].

Természetes bolygatások mint tájformáló erők

Valamikor a tájak természetes dinamizmusát a rendszertelenül vissza-visszatérő bolygatások tartották fenn, melyek közül az alföldi nyílt tájak közül az árvizek, a tüzek és a nagy testű növényevő állatok voltak a legfontosabbak. Jelenleg ezek a mechanizmusok már nem vagy csak alig működnek: az árvizeket a

8. ábra. A Fekete-rét nádasának égetése tűzoltói biztosítással (fenn) és a nádasban szabadon vonuló tűz (lenn). Fotó: Lontay László





9. ábra. A Fekete-rét mocsár déli részének (kb. 300 hektár) légifényképe 2004-ben és 2010-ben. Látható a korábban egyveretű nádas felnyílása, a nyílt vizes és más növényzettel (pl. gyékényesekkel) borított élőhelytípusok megjelenése.
Forrás: Google Earth

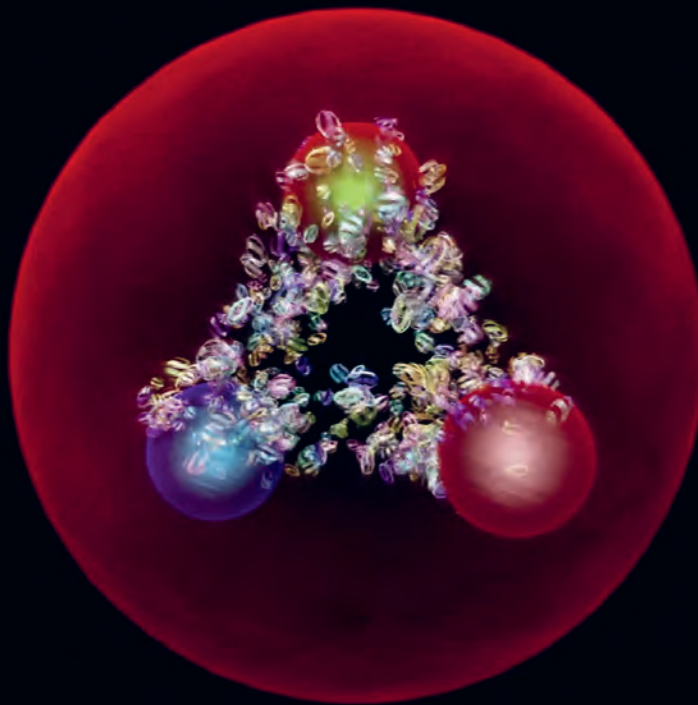
folyószabályozásokkal kiiktattuk, a tüzeket azon nyomban eloltjuk és a valamikori legelőállat-létszámot a nagytetű növényevők kiirtása óta a háziállatokkal csak rövid időszakokra tudtuk megközelíteni. Az emberi tájtalakítások révén kialakult, gazdasági hasznosításon (mezőgazdaság, gyepgazdálkodás, erdőgazdálkodás, halászat, vadászat stb.) alapuló tájszerkezetbe már nem illenek ezek a bolygatások. A változatosságot nem vagy nehezen toleráló gazdasági hasznosítás kényszerei miatt „helyrajzi számok és művelési ágak csapdájában tartjuk” a természetet [12].

Az egyek-pusztakócsi hosszútávú tájrehabilitációs projekt kezdetétől fogva célul tűzte ki a valamikori természetes bolygatásokon alapuló, dinamikusan változó tájszerkezet visszaállításának elősegítését. A program második ütemében ezért egyrészt közelítettük a tájszerkezetet az emberi tájtalakítás előtt állapothoz mintegy 760 hektár szántó megszüntetése és visszagyepesítése révén. Másrészt a tüzek és a legelés hatásának együttes vizsgálatára nagy térbeli léptékű kísérletet végeztünk a Fekete-rét mocsárban. A nagy térbeli léptékű vizsgálatok fontos információkkal szolgálnak az egyes bolygatások mint rekonstrukciók/kezelések élővilágra gyakorolt hatásairól. Ezek az információk alapvetően fontosak az alföldi, a természetes bolygatások révén dinamikusan változó tájak szerkezetének és dinamikájának megértésében. Vizsgálatunk ezért például szolgál arra az esetre, amikor a hajdanán fontos tájformáló erők ismét működésbe léphetnek és az emberi behatások csökkentése révén hozzájárulhatnak a tájak visszavadvadászhoz.

LENGYEL SZABOLCS

IRODALOM

1. Wagner KI, Gallagher SK, Hayes M, Lawrence BA, Zedler JB. 2008. Wetland restoration in the new millennium: do research efforts match opportunities? *Restoration Ecology* 16: 367–372.
2. Pereira HM, Navarro L. 2015. *Rewilding European Landscapes*. Springer, Berlin. ISBN 978-3-319-12038-6.
3. Aradi Cs, Góri Sz & Lengyel Sz. 2003. Az Egyek-Pusztakócsi mocsárrendszer. Pp. 277–306. In: Teplán I. (szerk.). *A Tisza és vízrendszere I-II. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai tanulmányok a Magyar Tudományos Akadémián: A Területfejlesztési Program tudományos alapozása. A Tisza; 4. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest.*
4. Lengyel Sz. 2015. NATURA 2000-es elsőbbségi élőhelytípusok helyreállítása és természetvédelmi kezelése a Hortobágyi Nemzeti Parkban. Pp. 229–241 In: Varga Z (ed.) *A Pannon régió élő öröksége – a NATURA 2000 hálózat*. Szerif Kiadó, Budapest ISBN: 978-963-06-9415-5
5. Lengyel Sz, Varga K, Kosztyi B, Lontay L, Déri E, Török P, Tóthmérész B. 2012. Grassland restoration to conserve landscape-level biodiversity: a synthesis of early results from a large-scale project. *Applied Vegetation Science* 15: 264–276.
6. Rácz IA, Déri E, Kisfali M, Batiz Z, Varga K, Szabó Gy, Lengyel Sz. 2013. Early changes of orthopteran assemblages after grassland restoration: a comparison of space-for-time substitution versus repeated measures monitoring. *Biodiversity and Conservation* 22: 2321–2335.
7. Déri E, Magura T, Horváth R, Kisfali M, Ruff G, Lengyel Sz & Tóthmérész B. 2011. Measuring the short-term success of grassland restoration: the use of habitat affinity indices in ecological restoration. *Restoration Ecology* 19: 520–528.
8. Szabó Gy. 2012. Az egyek-pusztakócsi gyeprekonstrukció hatása vadméhekre (Hymenoptera: Apoidea). *Természetvédelmi Közlemények* 18: 456–466.
9. Mérő TO, Bocz R, Polyák L, Horváth Gy, Lengyel Sz. 2015a. Local habitat management and landscape-scale restoration influence small mammal communities in grasslands. *Animal Conservation* 18: 442–450.
10. Mester B, Szalai M, Mérő TO, Puky M, Lengyel Sz. 2015. Spatiotemporally variable management by grazing and burning increases marsh diversity and benefits amphibians: A field experiment. *Biological Conservation* 192: 237–246.
11. Mérő TO, Lontay L, Lengyel Sz. 2015b. Habitat management varying in space and time: the effects of grazing and fire management on marshland birds. *Journal of Ornithology* 156: 579–590.
12. Aradi Cs, Góri Sz & Lengyel Sz. 2004. Természetvédelmi gyakorlat és konzervációbiológia: a kutatás szerepe a gyakorlati természetvédelemben. *Természetvédelmi Közlemények* 11: 21–30.



A YANG-MILLS ELMÉLETEK TÖMEGUGRÁSA

Hogyan építik fel a kvarkok a részecskéket?

Miből állnak az atommagok? Ha megmérjük a tömegüket és töltésüket, rájövünk, hogy azok nem függetlenek. Arra jutunk, hogy az atommag pozitív elektromos töltésű protonokból és semleges neutronokból áll. Atommagokat ütköztetve egymásnak, protonokat és neutronokat szakíthatunk ki, így megmérhetjük azok tulajdonságait is. Rájövünk, hogy nem elég összeadni az alkotók tömegét, a kölcsönhatásukat is figyelembe kell venni. Az így fejlődő modellünkkel ezután megjósolhatjuk milyen mag keletkezne, ha protonokat és neutronokat kevernénk össze. Egy szinttel lejjebb is feltehetnénk az eredeti kérdést: miből áll a proton? Hasonlóan, eljutunk a kvarkokhoz és gluonokhoz, de ezeknél a részecskéknél komoly problémába ütközünk.

Képzeljünk el azt a kiforgatott helyzetet, hogy milyen lenne, ha ismernénk a protonokat, neutronokat, sőt a kölcsönhatásukat is, azonban az atommagokat mégsem tudnánk az elmélettel felépíteni. Nem tudnánk mondjuk megjósolni, hogy milyen atommagot kapnánk, ha két protont és három neutront kevernénk össze. Még kellemetlenebb lenne, ha már a kvarkokat, gluonokat is ismernénk, de az atommagok kialakulását még mindig nem tudnánk kiszámolni. Szerencsére az atommagokra ez nincs így, de egy szinttel lejjebb, a kvarkokkal már igen. Nem tudjuk hogyan állnak össze a kvarkok protonná. Előfordulnak efféle buborékok egy elméletben: látszólag minden tapasztalatot meg tud magyarázni, bonyolultakat is, viszont „egyszerű” problémák magyarázata mégis hiányzik. A 2000-ben, *Millenniumi problémák* néven a 7 legfontosabb megoldatlan, ehhez hasonló problémát gyűjtötték össze. Többségük matematikai, fizikai, de van köztük informatikai is. A kvarkokra vonatkozó probléma a „Yang–Mills



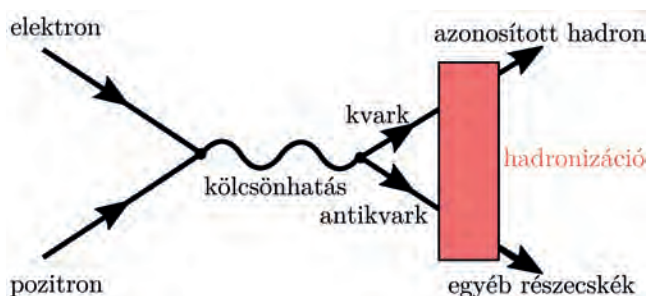
A cikk az MTA TTK és a TIT közös ismeretterjesztő pályázatának második helyezését érte el Természet Világa kategóriában

elméletek tömegugrása”, ami a részecskék kvarkokból való összeállításának folyamatát magyarázná meg. Erről lesz szó a továbbiakban.

A kvantumszindinamika

A hadronokat a kisebb kvarkok és gluonok alkotják. Ilyen például a proton és a neutron is. Az elektronban ezzel szemben nincsenek kvarkok, így az elemi részecske. A kvarkokat, gluonokat és a köztük lévő kölcsönhatást leíró elmélet a kvantumszindinamika. Az elmélet szerint a kvarkoknak és gluonoknak színtöltésük van, ami nagyon hasonló az elektromos töltéshez, de háromféle van belőle: *piros* és *antipiros*, *zöld* és *antizöld* és *kék* és *antikék*, tehát minden pozitív-negatív töltéshez

tartozik egy szín is. Jelenleg 6-féle kvarkot ismerünk: u , d , s , c , b és t -kvarkot. A kvantumszindinamikát már a 60-as évek óta ismerjük és használjuk, sőt az elmélet jóslatait naponta tesztelik, az olyan kísérleti eszközök, mint a CERN Nagy Hadronütköztetője (az LHC), vagy az amerikai Relativisztikus Nehézion Ütköztető (a RHIC). Eddigi tapasztalataink alapján mondhatjuk, hogy jól ismerjük az elméletet, és jól is működik, noha önmagában egy darab kvarkot vagy gluont sem sikerült megfigyelnünk. A fenti példánál maradva, meg tudjuk csinálni, hogy kilökünk az atommagból egy protont és megvizsgáljuk, annak az egynek a méretét, tömegét vagy az elektromos töltését. A kvarkokkal és gluonokkal ezt nem tudtuk megtenni, sőt a kvantumszindinamika azt jósolja, hogy ez nem is lehetséges. Az elmélet szerint a kvarkok csak párban vagy csoportban figyelhetők meg. Ha megpróbálnánk egy kvarkot erővel kivenni egy proton belsejéből, a vákuum új kvark és antikvark párt hozna létre a távolodás helyén és végül egy összetett kvark-antikvark pár maradna a kezünkben. A folyamat elképzelésére később



1. ábra. Elektron-positron ütközés részecskefizikai ábrázolása diagrammal. Ha elég nagy az ütközési energia, kvarkok keletkeznek a vákuumból, amelyek hadronizálnak. Kísérletek során azonosítani tudják a kimenő hadronokat a töltésük és tömegük segítségével, ami fontos adat a hadronizáció megértéséhez.

látunk egy példát a 4. ábrán. Tehát a vizsgálni kívánt kvarkunk egy összetett részecskébe, hadronba záródik. Ezt a jelenséget nevezzük kvarkbezárásnak, míg magát a folyamatot hadronizációnak.

Bár nem tudjuk a kvarkokat és gluonokat önmagukban vizsgálni, bizonyíthatjuk, hogy léteznek. Részecskegyorsítókkal elektronokat lőtték a sokkal nagyobb méretű protonokra, amelyek visszapattanásáról kiderült, hogy a proton nem gömbszerű, hanem kis csomók vannak benne, a három kvark: két u és egy d -kvark. Nem tudjuk, hogy miért nem figyelhetők meg a kvarkok és gluonok önmagukban,

de ez nem jelenti azt, hogy rossz az elméletünk. Például azt sem tudjuk, hogy a gravitáció miért vonz és sosem taszít, mégis tudjuk miként épül fel egy galaxis. Az alap kutatások feladata éppen az ilyen elvont kérdések tisztázása.

A kvarkok és gluonok megismeréséhez részecskéket gyorsítunk és ütköztetünk össze: elektronokat, protonokat, vagy nagyobb, arany és ólom atommagokat. Ha ezt elég nagy energiával tesszük, akkor az atommagokból, protonokból és neutronokból kvarkok és gluonok szakadnak ki, információt adva a kölcsönhatásaikról. A kiszakadt kvarkok a kvarkbezárás miatt a vákuumból még több kvark-antikvark párt keltenek és hadronokká állnak össze, vagyis hadronizálnak. Ez alól még nem láttunk kivételt, mondjuk egy ott maradt kvarkot a detektorban. A kvantumszindinamika jósolja a kvarkbezárást, azonban annak pontos folyamatát, a hadronizációt máig nem sikerült az első törvényekből származtatni. Nem tudjuk megmondani például, hogy egy adott kvark pontosan milyen hadronba fog záródni, vagy mi határozza ezt meg. Ez egy kellemetlen helyzet, mivel a részecskefizikát leíró Standard Modellel, ami a kvantumszindinamika mellett a részecskék minden más kölcsönhatását tartalmazza, ennél sokkal de sokkal bonyolultabb folyamatokat is ki tudunk számolni és mérésekkel igazolni. Mégis, ezt az elemi folyamatot nem tudjuk leírni. Emiatt került be a probléma a Milleniumi problémák közé.

Természetesen, az utóbbi évtized felfedezéseire, mint például a Higgs-részecskéhez szükség volt olyan információkra, hogy miként formálják meg a kvarkok a hadronokat, emiatt a részecskefizikusok modelleket dolgoztak ki, hogy közelítsék a valóságot. Ez azonban nem oldotta meg az eredeti problémát. Olyan ez, mintha látnánk, hogy víz gyűlik fel a hajónk alján, a lyukat is látnánk, de folt híján csak a vizet mernénk ki.

A kvantumszindinamikáról és annak hatáiról további tájékozódhatunk a Természet Világa és a Fizikai Szemle lapokban, valamint az Atomcsill online elérhető előadásaiból (<http://www.atomcsill.elte.hu/>).

A hadronizáció

A hadronizációt leíró modelleknek két nagy csoportja van: az egyikben csak a statisztikáját írjuk le a bezáródás folyamatának, például azt, hogy mekkora valószínűséggel záródik egy bizonyos típusú kvark – mondjuk u -kvark – a protonba vagy valamilyen más hadronba. Más modellek egyszerűsítik a kvarkok kölcsönhatásait,

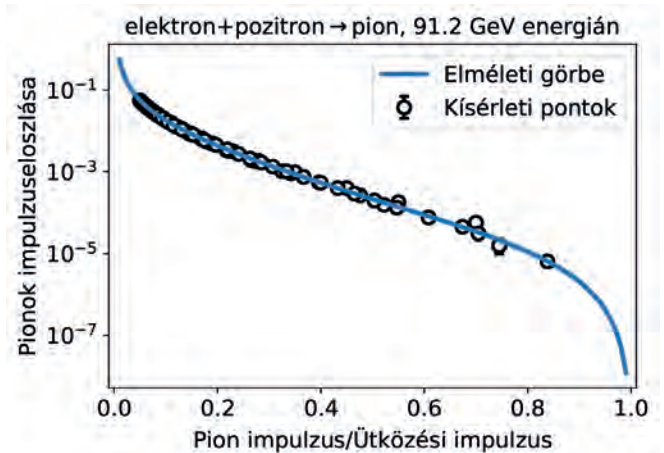
így ki lehet számolni belőlük, hogy egy adott kvark hogyan formál meg egy hadront. Mindkét megközelítés gyengesége, hogy szorosan nem a kvantumszindinamikához kapcsolódnak, további plusz feltételezések vannak bennük és kísérleti adatok kellene ahhoz, hogy beállítsák az elmélet paramétereit, amelyek száma nem kevés. Ezek segítségével viszont olyan dolgokat lehet kiszámolni, hogy milyen típusú hadronok keletkeznek az ütközés során, és milyen ezen a típusok aránya, amelyeket mérésekkel tesztelhetünk. Ideális esetben ezeket a kvantumszindinamika első törvényeiből kellene tudnunk meghatározni.

Statisztikus leírás

A statisztikus leírás során nem arra vagyunk kíváncsiak, hogy mi a kvarkok bezáródásának pontos folyamata, csupán a lehetséges kimenetek valószínűségére. Például arra, hogy egy adott típusú kvark vagy gluon, mekkora valószínűséggel fog valamilyen hadronba záródni. Ezeket a valószínűségeket nem tudjuk kiszámolni a kvantumszindinamikából, de becslést tudunk rájuk adni. Például, a kvarkok nagyobb valószínűséggel záródnak olyan hadronba, ami két kvarkból áll, mint abba, ami háromból, hiszen a kvarkok egy párt könnyebben találnak, mint kettőt. Tudjuk azt is, hogy nagyobb tömegű részecskéket nehezebb létrehozni a vákuumból, mint könnyűeket, így azt várjuk, hogy a nehezebb kvarkok, mint c , b vagy t -kvark kevesebbszer fog előfordulni, így azok a hadronok is, amelyekben ilyen kvarkok vannak. Ezeket a sejtéseket igazolják a kísérleti eredmények. Leggyakrabban pionokat (u és d -kvark keveréke) és kaonokat (d és s -kvark keveréke) találnak. Ezek a legkönnyebb kvarkokat és azokból is csak kettőt tartalmaznak. A protonokban és neutronokban három-három kvark van (uud és udd), így jóval ritkábbak, ahogy a J/ψ nevű részecske is (c és $anti-c$ keveréke), ami két nehéz kvarkot tartalmaz. Logikus kérdés, hogy ha a pionokat és kaonokat egyszerűbb létrehozni az ütközésekben, akkor a világunkat miért a protonok és neutronok építik fel? Ez azért van, mert a pion és kaon nem stabil részecske, kevesebb, mint egymilliomod másodperc alatt bomlanak el, míg a proton jelen tudásunk szerint stabil.

Ha elég nagy energiával elektront és pozitront ütköztetünk össze (1. ábra), a vákuumból kvarkok keletkeznek. A hadronizáció miatt ezek a kvarkok hadronokba záródnak, amelyek típusát és a típusok arányát kísérletileg mérhetjük. Más részről a Standard Modell segítségével ki tudjuk számolni, hogy

mi annak a valószínűsége, hogy az ütközésben adott típusú kvark keletkezik. Feltesszük, hogy valamilyen valószínűségi eloszlás szerint ez a kvark hadronba fog záródni. Az eloszlásokat jellemezni tudjuk néhány paraméterrel, mint a bezáródás valószínűség várható értéke és annak szórása. Például mi annak a valószínűsége, hogy egy u -kvark pionba fog záródni. Ezekkel az eloszlásokkal kiszámolhatjuk a fenti reakciót, amely végeredménye függ az említett paraméterektől. Ezután a paramétereket úgy választják meg, hogy a kiszámolt értékek minél jobban visszaadják a



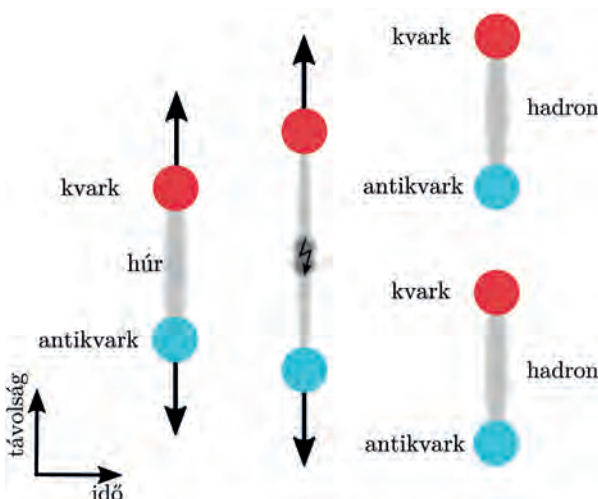
2. ábra. Elektron-pozitron ütközésben keletkezett pionok impulzus szerinti eloszlása 91,2 gigaelektronvolt ütközési energián. Ez az energia több, mint az 500-szorosa a pion nyugalmi tömegének. A fekete pontok a kísérletileg mért értékek, a kék vonal pedig a beállított paramétereket tartalmazó, valószínűségi eloszlásokkal számolt elméleti görbe. A fél-logaritmikus skálán látható, hogy nagyobb impulzussal lényegesen kevesebb pion keletkezik az ütközésben.

kísérletben mért eredményeket. Minél kevesebb paramétert tartalmaz a modellünk, ami jól adja vissza a kísérleti eredményeket, annál jobb. A leggyakoribb ilyen eloszlások 3 paramétert tartalmaznak, így pion esetén a 6-féle kvark plusz a gluon, egyenként 3, összesen $(6+1) \times 3 = 21$ paramétert ad, amit be kell állítani. Különböző, megfontolásokkal csökkenteni lehet a paraméterek számát 15 körülire, például az elektromos töltés és a kvarkok típusának szimmetriáinak figyelembevételével. Hasonló mennyiségű paraméter kell kaonra, protonra vagy egyéb hadronra. Ez nagyon sok paraméter, viszont a meghatározásuk után meg tudjuk mondani, hogy mekkora valószínűséggel, mi fog történni az ütközés után.

A paraméterek ismeretében kiszámolhatjuk azt, hogy az elektron-pozitron ütközésben keletkezett pionoknak mi lesz az impulzus szerinti eloszlása, ami a **2. ábrán** látható. Az elméleti görbe a beállított paraméterekkel láthatóan jól adja vissza a kísérletileg mért adatokat.

Érdekes mennyiség, amit kiszámolhatunk a valószínűségi eloszlások segítségével, hogy egy adott hadronba mekkora valószínűséggel záródik egy kvark. Ha a valószínűségi leírásunk jól működik, akkor azoknak a kvarkoknak lesz a legnagyobb járuléka, amelyek eleve a hadront alkotják. A kvantumszindinamika azt jósolja, hogy ezeken kívül, a hadronokban más kvarkok is jelen lehetnek, igaz nagyon rövid ideig, mint egy zajos háttér. A **3. ábrán** a kvarkok pionba záródásának valószínűségei láthatók összeadva, különböző energiákon. Az ábra teteje az 1-nél van, hiszen összességében a kvarkoknak és a gluonok a pion 100%-át adják. Tudjuk, hogy a piont *u* és *d*-kvark építi fel és látható, hogy összességében ezek adják a legnagyobb járulékot. Az is látható, hogy a felépítő kvarkokon kívül más kvarkok is jelen vannak, sőt nehéz kvarkok és a gluon is. Az is látható, hogy ezeknek az arányoknak gyenge az energiafüggése.

Az ábrák elkészítéséhez az egyik legnépszerűbb statisztikus modellt használtam alapul, amelynek eredményei online elérhetők (<http://research.kek.jp/people/kumanos/ffs.html>). A durhami egyetem



4. ábra. A húrmodellben, ha túlnyújtjuk a húrt, elszakad és a végein új kvark-antikvark pár keletkezik, így formálva meg a hadronokat

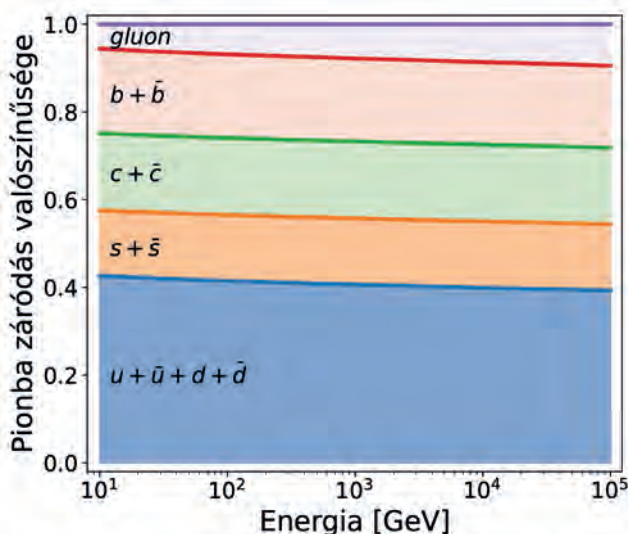
minden részecskefizikai kísérlet eredményét összegyűjtötte online, amiket egy új projekt részeként szabadon vizsgálhatunk, és ábrázolhatunk online (<https://hepdata.net>). Innen vannak a kísérleti pontok a 2. ábrán.

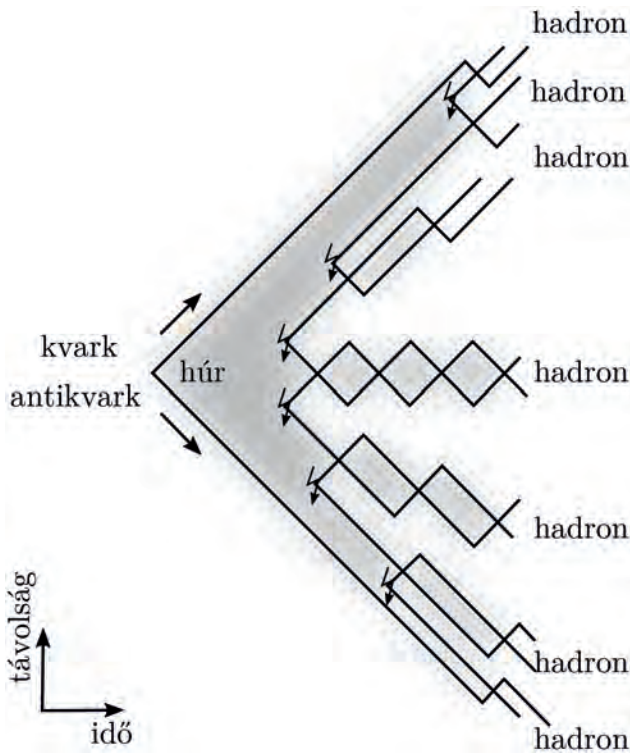
Dinamikai leírás

A hadronizáció leírásának egy másik típusa az, amikor a kvarkok és gluonok között valamilyen közelítő kölcsönhatást teszünk fel az eredeti helyett, amelyből ki tudjuk számolni azokat a valószínűségeket, mint a statisztikai leírásnál. A legelterjedtebb, a húrmodell. A húrmodellnek semmi köze a húrelmélethez. Ebben a modellben azt teszik fel, hogy a kvarkok között húrok vannak, amelyek megnyúlnak, amikor a kvarkok eltávolodnak egymástól. Ha a húrban túl nagy a feszültség, elszakad és az új végpontjain egy-egy kvark antikvark keletkezik. Ha az új részrendszereknek marad elég energiája, a húrok ismét megnyúlnak és elpattannak, ha nem, a húrral összekapcsolt kvarkok hadronokba záródtak. Egy illusztráció látható a húrok elszakadásáról a **4. ábrán**. A **5. ábrán** egy konkrét hadronizációs folyamat látható, több szakadással, a folyamat hagyományos ábrázolásmódjában.

Ebben a modellben is kiszámolhatunk olyan mennyiségeket, amelyek kísérletileg is mérhetők, ezekkel lehet beállítani a modell paramétereit. Például a húrok erejét vagy azt, hogy milyen feszültségnél

3. ábra. Különböző kvarkok pionba záródásának valószínűségei különböző energiákon. Az energiaskála értelmezéséhez: a pion tömege 0.14 GeV, a RHIC részecskegyorsító 200 GeV, míg az LHC 14 000 GeV energiára gyorsít. Ahogy nő az energia, a pionba egyre nő annak a valószínűsége, hogy a nehezebb kvarkok és a gluon is a pionba fog záródni.





5. ábra. A kvark-antikvark pár összetett hadronizációs folyamata. A szürkére színezett húrok többször is elszakadhatnak, így egy kvark-antikvark párból több hadron is keletkezhet, amelyek a végén rezgőmozgást végeznek

szakadnak el. A paraméterek száma nem sokkal kevesebb a statisztikai leírásnál, viszont lényeges különbség, hogy egy konkrét folyamatunk van a hadronok keltésére és bezáródására. Ismerve a paramétereiket, lemodellezhetünk egy egész részecskeütközést és nyomon követhetjük miként viselkednek a kvarkok és gluonok ebben az egyszerűsített képben.

A világon néhány kutatócsoport azzal foglalkozik, hogy a részecskefizikában ismert kölcsönhatásokat beleírják egy számítógépes programba és így leszimulálják azt, amit a részecskeütközések során látnánk. Ez a módszer eltér a ráctérelméleti számolásoktól, amelyeket szuperszámítógépeken végeznek. Itt, toldozva-foltozva úgy egészítik a kódot, hogy minél jobban egyezzenek az eredményeik a kísérletekkel, és lehetőleg minél kevesebb plusz paramétert tegyenek bele. Az ilyen programokat részecskefizikai eseménygenerátornak nevezik és fontos szerepük van a kísérletek megtervezésénél: várható eredményeket tudjuk velük előre megbecsülni, hogy eléggé érzékeny-e a műszerek ahhoz, hogy kimutassuk, amit akarunk. A legelterjedtebb a PYTHIA (<http://home.thep.lu.se/~torbjorn/Pythia.html>) kód, ami proton-proton ütközésekre

specializálódott, míg a magyar kutatók által is fejlesztett HIJING a nehezebb atommag-atommag ütközésekre. A PYTHIA, a húrmodellt használja, de támogatja a statisztikus leírás használatát is. A programok ingyenesek, példaprogramjai között híres mérések szimulációit próbálhatjuk ki alapszintű programozási ismeret segítségével.

A hadronizáció megértése egy nyitott kérdés. Az itt bemutatott modellek csak közelítései annak, amit a kvantumszindinamikával kellene tudnunk kiszámolni. Addig azonban, amíg a valós problémát megoldják, ezek a modellek nélkülözhetetlenek. Fontosak a kísérletek tervezésénél és az eredmények kiértékelésénél is. Mára eljutottunk odáig, hogy olyan pontosan vagyunk képesek mérni, hogy új hadronizációs modellekre van szükségünk, például a kvark-gluon plazma vizsgálatához.

TAKÁCS ÁDÁM



Köszönetnyilvánítás

A szerző kutatásait az Emberi Erőforrások Minisztériuma Új Nemzeti Kiválóság Programja és az OTKA K120660 támogatja.

E SZÁMUNK SZERZŐI

AMBRÓZY GÁBOR: történész, doktorandusz, Károli Gáspár Református Egyetem Hermeneutikai Kutatóközpont, Budapest; **BABINSZKI EDIT:** PhD, geológus, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; **CSABA GYÖRGY:** Professor Emeritus, az MTA doktora, Budapest; **KIRICSI ÁGNES:** egyetemi docens, Károli Gáspár Református Egyetem, Angol Nyelvű Irodalmak és Kultúrák Tanszéke, Budapest; **KORDOS LÁSZLÓ:** egyetemi tanár, Tudományos Újságírók Klubja, Budapest; **KOVÁCS LÁSZLÓ:** fizikátörténész, főiskolai tanár, Nemesrempehollós; **LENGYEL SZABOLCS:** az MTA doktora; MTA ÖK, Duna-kutató Intézet, Tisza-kutató Osztály, Debrecen; **TAKÁCS ÁDÁM:** részecskefizikus, Bergeni Egyetem.

KÖVETKEZŐ SZÁMUNKBÓL

TÓSZEGI ZSUZSANNA: Szenvedéllyel a természetben – Interjú **POTYÓ IMRÉVEL**, az Év Természetfotósával
BRAUN TIBOR: Kutatás Patológias környezetben
BABINSZKI EDIT: 150 éves a Magyar Állami Földtani Intézet
VÁSÁRHELYI TAMÁS: Biofóbia vagy biofilia – van választás
GÁL ERIKA: Szárnyaszegetten



NEMI KÜLÖNBSEGEK A GYÓGYÍTÁSBAN ÉS GYÓGYULÁSBAN

Nem vagyunk egyformák

Ha valaki kinyit egy gyógyszeres dobozt, abban a gyógyszer mellett rendszerint talál egy hosszú leírást, amelyben tájékoztatják a pácienseket a gyógyszer tulajdonságairól, a szedés módjáról és esetleges mellékhatásairól. Szerepel a leírásban a gyógyszer adagolása az átlagos ember számára; valamint az adagolás vagy a gyógyszer szedésének tiltása fiatalok, várandósok vagy idősek számára, és mindez valóban fontos. Ami azonban nem szerepel ebben a tájékoztatóban, az az, hogy milyen eltérésekkel adagolandó férfiak vagy nők számára; és ezt sajnos rendszerint a gyógyszert elrendelő orvos sem veszi figyelembe.

Fiatal (még orvostanhallgató) koromban kezdtem állatkísérletekkel foglalkozni és ekkor figyelmeztettek idősebb – tapasztalt – munkatársaim, hogy kísérleteimet mindig hím állatokon végezzem. Ezt azzal indokolták, hogy a hímeken kapott eredmények kiegyensúlyozottabbak, kevésbé szórnak, így sokkal megbízhatóbbak, mint ha nőstényeken végzem azokat, és ez valóban így is volt. A nőstény állatokon végzett kísérletek eredményébe mindig belezavart az ösztrozciklus, és ennek kizárása igencsak fáradságos lett volna. Éppen ezért a gyógyszerek, vagy eljárások tesztelése is rendszerint hím állatokon történik, kivéve azokat a speciális eseteket, amikor a női szerveket, tulajdonságokat vizsgálják, vagy hormonok, illetve a reprodukció megfigyelése zajlik. Az az átlagember, akire a gyógyszeres dobozban lévő beteg tájékoztató hivatkozik tehát férfi, mintegy 70 kg tömegű. A gyógyszer adagolását és alkalmazását éppúgy eltérően kellene megállapítani egy 70 kilogrammos nő esetében, mint egy 120 kilogrammos férfi számára.

Átlagember természetesen nincs, hiszen számos indexben egyénileg különbözünk, ez azonban nem ment fel attól, hogy legalább a nemi különbségek fő jellemzőit figyelembe vegyük. Ez nálunk még nem történt meg, bár egyes országokban, mint például Németországban vagy az Amerikai Egyesült Államokban a múlt század kilencvenes éve óta erre már egyre inkább súlyt helyeznek [1,2].

A nők és férfiak alapvető szervezeti felépítése azonos; azonban bizonyos szerveik szempontjából vannak eltérések. A nők rendelkeznek petefészekkel valamint az utód testen belüli felneveléséhez szükséges szervekkel, mint az anyaméh; ezek férfiaknál hiányoznak, míg utóbbiaknak heréik vannak az ivarsejtek létrehozásához és péniszük van, az ivarsejteknek a női testbe juttatásához. Ezek a fizikai különbségek mutatkoznak meg egyes orvosi „szakmák” elkülönülésében is: a női ivarszerveknek és ezek funkcióinak doktora a nőgyógyász, míg a férfi ivarszerveké az urológus (ezen belül szakosodva az andrológus). Az említett különbségekkel

természetesen mindenki tisztában van, azonban olyan különbségek is vannak, melyek nem nyilvánvalóak, éppúgy jellemzőek, mint az említett szervi különbségek, és a szervi eltéréseknél jelentősebben határozhatják meg mind a gyógyítás, mind a gyógyulás folyamatát.

Rejtett eltérések

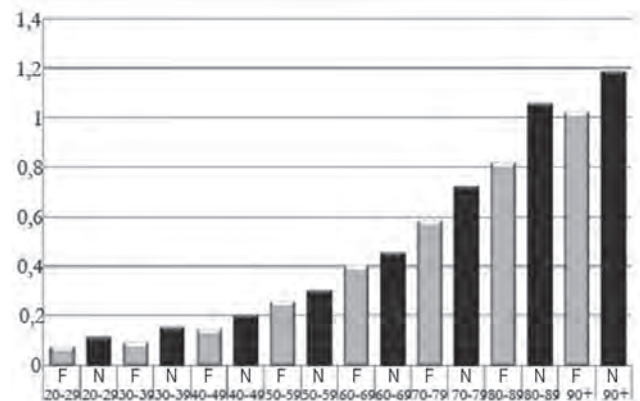
A nők és férfiak endokrin rendszere alapvető azonosságok mellett jelentősen eltérő. Az alapnem a női, melyet az egyedfejlődés alatt a hím nemi hormon, a tesztoszteron gének által szabályozott megjelenése és hatása változtat férfivé. Ez azt jelenti, hogy a tesztoszteron hatása nélkül (spontán) a magzat fejlődése női irányban halad és csak a tesztoszteron (erőszakos) fellépése hívja elő a férfinit [3]. A nem meghatározódása után, a többi endokrin szerv a nemre jellemző módon alakul ki, azaz ennek megfelelően termelik hormonjaikat és alakítják ki kapcsolataikat. Nemcsak a hormonális rendszer eltérő a két nemből, hanem ettől függően az anyagcsere, az enzimek és más lényeges komponensek mennyisége és aránya is, amelyek mindegyike elsődlegesen az eltérő nemi hormonok által szabályozott. Éppen ezért másképp (eltérő intenzitással) bontják, szállítják, tárolják a szervezetbe kerülő idegen anyagokat (gyógyszereket, vegyszereket) és eltérően reagálnak rájuk [4]. Ez világosan megmutatkozik például egyes rák-ellenes kemoterápiás kezeléseknél, amikor a gyógyszer sokkal tovább tartózkodik a női szervezetben, ezáltal hatékonyabb, ugyanakkor toxikusabb is.

A nők szervezete általában több zsírt tartalmaz, a férfiaké több izmot. A zsír és az izom eltérően tárolja a zsírszövetben oldódó gyógyszereket, tehát eltérően határozza meg azok szervezetben tartózkodásának idejét. A tranzit átlagos időtartama férfiak esetében mintegy 45, nők esetében mintegy 92 óra. A női és férfi szervezet víztartalma is jelentősen eltér, az átlagférfiban 42 liter, az átlagnőben 29 liter. Ezen belül a sejtes víztartalom mintegy 24 liter, a sejten kívüli 18. Ugyanez nők esetében 12:17. Ez viszont a vízben oldódó gyógyszerek hatásának különbségeit indokolja. Az epesavak koncentrációja is eltérő, ez alapvetően befolyásolja egyes gyógyszerek oldékonyságát. A szájon át bevett gyógyszerek esetében igen fontos a gyomor- és bélrendszer enzimjeinek működése, amiben jelentősek a különbségek a két nem között, éppúgy, mint a transzportfehérjék mennyiségében, az eltérő hormonális milió által szabályozottan.

A gyomornedv savasabb férfiakban, mint nőkben és ez csökkenti a gyengén lúgos gyógyszerek felszívódását. Ilyen gyógyszerek például az antidepresszánsok. A vese által biztosított víz/elektrolit egyensúly beleszól

a hormonok szintézisébe, anyagcseréjébe, szekréciójába és kiválasztásába éppúgy, mint az anyagcsere-végtermékek (beleértve a gyógyszerek végtermékeit) kiürítésébe. Ebben is jelentősek a nemi különbségek. Végezetül, de nem utolsó sorban, a gyógyszerek lebontását végző, elsősorban a májban termelődő enzimek (citokrómok) nemi hormonok által szabályozottan eltérő minőségben és mennyiségben vannak jelen, ami a gyógyszerek hatásának nemtől függő – eltérő – erősségében és tartósságában nyilvánul meg [5].

Mindezek a különbségek arra figyelmeztetnek, hogy a nemi különbségeket okozó tényezők száma igen nagy, és az összefüggések bonyolultak és ez hatással van a gyógyszeres kezelés hatékonyságára. A gyógyszerek által kiváltott kedvezőtlen reakciók száma statisztikailag nagy mértékben függ azok megítélésétől,



1. ábra. A gyógyszerekre adott kedvezőtlen reakciók. Minden korcsoportban magasabb a női érték.

de elég magas: az Egyesült Államokban mintegy 5-10% ami a kórházak kapacitásának is mintegy 5%-os gyógyszerártalmi kihasználtságát vonja maga után [6], míg a velünk szomszédos Ausztriában mindössze 1,3%. Tudni kell azonban, hogy ezek az arányok jelentős mértékben függenek attól, hogy mit tekintünk kedvezőtlen reakciónak; ennél lényegesen nagyobb számúra becsülik azokat a kedvezőtlen reakciókat (például szédülés, koncentrációzavar, fáradtság, hányinger), amelyek nem igényelnek kórházi ellátást, sőt nem is jelentik, hogy megtörténtek, így a gyógyszerfigyelő rendszer (farmakovigilancia) figyelmét is elkerülhetik. Ezek esetében a pontos nemi különbségek még inkább ismeretlenek, azonban becslések szerint a női nemből legalább kétszer gyakrabban fordulnak elő. A gyógyszerekre adott regisztrált kedvezőtlen reakciók gyakoribbak nők esetében, mintegy háromnegyed részük nőkben fordul elő [7]. Ez különösen vonatkozik egyes, esetleg halálos reakciókra, mint például a hirtelen eszméletvesztéssel

járó kamrai tachikardia (gyors szívverés). Valószínűleg mindennek is tulajdonítható, hogy a gyógyszeres kezelés rizikófaktorai közé a női mivoltot is besorolták. Ugyanakkor vannak olyan kedvezőtlen reakciók is, mint például a májrák, mely férfiakban fordul elő gyakrabban, annak ellenére, hogy a női máj általában fogékonyabb a gyógyszerek által kiváltott ártalmakra. A májrák „egyoldalúságát” sokáig a férfiak alkoholizmusának tulajdonították, míg állatkísérletekben be nem bizonyosodott, hogy hímekben ott is gyakoribb, rákkeltő kezelések alkalmával. Nők esetében viszont gyakoribb az egyidejűleg többféle gyógyszeres kezelés kiváltotta kedvezőtlen reakció, mint férfiakban (50:33%). Ez valószínűleg annak is tulajdonítható, hogy a tartósabban adott gyógyszerek, antibakteriális szerek (pl. antibiotikumok) szedése közben nők esetében gyakrabban szükséges közbejövő fájdalomcsillapítás, görcsoldó, nyugtató stb. kezelés, így kedvezőtlen gyógyszerkölcsonhatások jönnek létre.

Hormonális rombolók nemtől függő hatása

Az emberi tudás növekedésével és különösen a vegyipar fejlődésével párhuzamosan tömegével jelentek meg környezetünkben olyan molekulák, melyek az endogén (szervezetben belüli) szabályozó molekulához hasonlatosak, vagy eltérőek, de valamilyen módon kapcsolatban állnak velük. Számos úton-módon bekerülnek az emberi (állati) szervezetbe és ott képesek zavarokat okozni. Ezek az úgy nevezett endokrin diszruptorok (EDC-k, hormonális rombolók) melyeket a sejtek hormonreceptorai (jelfogói) hormonszerűen felismernek, és ennek megfelelően reagálnak rájuk. Ez azt jelenti, hogy „veszik” a hormonális üzenetet és továbbítják a sejt válaszadó mechanizmusához, vagy éppen ellenkezőleg, meggátolják a természetes hormon be kötődését, megakadályozva az ez által szállított üzenet közvetítését. Ami a lényeg, valami idegen akadályozza, illetve módosítja a szervezetben végbemenő normális szabályozási folyamatot. Ez felnőttben is problémákat okoz, még inkább azonban a fejlődő szervezetben (embrióban vagy magzatban), amely még nem rendelkezik a felnőttre jellemző (például enzimikus) elhárító rendszerrel: a kóros fejlődés funkcionális formáját hívja elő. Sokszor a következmény, a betegség csak az érett (felnőtt) szervezetben jelenik meg, miközben visszavezethető a fejlődés közbeni ártalomra [8]. Az egyedfejlődés igen pontosan beállított mechanizmusa rendkívül érzékeny ezekre az ártalmakra, milliomod gramnyi eltérések az élettani hormon (tesztoszteron, vagy

ösztadiol) szintjében alapvetően és életre szólóan változtatják meg az agyi szerkezetet, a magatartást, a felnőttkori receptorok mennyiségét, enzimszinteket, hormonszinteket. Ugyanezt a hormonális rombolók is megteszik, irányítatlanul, véletlenszerűen [9]. Mivel az anyaméhben fejlődő magzat neme meghatározza a hormonreceptorok mennyiségét és minőségét, a hormonális rombolók késői hatása jelentős mértékben nemtől függő. Nőkben előhívják az emlőrákot, növelik az elhízás, a diabétesz, a pajzsmirigy túltengés és a policisztás petefészek előfordulásának kockázatát, valamint előrehozzák a serdülés időpontját. A nemihormonreceptorok eléggé általánosak, de leginkább a reprodukció szolgálatában álló szervek sejtjein találhatóak, jelentős különbségekkel a férfi és női szervezetben. A receptorok beállítódása a születés körüli időpontokban életre szóló, ezért a felnőttkori, gyógyszerre adott reakciók kialakulásában is szerepet játszik.

A jelenleg ismert hormonális rombolók a szteroid receptorok családjához kapcsolódnak magzati és érett korban egyaránt, ezért hatásuk is az ilyen receptorokat tartalmazó szerveken, sejteken mutatkozik meg, magzati és felnőtt korban egyaránt. A gyógyszerek és a táplálékkiegészítők között is sok a hormonális romboló. Ilyenek például a tablettás fogamzásgátlók, de egyes vitaminok, mint például az A és D vitamin is.

Nincsenek adatok arra vonatkozólag, hogy a nők megtermékenyíthetőségét is befolyásolnák az EDC-k. Ugyanakkor már ismert, hogy a nemi arányt befolyásolják. Mostanáig az egyedfejlődés alatt a férfi túlsúly volt jellemző és még születéskor is 102:100 volt az arány a férfiak javára. A legújabb megfigyelések szerint azonban olyan területeken, amelyek EDC-kkel szennyezettek, ez az arány a női nem javára tolódik el. Ennél nagyobb probléma, hogy az EDC-k hatására jelentősen csökken a hím ivarsejtek termelődése és ezzel párhuzamosan a férfiak fertilitása (megtermékenyítő képessége), ami a személyes problémákon kívül demográfiai katasztrófához is vezethet.

Mivel a hormonális rombolók modern korunkban jelen vannak az ivóvízben, ételeinkben (például a szójában fitoösztrogének) a levegőben, amit (főleg városainkban) beszívunk (például a benzpirén, vagy a dioxin), eszközeinkben, gyógyszereinkben és vegyszereinkben, elkerülésük nagyon nehéz, vagy lehetetlen. Ezért együtt



2. ábra. Idős korban a problémák

kell velük élnünk és várni, hogy az emberi szervezet, mely már sok támadást megért és kivédett, ezzel az újabb ártalommal mit tud kezdeni, illetve hogy a szervezet (most még csak várható) változásai elfogadhatók-e számunkra. Igen lényegesnek látszik, hogy tartósan, vagy maradandóan bele fognak-e szólni a nemi különbségek alakulásába, illetve a nemtől függő akciókba és reakciókba, de a már észlelhető jelek alapján ez várható.

A nem és a szenvedélybetegségek

Egészen a múlt század nyolcvanas éveig alig volt vizsgálat a szenvedélybetegségek nemi különbségeire vonatkozólag. Ettől kezdve azonban számos megbízható vizsgálat történt, ami azt mutatta, hogy a férfiak között sokkal gyakoribb a szenvedélybetegség száma és a kutatásokon



gyógyszerek által okozott is sokasodnak

megjelentek az alkohol mellett a kábítószeres is. Amerikában a 12 éven felüli populációban 12% felett volt a férfiak (fiúk) illegális drogfogyasztása, míg a nőké csak 7,3%. Főiskolákban és egyetemeken vizsgálódva hasonló eredményekre jutottak. A mindennapos drogfogyasztás mintegy 9%-ot tett ki a férfiaknál és 4%-ot a nőknél. Elgondolkoztató azonban, hogy a fiatalabb korcsoportban a lányok igyekeztek felzárkózni a fiúkhoz. Ez annál is inkább problémás, mert a szerek kipróbálása után a lányok sokkal hamarabb válnak függővé,

mint a fiúk és sokkal többször és hamarabb esnek vissza a függőségbe kezelés után, mert a kábítószer utáni sóvárgás sokkal intenzívebb náluk, mint a fiúknál. Illegális kábítószeres túladagolása jellemzőbb férfiakra, mint nőkre, éppúgy, mint a túladagolás miatti elhalálozás is. Érdekes módon nőkben gyengébbek az elvonási tünetek is, mint férfiakban. Feltételezhető, hogy ez az eltérő hormonális rendszernek köszönhető, mint ezt éppen az alkohol esetében kimutatták. Ez esetben ugyanis a nők már feleannyi alkoholtól intoxikálódnak, mint a férfiak, mert eltérően bontják le az alkoholt; ennek következtében hajlamosabbak alkoholos májzsugorra (cirrhózisra) és nagyobb a kockázatuk alkohol kiváltotta balesetekre [11].

Ami a dohányzást illeti, úgy tűnik, hogy míg férfiakban kifejezettebb a nikotinigény, ami fenntartja a dohányzást, mint nőkben [12], viszont a non-nikotin tényezők erősebbek a szenvedély fenntartásában

(bár a különbségek állatkísérletekben is hasonlóak, és ez ennek ellene szól), ezért is kevésbé alkalmas a nikotin helyettesítése a leszoktatásra. Ugyanakkor nőkben nagyobb az esély dohányzás-okozta betegségekre, mint férfiakban. Ez genetikai meghatározottságra is utal és ezek a gének éppen a szex-kromoszómákban találhatóak. A menstruációs ciklicitás sem közömbös a nő-férfi dohányzási különbségben: leszokás alatt a menstruációs ciklus végén, a luteális fázisban a legkifejezettebb a dohányzás utáni sóvárgás.

A gyógyulás különbségei

A gyógyulás eltéréseinek kimutatása egyrészt sokkal bonyolultabb, mint a gyógyításé, másrészt kevésbé fontosnak is látszik. Leginkább a sebgyógyulást tanulmányozták eddig, ami legkönnyebben hozzáférhető, így kiderült, hogy férfiakban (hímekben) lassabban történik a bőrsebek gyógyulása, míg nőkben annak minden fázisa (fehérvérsejtek gyülekezése, mátrixképződés, beereződés, hámosodás) sokkal gyorsabb [13]. Ez a különbség a nemi hormonoknak köszönhető és megmutatkozik a külsőleg (kenőcsben) alkalmazott hormonok esetében is, azaz az ösztrogének a sebgyógyulást serkentik. Ugyanakkor férfiakban erőteljesebb a gyulladáshajlam, ami zavarja a normális sebgyógyulást. Mivel nőkben életkorfüggő az ösztrogének termelődése, menopauza után a sebgyógyulás lassabbá válik. Ugyanakkor kasztrált férfiakban a tesztoszteron kiesése miatt a sebgyógyulás felgyorsul és a nőkéhez hasonlóvá válik. Hasonló különbségeket figyeltek meg a nyelv és gyomor fekélyei esetében. Kétségtelen tehát, hogy a nem, a nemi hormonok által jelentősen befolyásolja a sebgyógyulást. Nem tudjuk azonban – csak feltételezzük – hogy egyéb kóros folyamatok elhárításában is szerepet játszik a nem, bár tudjuk, hogy az immunrendszer működését az ösztrogén hormonok serkentik, míg az androgének (tesztoszteron) gátolják. Mivel az immunrendszer működése alapvető jelentőségű a bakteriális és vírusfertőzések gyógyulása esetében, a nemi különbségek szerepét itt is feltételezhetjük. Amit legjobban ismerünk, az az influenza hevesebb tünetei a férfiakban. A légzőrendszer betegségei esetében nemcsak azok előfordulása, de súlyossága és következményei (elhalálozás) is a férfifinom dominanciáját mutatják, ám a női előny itt is elvész a menopauzával, mivel csökken az ösztrogénhormonok szintje. A szívinfarktus ugyan 3-4-szer gyakoribb férfiakban, mint nőkben, de a női mortalitás magasabb. Szívkoszorúér-műtétek után a női betegek gyógyulása lassabb és kevésbé komplikációmentes, mint a férfiaké.

A stroke után lassabb a nők gyógyulása, mint a férfiaké. Májgyulladás (hepatitis B) után férfiakban sokkal gyakoribb a májszögör és májrák (tehát a gyógyulási folyamat félrecsúszása), mint nőkben, amit jelentős mértékben a hormonális különbségeknek tulajdonítanak. Lehetne tovább folytatni, de nem érdemes, mert úgy tűnik, hogy míg a gyógyítás (gyógyszerek) esetében egyértelműen a női nem a vesztes, függetlenül a gyógyszer minőségétől, addig a gyógyulás inkább függ a betegség (gyógyszer, kórokozó) jellegétől és lehet a női vagy férfi nem a „kedvezményezett”.

Zárszó

Kezdetben, akár már az ókorban is, volt az orvos, aki mindenféle beteg mindenféle betegségével foglalkozott (de egyidejűleg volt természettudós, filozófus, stb), majd elkezdődött a specializálódás. Egymás után alakultak ki a különböző orvosi szakmák, az egyes korcsoportoknak, betegcsoportoknak, és nemeknek megfelelően. Ehhez hasonlóan alakult a gyógyszeres gyógyítás is: kezdetben mindenki számára ugyanaz a gyógyszer, ugyanolyan dózisban látszott alkalmazni. Időközben a kutatási módszerek és eszközök fejlődésével eljött az ideje annak, hogy kiderüljön, nemcsak a betegségek nem egyformák, de a betegek sem, már nemük alapján is elkülönülnek és eltérő kezelést igényelnek. Megteremtődött annak lehetősége, hogy meg is magyarázzuk mik az eltérések élettani, kóreltani alapjai és hogyan tudunk ehhez alkalmazkodni. Ez utóbbi nem könnyű feladat, de meg kell történnie a beteg eredményesebb gyógyításának és életének védelme érdekében. Bölcsebb (?) és gazdagabb országokban már folyamatban van, de nekünk is rá kell lépünk erre az útra. Addig is, foglalkoznunk kell a jelenséggel, rögzíteni kell tudatunkban és alkalmazni, ahol tudjuk. Tudnunk kell, hogy nem vagyunk egyformák (természetesen nem csupán a gyógyszerekre adott reakciókban) és ezek a különbségek nemcsak érdekesebbé teszik a világot, de veszélyeket is rejtenek magukban. Hogy ez mennyire nincs tudatosulva még a szakemberekben sem, azt világosan mutatja, hogy az Egyesült Államokban végzett 46 széleskörű gyógyszervizsgálatból mindössze annak negyede történt nőknél, és bár több nő hal meg évente szívbetegségek miatt, mint férfi, a teszteleseknek csak 10%-a volt nőknél végezve.

A gyógyszerek állatkísérleti és még inkább embereken történő tesztelése már jelenleg is tekintélyes részt foglal

el a gyógyszer árában. Ha a gyógyszereket mindkét nemben tesztelni kell, akkor az még többé fog kerülni, a kész gyógyszer még drágább lesz. Az amúgy sem könnyű helyzetet súlyosbítja, hogy a dobozban (használati utasításban) szereplő 70 kg-os férfi a 18-60 éves korcsoportba tartozik és az ennél idősebbekben is vannak nemtől függő különbségek, mások mint a fiatalabb korcsoportban. Ehhez járul,

hogy ebben az idősebb korcsoportban (nemtől függetlenül) nő a gyógyszerfogyasztás mértéke, különösen azoké a (pszichoterápiás) gyógyszereké, melyek nemi szempontból különösen figyelemre méltóak. Mivel azonban a gyógyszer feladata az adott betegség, illetve az azt hordozó beteg gyógyítása, a nemre történő (korral kombinált) tesztelés nem kerülhető el. Amíg ez rendeletek által kikényszerítve nem történik meg, addig is ajánlatos tudni (orvosnak és laikusnak egyaránt), hogy az egyik vagy másik nem, de elsősorban a nők, a gyógyszerekre általában érzékenyebbek és a kedvezőtlen reakciókra hajlamosabbak,

tekintet nélkül arra, hogy ez a gyógyszeres dobozban felvan-e tüntetve, vagy nincs.

CSABA GYÖRGY



3. ábra. A férfiakon (hímeken) tesztelnek és a nők szenvednek.

IRODALOM.

1. Franconi, F, Campesi, L: Sex and gender influences on pharmacological response: an overview. *Expert Rev Clin Pharmacol* 2014, 7, 469.
2. Zopf, Y. et al. Gender-based differences in drug prescription: relation to adverse drug reactions. *Pharmacology* 2009, 84, 333.
3. Gorski RA: Hypothalamic imprinting by gonadal steroid hormones. *Adv Exp Med Biol* 2002, 511, 57.
4. Mauva s-Jarvis, F: Sex differences in metabolic homeostasis, diabetes, and obesity. *Biol Sex Differ* 2015, doi:10.1186/s13293
5. Anderson, GD.: Gender differences in pharmacological response. *Int Rev Neurobiol* 2008, 83, 1.
6. Cornelius, VR, et al. : Variation in adverse drug reactions listed in product information for antidepressants and anticonvulsants, between the USA and Europe: a comparison review of paired regulatory documents. *BMJ Open* 2016, 20, doi. 10.1136
7. Baggio G. et al. Gender medicine: a task for the third millennium. *Clin Chem Lab Med* 2013, 51, 713-727.
8. Csaba, G.: The faulty perinatal hormonal imprinting as functional teratogen. *Curr Pediatr Rev* 2016, 12, 222.
9. Csaba, G.: The role of endocrine disruptors (EDs) in the present and future human endocrine evolution The ED- exohormone system. *Curr Trends Endocrinol In Translation Medicine* .
10. Buckley JP et al. Statistical approaches for estimating sex-specific effects in endocrine disruptor research. *Environ Health Perspect* 2017, 125, doi.: 10.289/EHP334
11. Greenfield SE: Women and alcohol use disorders. *Harv Rev Psychiatry* 2002, 10, 76.
12. Pogun S et al. Sex differences in nicotine preference. *J Neurosci*



150. SZERZŐI KÖZLEMÉNYRŐL A 150. ÉVES TERMÉSZET VILÁGÁBAN

Majmom! Bízva bízzál!

Az idei év folyóiratunk számára jubileumi esztendő: a Természet Világa 2019-ben ünnepli jogelődje, a Természetudományi Közlöny alapításának a 150. évfordulóját. Ebből az alkalomból sorozatunk esz-széi 150 hagyományos kézirat-sor, azaz kilencezer karakter terjedelemben szólnak mai kutatásokról, eredményekről, valamint a tudomány – a szerzőink szívéhez közel álló tudományágak – és a mai társadalom viszonyáról.

Keresem a kolbász ízét, nem találom! A boltban már úgy kérem, hogy van-e benne szója, ánizscsillag, kemény vagy puha, csípős vagy ízetlen, penészes lesz-e a hétvégére. Leöblíteném a palackos ásványvízzel, de csak szomjasabb lennék tőle. Megnézem az interneten, hogy mindez miért jó? Egészséges! Hamar rá kell jönnöm, hogy a kolbászban gazdaságosság, ÁFA, környezetbarát technológia, reklám, és még sok minden más rejtőzik.

Hogyan jutottunk ide, s merre visz majd utunk? A magyar köztudatban mélyen begyökerezett az öntudat, miszerint „lehet, hogy te a majomtól származol, de én nem!”. S el ne feledjem, hogy lejöttünk a fáról! Darwin 1871-ben nem ismerte a korai embert, annak ellenére, hogy 1857-ben már megjelent a Neander-völgyi ember maradványait ismertető leírás. Az először felfedezett, 15 millió évvel ezelőtt élt emberszabású ősmajomról, a *Dryopithecus fontaniról* 1856-ban Lartet francia paleontológus azt állította, hogy ő a csimpánz őse, s belőle alakult ki előbb a „hottentotta”, majd a „francia” ember. Mintegy 150 évvel ezelőtt tehát még szinte semmit sem tudtunk az emberré válásról. Napjainkban már több száz fajt sok

ezer példányban ismerünk. Csak Rudabányáról 300-nál is több ősmajom lelet került elő! Még sincs két olyan törzsfő, amelyek azonos hipotézisre épülnének. A leletek mindig újrarendezik az emberré válás puzzle képét, miközben az anyagvizsgálati és képkalkító berendezések legújabb generációi új összefüggéseket és távlatokat nyitnak meg, és gondolkodásmódunk is kifinomultabb lett.

Tudományos szenzációkból tudjuk, hogy 8-10 millió évvel ezelőtt élt majomőseink még növényekkel táplálkoztak, néha ugyan egymást is megkóstolták. A 6-7 millió évvel ezelőtt bekövetkezett valós globális környezetváltozás következtében a meleg erdőket nyílt szavannák váltották fel. Az alkalmazkodási kihívás akkora volt, hogy a Föld fogástengely-szögének további növekedése miatt az Északi-sark környezetében szubtrópusi területek is kialakulhattak. Őseink nagy része kihalt, mások elvándoroltak, a színpadot a szép új világ szereplői foglalták el: gazellák, zsiráfok, hiénák, oroszlanok.

Mindezek után menjünk el a XXI. század kutató-szen-télyeibe. Az emberszabású ősmajmok, köztük a *Rudapithecus* is megette utolsó vacsoráját, ami a 30 éve kifejlesztett

mikroszkopikus méretű fogkopás vizsgálatok alapján lágy növényi táplálék volt. A C3-as és a C4-es asszimilációt végző növényekből a táplálkozással az állatok fogzománcába a szén-izotópok eltérő mértékben épülnek be. Ily módon rekonstruálható, hogy az egykori környezet nyílt hűvösebb (C3) vagy zártabb, melegebb klímájú volt-e (C4). A globális környezetváltozásra alapozták az afrikai emberszerűek „East Side Story”-ját is: amikor az esőerdők Kelet-Afrikában felszakadoztak, ők az új nyílt környezethez alkalmazkodtak, miközben nyugaton mi sem változott. Ugyanekkor a Kárpát-medencét kitöltő Pannon-tó is a felére zsugorodott. A Föld utóbbi évmilliói idején a globális jelenséget okozó földtengely változást a földkéreg, az óceánok, a jégtakarók, valamint a magma áramlások kölcsönhatásai okozhatták. Napjaink vészes előrejelzéseket tartalmazó klímaváltozás modelljeiben ezek a jelenségek még nem szerepelnek, pedig az emberré válásban jelentős szerepük volt.

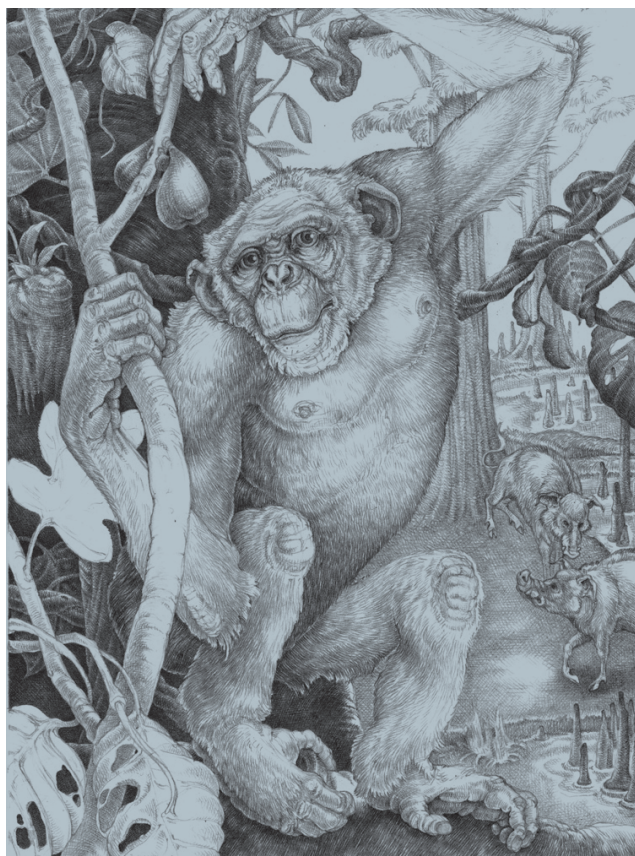
Az emberi jelenségek között a két lábon járás nem csak az ember tulajdonsága, mert a csirke is így mozog, de neki nem fáj a háta. Sokféle mozgásforma, mint az ágról-ágra átlendülő gibbonok, a függeszkedő orángutánok, a testüket kézfejeiken megtámasztó gorillák, a földről a fákra ugráló-szaladgáló csimpánzok csak kiragadott példáknak tekinthetők. A *Rudapithecus* mozgását nem csak a medence és végtagcsontok klasztrikus anatómiája, hanem a ma élő majmok 3D-s CT *in vitro* vizsgálata alapján is ismerjük. A csimpánzszerű mozgást a *Rudapithecus* csontos belső fülének CT felvételei is alátámasztották. A hominizáció során a legelső, valóban két lábon, felegyenesedve járó *Australopithecus*

Afrika és Eurázsia éjszakai fényei jól mutatják az emberi civilizáció földrajzi elterjedését (Forrás: NASA)



afarensis, a tanzániai lábnyomok alapján 3,6 millió évvel ezelőtt már létezett. Az alig 120 cm magas, 3,2 millió évvel ezelőtt élt, ugyanebbe a fajba sorolt Etiópiában megtalált csontváz alapján „Lucy” egyaránt otthonosan mozgott a fák ágain és a talajon is, bár van olyan elgondolás, hogy egy fáról leesve pusztult el...

Az emberré válás további kényes kérdése az eszközkészítés megjelenése. Természetesen igen sok állat készít eszközöket, mint egyes pókok, hangyák, delfinek vagy éppen a jegesmedve is. A kőeszközök készítéséhez két kéznek a felegyenesedett járással szabaddá kellett válni, miután a kövek megmunkálásához a fogak már nem nyújtottak segítséget. Az első kőeszközöket 3,3 millió évvel ezelőtt a Turkana-tó mellett megtalált *Kenyanthropus platyops*, vagy *Australopithecus* kortársa készítette. Tény, hogy egyiküket sem lehet embernek (*Homo*) nevezni és agytérfogatuk sem haladta meg a 400 cm³-t. Mindebből egyértelműen következik, hogy az első kőeszközöket még majomagyú főemlősök készítették, vagyis a klasszikus tanokkal szemben nem az agytérfogat megnövekedésének következménye az eszközkészítés. Erre csak 1,6 - 1,8 millió évvel ezelőtt került sor, amikor az első emberek közül a *Homo erectus* a dögök húsához csak akkor jutott hozzá, amikor a keselyűk és a hiénák már elvonultak. Természetesen ne feledjük, hogy mi is döghúst eszünk, s csak esetenként – disznóvágáskor – jönnek elő ragadozó táplálkozási szokásaink. Kérdés, hogy a civilizációval 10-12 ezer évvel ezelőtt megkezdődött és a napjaink élelmszergyáraiban előállított „műanyagok” aprításához, emésztéséhez az emberi szervezet mennyire alkalmazkodott. Nyilvánvaló, hogy az emberi élet tudatos meghosszabbításával az újkeletű táplálkozási szindrómák is megsokszorozódtak. Mindezeknek további evolúciós következményei is voltak. Közismert, hogy a háziasított állatok (disznók, marhák, kutyák stb.) arckoponyája a táplálkozási mód változása következtében az emberhez hasonlóan jelentősen megrövidült. Ugyanakkor a fogak a lassú méretváltozás miatt az embernél nagyok maradtak, nem férnek be az állkapocsba. A ki nem bújt bölcsességfogak és a torlódott elülső fogak elegendő munkát adnak a fogorvosoknak. A tej- és a végleges fogak kibújási sorrendje is jelentősen különbözik a hominizáció résztvevői között, ami az azonos leszármazási vonalba tartozó fajok eddig rejtett jelentős élettani-evolúciós folyamataira utalhatnak. A legmodernebb képalkotó technikával a grenoblei X-ray szinkrotron microtomográfias vizsgálattal 0,7 mikronos felbontással



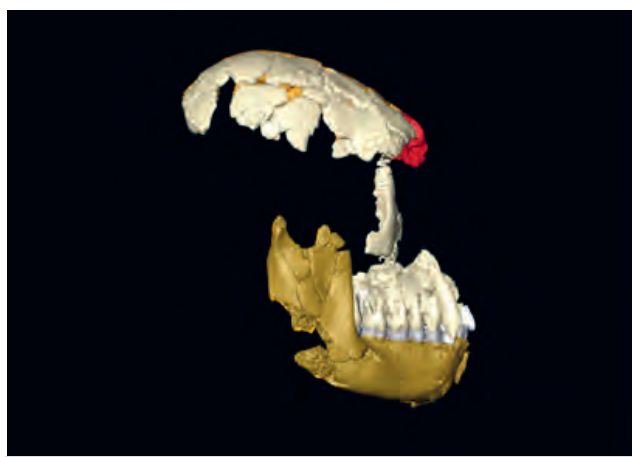
Ősmajom a képzelt állatok kertjében.
M. Nagy Szilvia illusztrációja

tanulmányozni lehetett a fejlődésben lévő fogzománc rétegeit. Ezek heti bontásban jelezték, hogy a sokmillió évvel ezelőtt élt főemlős egészséges volt-e, vagy éppen betegség, szomjúság, táplálékhiány gyötörte.

A gyarapodó leletek, az új szempontok és a modern műszeres vizsgálatok megváltoztatták az „egységes” evolúcióról alkotott szemléletünket. Bármennyivel is többet tudunk, mint másfélszáz évvel ezelőtt, még mindig homály fedi az emberi jelenségek kialakulását. A kézzel fogható, fosszilis leletek csak kevés, de annál meggyőzőbb bizonyítékul szolgálnak az emberi hit kialakulásában. A hit olyan jelenség, ahol az élőlény nem csak felfogja és idegrendszerével válaszol a külső ingerekre, hanem képes arra, hogy higgyen a számára felfoghatatlanban. A valóság és a hit elkülönülése 12-15 ezer évvel ezelőtt vezetett el a rendszerbe foglalt hitrendszerek, a vallások kialakulásához. Előfeltétele volt az értelmes ember, a *Homo sapiens* biológiai jellegeinek együttléte, az agyfejlődés képességeinek átrendeződése, a népességszám korábbiakhoz képest jelentős megnövekedése, a vadászó-gyűjtögető élelemszerzés és a többé-kevésbé állandósult megtelepedés. A hit kialakulásának egyik jellegzetessége a halottak

szertartásos eltemetése, a túlvilági továbbélésbe vetett hit megjelenése, ami valószínűleg már a Neander-völgyi embernél – 45-60 ezer évvel ezelőtt – is megtörténhetett. A mai élőlények között az elefánt és a csimpánz temetési, gyászolási képességét a viszonylag nagy agyra és a bonyolult társadalmi kapcsolatokra vezetik vissza. A másik jelenség, a barlangrajzokból következik. A 40-42 ezer évvel ezelőtt, esetleg már a Neander-völgyiek által készített barlangi ábrázolások 30-17 ezer évvel ezelőtti képalkotásai egyértelműen elvezetnek a gyakorló hitet vezénylő sámánokhoz.

Íme az ember, mint biológiai-szociális lény immár 200 ezer éve! Mi lesz vele 2 ezer év múlva? A korábbi, ember nélkül lezajlott események (kontinensek mozgása, kihalások és túlélések, klímaváltozások)



A *Rudapithecus* „Gabi” nevű koponyájának háromdimenziós CT-al készített rekonstrukciója. Készült a lipcsei Max Planck Institute for Evolutionary Anthropology-ban.

kölcsönhatás-rendszerébe belépett az ember (rohamos népességnövekedés, a környezeti terhelés megsokszorozódása, az energiakészlet kirablása, a táplálékigény egyenetlensége, a bioszféra átalakítása, az ivóvíz végetesen apadó mennyisége). Eközben az emberi civilizáció kulturális és technológiai kiszélesedése olyan új távlatokat nyitott, amelyek hatásait nehéz előre jelezni. Az ember már járt a Holdon, űrszondánk kilépett a Naprendszerből, ki tudja, hogy az okos telefonokat mi követi? Biológiai evolúciónk, alkalmazkodásunk lépést tud-e tartani az ember szellemi termékeivel.

KORDOS LÁSZLÓ

NYITÓKÉP

Szemtől szemben a 10 millió évvel ezelőtt élt emberszabású ősmajom (*Rudapithecus*) és a mai ember (*Homo sapiens*).
Sajtófotó, Kállai Márton felvétele



AZ ELMÉLETI ALAPOKTÓL
A GYAKORLATI ALKALMAZÁSIG

Segner-kerekek és vízimalmok

1. RÉSZ Segner János András (1704–1777) a Pozsonyi Evangélikus Líceumban, valamint a Debreceni Református Kollégiumban tanult. A Jénai Egyetemen szerzett orvosdoktori diplomát és egy éven át Debrecen tisztiorvosaként dolgozott. 1732-től három évig a Jénai, majd húsz éven keresztül a Göttingeni Egyetem professzoraként orvoslástant, matematikát és fizikát oktatott. 1755 tavaszán családjával Halléba költözött, ahol a Friedrich Egyetem professzoraként 22 éven keresztül, elsősorban matematika és fizika témában adott elő. Számos orvosi, matematikai és fizikai eredményét igen jelentősnek értékeli a tudománytörténet, legismertebb azonban egy műszaki alkotása, az akció-reakció elvén működő Segner-kerék, melynek ipari alkalmazásait is ismerjük.

Szerte a világban számos elnevezése létezik a találmánynak. Az interneten, angol nyelven beütve a „Barker's Mill” kifejezést, ezt olvashatjuk: „The demonstration apparatus below is variously called Segner's Reaction Turbine, the Scotch Turbine, Parent's Mill, the



1. ábra. Segner János portréja

Hydraulic Tourniquet or Barker's Mill. It was probably first invented in 1760 by Andreas Segner using Hero's steam reaction turbine as a model. „Az alább bemutatott demonstrációs készüléket sokféleképpen nevezik: Segner reakciós turbina, skót turbina, Parent-malom, hidraulikus forgó vagy Barker-malom. Valószínűleg 1760-ban Andreas Segner találta fel először, modellként használva a Heron-féle gőzreakciós turbinát.” A számos demonstrációs készülék közül az egyik szép állapotban lévő, régi eszközt a Debreceni Református Kollégium Gimnáziumának iskola-történeti múzeumban őrzik (2. ábra). Pontosan ennek az eszköznek a stilizált ábrázolása látható magyar szelvényes ünnepi bélyegen és szlovák emlékérmén is (3. ábra).



2. ábra. Demonstrációs Segner-kerék Debrecenből
(Ősz Attila felvétele)

A debreceni eszköz sokoldalúan használható. Az alsó csövek végére csapokat szereltek. Ha ezeket elzárjuk, vizet öntünk a hengeres edénybe, majd a henger alatt lévő tálkába éghető folyadékot töltünk és begyújtjuk, akkor a keletkező gőz a felső két kivezetésen (amelynek végéről hiányzik a toldalék) kiáramolva Heron-labdaként működteti a berendezést. A csapok helyzetének állításával szabályozhatjuk a kiáramló víz mennyiségét. Az alsó csapos részek oldhatóan csatlakoznak a kis csőhöz, azaz például el tudjuk forgatni az egyik részt úgy, hogy az üzemszerű működéshez szükséges iránnyal éppen ellenkező irányba áramoljon ki a víz. Ekkor a berendezés állva marad. Meggyőződésünk, hogy az alkotó ismerte Segnernek a kerékről publikált korabeli, eredeti írásait, ugyanis ott olvashatunk ilyen kísérleti elrendezésekről. A budapesti Fasori Evangélikus Gimnázium régi fizika szertárának leltárkönyve tartalmazza az 1876-ban beszerzett fém és az 1892-ből származó üveg Segner-kerékekről szóló bejegyzéseket. Sajnos az eszközöket már nem sikerült megtalálnunk (4. ábra).

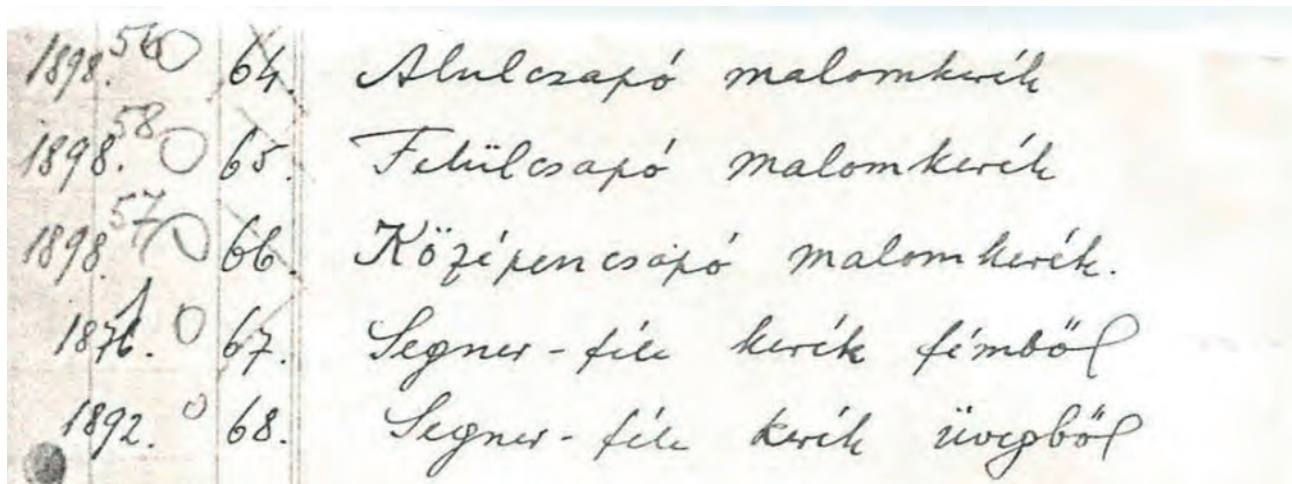
A Mikola- és Kossuth-díjas legendás fizikatanár, Vermes Miklós (1905–1990) elmondta, hogy akkor készült a leltárkönyv, mikor átvette a szertárat. A polcokon

gondosan, témák szerint elrendezett tárgyak neveit kollégája, Levius Ernő (1907-1993) tanár úr jegyezte fel. Annak ellenére, hogy már maga Segner négy vagy hat kifolyócsövet is alkalmazott – a múzeumokban a régi darabokon és a jelenleg gyártott iskolai példányokon is –, a kerékmodelleken általában csak két kivezetés látható, igaz, annak végeit a legtöbb esetben minden idők egyik legnagyobb matematikusa, örökérvényű műszaki alkotások megálmodója, Leonhard Euler (1707–1783) javaslatának megfelelően meghajlították.

A szentpétervári Georg Thomas von Asch (1729–1807) Segner egyik göttingeni dékánusa idején és előzetesével védte meg doktori értekezését 1750. augusztus 19-én. Az iménti, angol nyelvű internetes szövegben azonnal javítanunk kell az évszámot, ugyanis 10 évvel korábban, ennek az értekezésnek a függelékeként jelent meg nyomtatásban Segner *Programma quo theoriam mashinae cuiusdam hydraulicae praemittit* (Leírás, melyben egy bizonyos hidraulikus gép elméletét előre bocsátja) című műve [1]. A hidraulikus eszközzel foglalkozó következő alkotása, amely szintén 1750-ben, Göttingenben jelent meg, a *Programma in quo computatio formae atque virium machinae hydraulicae nuper descriptae* (A nemrégiben leírt hidraulikus gép formájára és erejére vonatkozó számításról) címet viseli. Ezekkel egyidejűleg a *Hannoverischen Gelehrten Anzeigen* című folyóirat 35. és 38. számában német nyelvű, népszerűsítő összefoglalót közölt, ahol ábrákkal is bemutatta az egyszerű konstrukciót és próbaméréseit.

3. ábra. Szlovák emlékérem





4. ábra. Segner-kerék bejegyzések a Fásori Gimnázium fizika szertárának leltárkönyvében

Részlet az *Anzeigen* 35. folyóiratszámából:

„Ennek a vízműnek lényeges része a tetszőleges alakú és nagyságú AB edény, amelyet úgy helyezünk el, hogy könnyen foroghasson a függőlegesen álló CD tengely körül. Ennek az edénynek az alján lévő nyíláshoz csatlakozik az EF toldalék, amelynek a végén oldalt található a tetszőleges nagyságúra fűrt F lyuk, amint az a rajzon látható. Ha ebbe az edénybe vizet öntünk, és azt állandó utántöltéssel pótoljuk, akkor a víz az F lyukon át kifolyik, és az edény a CD tengelye körül forogni kezd, mégpedig az F -nél kifolyó vízzel ellenkező irányba; ez a mozgás mindig gyorsabb és gyorsabb lesz, míg végül egy meghatározott nagyságú sebességet ér el. Ezzel egyidejűleg F -nél a víz kifolyása is erősebb és erősebb lesz, tehát az utántöltést is növelni kell, ha azt akarjuk, hogy az edény mindig tele legyen vízzel” (5. ábra).

Az eszköz működését – Segner leírása szerint – „nagyon éleselméjű és okos emberek is” („auch von recht scharfsinnigen, einsichtsvollen Männern”) a levegő ellenállásával magyarázták. Légritka térben elvégzett kísérletével azonban igazolta, hogy ebben nincs szerepe a levegőnek. Kis méretű, 38 mm átmérőjű és 64 mm magas, hengeres edényt készített, hogy beférjen a légszivattyú burája alá. A méreteket azzal is csökkentette, hogy nem alkalmazott sugárirányban kinyúló toldalékokat, hanem az edény aljához, egymással szemben, tehát az alapkör átmérőjének két végén, az edény légteréhez kapcsolódó, két kicsi, zárt hengeres toldalékot illesztett. Mind a két toldalékba, egymással ellentétes irányba néző, egy-egy lyukat fűrt oly módon, hogy az ezeken kiáramló víz az alapkör érintőjének irányába tudjon távozni. Az edényt fonálra függesztette, vízzel telt edénybe mártotta, majd

a légszivattyú burája alá helyezte. A légritka térben a kis edény mindaddig forgott, amíg a megcsavarodó fonál ellentétes előjelű forgatónyomatéka a rendszert meg nem állította. Ezután megismételte a kísérletet a szabad levegőn is. A fonál megcsavarodása a mai napig leállítja a legtöbb iskolai Segner-kerék működését. Csak néhány gyártó vagy ügyes fizikatanár alakítja ki úgy a berendezést, hogy a fonál alul egy szegben végződjön, amelynek fején kis gyűrű foroghat, s ehhez csatlakoznak a hengert tartó fonalak. Segner ezzel a kísérletével kimutatta, hogy a fellépő forgás az edény és a víz kölcsönhatásának következtében jön létre. Ennek az észrevételnek napjainkban többek között az űrhajók rakétameghajtásánál van szerepe, a rakéták ugyanis légüres térben is működnek, szemben mondjuk a repülőgépekkel, melyek működéséhez a levegő dinamikus felhajtóereje szükséges.

Segner vákuumos kísérlete után ezt írta: „Az okot, amely az edénynek forgást kölcsönöz, csakis a nyílásokon kifolyó víznél kell keresnünk, összhangban azzal, amit Newton, Bernoulli és más jól ismert fizikusok tanítanak. Az ok, amiért az egyik irányba kifolyó víz az edényt a másik irányba mozgatja, a következő: a vizet, amely meghatározott sebességgel sugárban kilép, a felette levő vízoszlop súlya mozgatja; és ugyanaz a nyomás, ami a víznek a kilépési sebességét kölcsönzi, ezt nem tudja más módon megtenni, minthogy a másik irányba is hat, és az edény falának a nyílással szemközti részét is nyomja. Ebből a nyomás nagyságát, amely által a vizes edény az ellenkező irányba üzetik, ki is lehet számolni.” Hidraulikus eszközénél a víz kifolyási sebességét először egy csőre, majd n számú csőre általánosítva is kiszámította. A hatásfokszámítást négy kifolyócsöves változatra készítette el.

Segner legnagyobb érdeme, hogy igazi tanár volt, kimagaslott társai közül. A kerék működésének magyarázatánál is írt további magyarázó kísérleteiről és

gondolatairól. Például később a rajzon látható EF todalék végén, az F nyílással ellentétes oldalon is kialakított egy, az F-el azonos keresztmetszetű G nyílást. Vízrel feltöltve a rendszert azt tapasztalta, hogy a forgás nem indult meg, a berendezés nyugalomban maradt. Megállapította, hogy kísérlete összhangban van a sztatika alaptörvényével (a testre ható erők eredője zérus), vagyis az F-nél fellépő erővel azonos nagyságú, de ellentétes irányú erő hatott G-nél. Ha G-nél csökkentette a kifolyónyílás méretét, vagy a forgástengelyhez közelebb fűrt az F-fel megegyező méretű G' lyukat, akkor a berendezés a két különböző nagyságú forgatónyomaték különbségének megfelelő, a korábbinál kisebb sebességgel forgott. Segner megjegyezte, hogy ennek az elrendezésnek akkor lehet szerepe, ha öntöző berendezésként kívánják a vízikereket használni.

Segner hidraulikus eszközének működéséről szóló első német nyelvű tanulmányában a jól ismert kétcsónakos példát is tárgyalta. Nyugvó vízen, utasával együtt azonos tömegű, két csónak van. Ha az egyik utas ellöki a másik csónakot, akkor a vízhez képest azonos sebességgel fognak egymástól eltávolodni. Ha az egyik csónak, utasával együtt kétszer akkora tömegű, mint a másik, akkor az a csónak csak fele

akkora sebességgel halad az ellökés után, mint a másik. Emellett kitért a forgó, együttmozgó rendszerben tapasztalható centrifugális erőre is. Megállapította, hogy mivel ez az erő a középponttól kifelé mutat, növeli a kifolyó csöveknél a víznyomást.

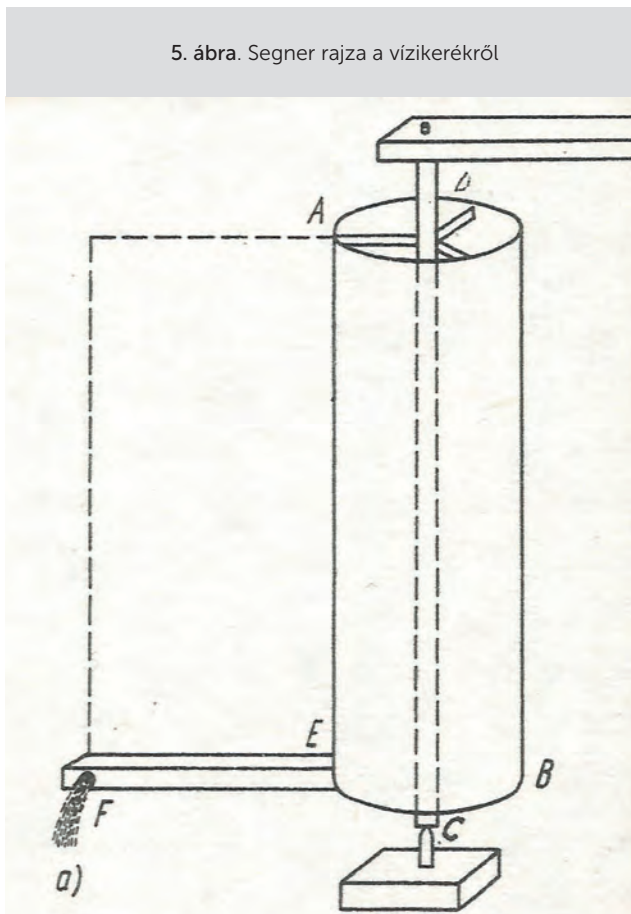
Érdeemes megnéznünk, hogy miként tárgyalta a Segner-kereket Jedlik Ányos:

„468) Ha az edény, mellynek oldalnyílásán a víz kifoly, elegendő mozgékony, az a kilövellő vizsugar' irányával ellenkező irányú mozgásba hozatik; mert minekelötte a fölfüggesztett AB (250. rajz) edény m oldalnyílásán a víz kibocsáttatnék, világos, hogy ezen nyílás' területére ható nyomás az általellenben létező és egyenlő n területre gyakorlott nyomás által megsemmisítetik; de mihelyt a víz m nyíláson ömleni kezd, a reá hatott nyomás megszűnik, n-re működő nyomás pedig azután is fennmaradván az edényt függélyes állásból valamennyire félre tolja. Ezen igazságon alapszik az ugynevezett Segner' vízkereke is; ez nem egyéb mint egy AB (251. rajz) tengely körül forogható és feneke fölött C, D, E, F, csöökkel ellátott hengeralakú G edény, melly azonnal gyors forgásba jő mihelyt a bevezetett víz a nevezett csöökön elegendő sebességgel a nyílás által leirandó kör' érintőinek irányában összhangzólag foly ki; ellenben a legyorsabb kifolyás' dacára sem mozdulna meg, ha a csöökön kifolyó vizsugarak' irányai egymással ellenkezők volnának” [2] (6. ábra).

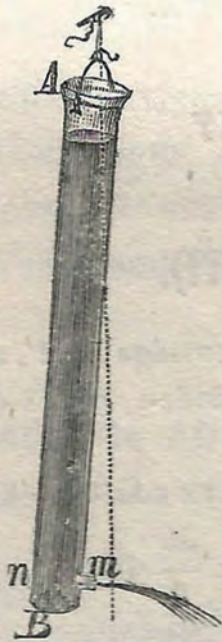
Jedlik leírása talán picit jobb is, mint Segneré, mivel először a lineáris mozgás esetét mutatja be. Ugyanakkor ő is ír – Segner művének ismeretében, vagy saját ötlet alapján – arról az esetről, amikor a kerék nyugalomban marad. Figyelemre méltó, hogy a hidrosztatikai indíttatás miatt mind Segner, mind pedig Jedlik csak a víz nyomásáról beszél. Egyéb leírásoknál is csak Newton harmadik axiómájának megfelelően a vízszugárra ható erőt, és a csőre ható ellenerőt említik. Manapság szívesebben magyarázzuk a kerék működését a mozgásmennyiség (impulzus, lendület) megmaradásának elvével. Végül is azonos dologról van szó, azaz a mozgásmennyiség megváltozásának és a változás idejének hányadosa (pontosabban a mozgásmennyiség idő szerinti deriváltja) jelenti az erőt. Segnernél csak két esetben találkoztunk – a fogalom megnevezése nélkül – a mozgásmennyiségre történő hivatkozással. Az iménti csónakos magyarázatnál, illetve a gép teljesítőképességének számításakor írja le, hogy mérni kell a kiáramló víz tömegét és annak sebességét.

Célszerű az energiaviszonyokat is átgondolni. A lezúduló víz helyzeti energiájának megváltozása szolgáltatja a forgó kerék mozgási energiáját, amely azután működtetni lehet a géphez kapcsolt berendezéseket.

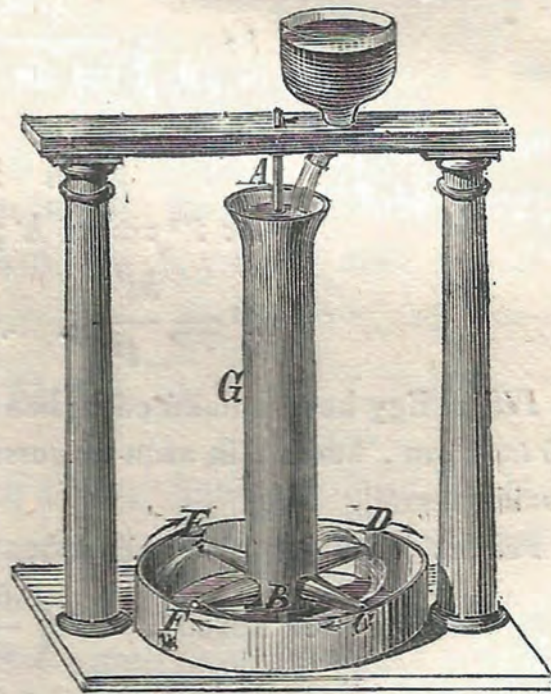
5. ábra. Segner rajza a vízikerekről



250. rajz.



251. rajz.



6. ábra. Rajzok Jedlik Ányos fizikatankönyvéből a Segner-kerékhez

Segner János a vízikerek ötletének megszületésekor azonnal gondolt arra, hogy a berendezést gyakorlati célokra is fel lehet majd használni. A hatás növelése érdekében ezért négy toldalékot, négy vízkivezetést használt. Ezekhez csöveken folyt le a víz, és csak a berendezés tetején volt víztartály. Így nem kellett nagy vízmennyiséget forgásba hozni úgy, mint az eredeti, a működési elvet bemutató modellnél. Emellett gondolt a légellenállás csökkentésére is. Abban, hogy Segner a vízikereket gyakorlati célokra is fel akarta használni, biztosan szerepet játszott az a tény, hogy a Segner-családban több molnár foglalkozású személyről tudunk, akik saját vízimalmokkal is rendelkeztek Pozsonyban, a Vödric-patak (Vydrica) partján. Egyebek mellett a pozsonyi iskolatárs, a neves geográfus, Mikoviny Sámuel (1698–1750) könyvében is megtalálhatjuk a nagy esésű Vödric-patak metszeti rajzát. A patakra telepített malmok elhelyezkedését az egykori, 1900-ban kiadott pozsonyi térkép is mutatja. Mindkét ábrát tartalmazza Juraj Potočan írása [3], aki levéltári adatokra támaszkodva felsorolja, hogy Georg Andreas Segner (szül. 1742), Erhardt Segner (szül. 1752) és Paul Segner (szül. 1758) molnárok voltak.

A régi korok kiváló műszaki érzéssel megáldott hajóskapitányai a menettulajdonságok javítása érdekében nagyon sok átalakítást eszközöltek hajóikon, így ők voltak az első hajóépítő mérnökök. Ugyanígy, az eszelebb molnárok sok évtizedes tapasztalataik alapján változtattak a malmok szerkezetén, ezért a vízépítő

mérnökök előfutárainak tekinthetjük őket. Segnerék egyik malma a Vydrica dunai torkolatától számított harmadik malom volt. Juraj Potočan 1977-es tanulmányában azt írja, hogy ekkoriban a malom pincéjét és az alapok romjait lehetett már csak látni a festői környezetű malomvölgyben. A családi címerrel díszített malmot Segner János 1594-ben született ükapja, András építette, feltehetően 1648-ban, melyet tanuló ideje alatt egyik nagybácsija működtetett. A pozsonyi líceum igazgatója, Segner nagy hatású tanára, Bél Mátyás (1684–1749) adatai szerint közvetlenül a patak torkolatánál is állt egy malom, 500 lépéssel feljebb egy másik, és a harmadik, a Segner-malom, újabb ötszáz lépéssel feljebb.

A történész és geográfus Ortvy Tivadar (1843–1916) *Pozsony utcái* című kiváló monográfiájában azt írja, hogy „*Segnerék címere a Malomvölgyi ötödik malomnál is látható*”, tehát ez a malom is a Segner-család valamelyik tagjának a tulajdonában volt. A Malomvölgyi műszaki emlékek közt is így tartják számon az ötödik malmot, amelyről azt írják, ez az utolsó malom, amelynek még ma is található fizikai nyomai. A környező gazdasági épületeket lebontották, a lakóépületeket pedig a híres építész, Emil Bellus (1899–1979) tervei alapján, 1932-ben újjáépítették. Misád Katalintól, a szlovák nyelvű

Segner-életrajzot magyarra fordító pozsonyi kollégánótól tudom, hogy Pozsony régi ipari negyedében, a Patrónka nevű városrészben, a brünni autópálya kezdete előtt, a Malomvölgy utca és a Habán malom utca sarkán („*ulic Mlynska dolina a Pri Habanskom*”) valamikor egy malom működött. Ennek helyén áll egy előkertes ház, a kert bejárata mellett pedig egy kő dombormű, mely a Segner-címet ábrázolja. Felül jól kivehető az „*Ora et labora*” — „Imádkozzál és dolgozzál” felirat, az alsó sorban pedig az 1665-ös évszám. A kőtáblát néhány éve ásták ki a kertben a földből, amely az ötödik malmot díszíthette (7. ábra).

Segnerék malmát felülcsapott vízikerek hajtotta, melyet a felduzzasztott patak vizével működtettek. Potočan és munkatársainak becslése szerint a szerkezet 10 kW teljesítményű lehetett, közel 6 méteres vízszintkülönbség és 120 liter másodpercenkénti vízbocsátás feltételezésével. Ez utóbbi értéket az Állami Hidrológiai Intézet 1952-ben elvégzett vizsgálatai alátámasztották: évi átlagos 115 liter/s értéket mértek. Az interneten ezt olvashatjuk: „*Segner a Vödric-pataknál lévő családi malomban próbálta ki annak a vízikereknek az első példányát, melyet később róla neveztek el.*” Ez azonban feltehetően csak legenda. A valóság viszont az, hogy Segner tanulmányt írt a Göttingentől 10 km-re, északra fekvő Nörtenben (ma Nörten-Hardenberg) létesített olajütőmalomról, amelyet az általa feltalált és Euler által tökéletesített vízikerekkel működtettek [4]. Az olajmalmot Nörtenben, Hardenberg báró („*Herr Geheimtenrath von Hardenberg*”, „*Herr Geheimte Rath*”)

birtokán és támogatásával építették meg. A báró az építkezés megkezdése előtt szakvéleményt kért Eulertól, és csak a pozitív állásfoglalás után kezdték meg a munkát. Segner írásában név szerint említi a kivitelezőt és az építőmestert, emellett beszámol az építkezés gondjairól és műszaki nehézségeiről. A berendezés valószínűleg erős, de mérnöki túlméretezett és nehéz volt, emiatt, valamint a fellépő nagy sebességek következtében jelentős súrlódási és légellenállási veszteségek jellemezték.

Segner a vízáramlás sebességét a Henri Pitot (1695–1771) által megalkotott eszközzel mérte. Úgy tudják, hogy ez volt az első eset, amikor a Pitot-cső az áramló víz sebességének mérésére szolgált. Később összehasonlította gépének adatait egy másik, Felső-Hardenbergben jól működő, felülcsapós vízikerekkel hajtott olajmalommal, amelynél 15 láb magasból 200 font víz zúdult alá. Saját malma 11 láb magasból 140 font vizet használt másodpercenként. Segner gépe percenként 136, míg a régi típusú gép 264 ütést mért a magokra. Megállapítja, hogy a felsorolt mennyiségek arányosak egymással, így gépe felveheti a versenyt a régi típusú malmokkal. Sőt, azt állítja, hogy további finomításokkal elérhető, hogy egy régi típusú malom vízfelhasználásával akár 4 vagy 6 új gép működtethető. Végül, mint „molnár-ivadék”, büszkén állapítja meg, hogy a gépe — ellentétben a régi vízikerekkel — szép egyenletesen jár, „mint egy óramű”, és ez a szépség („*diese Schönheit*”) a működtető molnárokat meglepéssel töltheti el.

Nincs tudomásunk arról, hogy az eredeti olajmalomból valami is megmaradt volna, és őriznék valahol egy múzeumban. A müncheni Deutsches Museum tulajdonában is csak egy modellváltozat található, amely jelenleg raktárban pihen. A katalógusban Reaktionsrad, illetve Turbine elnevezéssel szerepel Segner neve alatt BN 127/05252 jelzettel [5].

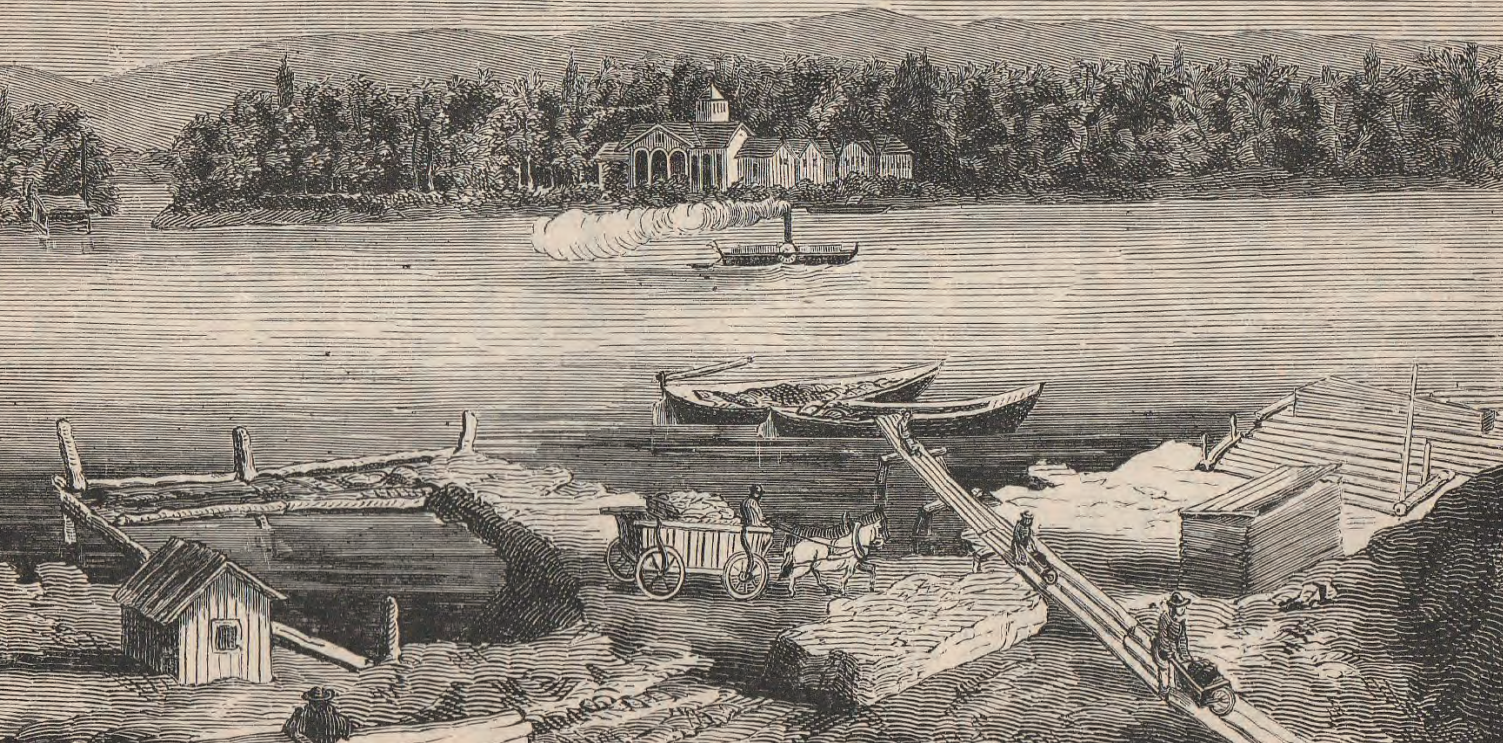
KOVÁCS LÁSZLÓ

7. ábra. Segner-címeres kőtábla



IRODALOM

- 1 <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN60971935>
- 2 Jedlik Ányos: Természettan elemei. Első könyv. 'Sulyos testek' természettana. Pest, Emich, 1850. 374. p.
- 3 Juraj Potočan: Der Beitrag von Johann Andreas Segner zur Entwicklung des Wasserturbine, in Johann Andreas Segner (1704–1777) und seine Zeit, Hallisches Segner Symposium 1977, Halle/Saale Ed.: Wolfram Kaiser, Burchard Thaler. — A szerző a pozsonyi Műegyetem tanára.
- 4 J. A. Segner: Von der zu Nörten bey einer Oelmühle angebrachten neuen hydraulischen Maschine. Hannoversche Gelehrte Anzeigen, 1753. 3. Bd. St. 60. pp. 881–888
- 5 Register zur Microfiche-Edition, K. G. Saur, München, 1997



AZ IDEGRENSZER KÓROS IZGÉKONYSÁGÁNAK LEHANGOLÁSÁRA

Margit-sziget

„A jelen kis könyv kevés igénynyel lép a világ elé. Összes ambíciója csupán az, hogy a Margit-sziget és a rajta épült fürdő megismertetéséhez némileg hozzá járuljon.” – írta 1872-ben, Pesten kiadott Margit-sziget című könyve elején Törs Kálmán hírlapíró. Munkájában részletesen leírja a sziget régészeti és történelmi emlékeit, majd kézen fogja olvasóit és bejárja a szigetet, s megmutatja minden zegét-zugát. Ellátogat annak fürdőjébe is, ahol részletesen leírja, hogy az itt található „hévíz” milyen nyavalyák gyógyítására alkalmas. Könyve végén igen részletes, 1:3600-as méretarányú térképet közöl a szigetről, a rajta található épületekről, sétautakról. A nyolc darab fametszettel illusztrált könyv eredetije megtalálható a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Földtani Szakkönyvtárában is.

Az 1843-ban a Gömör megyei Rimabrézón született Törs Kálmán a Budapesti Tudományegyetemen tanult jogot, majd utána ügyvédi oklevelet is szerzett. Életét mégis inkább az újságírásnak szentelte és Tircs családi nevét Törsre változtatta. 1863–65 között, majd 1869-től újra a *Vasárnapi Újságnál* és annak melléklapjainál (*Politikai Újdonságok*, *Képes Néplap*, *Világkrónika* és az *Oszták Monarchia írásban és képből*) dolgozott. 1868–76 között a *Hon* című lap belső munkatársa lett és emellett szerkesztette Jókai Mór *Üstökös* című élclapját is. 1876-tól az *Egyetértés*,

később a *Pesti Hírlap* újságírója volt. 1878-tól 1892-ben bekövetkezett haláláig pedig országgyűlési képviselő.

Számos újságcikke mellett több könyvet, sőt még egy színdarabot is írt: a *Házasság hajdan* című, két felvonásos vígjátékát 1878. március 9-én mutatták be a Nemzeti Színházban. Könyvei közül talán a legjelentősebb a Margit-sziget, melyhez az adatokat József főherceg jószágigazgatóságától kapta. Könyvét kiadás előtt „lektoráltatta” is, kéziratát ugyanis Rómer Flóris régész átnézte és a hibás adatokat kijavította.

A sziget történetének bemutatását a rómaiaknál kezdi, akiknek a barbárok ellen a környéken vívott harcait, valamint hátrahagyott építészeti örökségüket részletesen ismerteti. Majd rátér az Árpád-házi királyok korából jól ismert *Nyulak szigetének* és IV. Béla lányának, Margitnak a történetére és aprólékosan bemutatja az e korban itt állt egykori épületek, kolostorok, rendházak történetét és azoknak az 1800-as évek második feléig megmaradt romjait.

A majd' 70 oldalnyi történelmi áttekintés után rátér a sziget korabeli leírására. De nem csupán elmeséli azt, hanem szó szerint kézen fogja olvasóját és végigvezeti rajta: „*Ha nincs ellenedre nyájas olvasó, jőjj velem és fogadd el társaságomat. A mennyire tőlem telik, igyekezni fogok, hogy tulságosan unalmadra ne legyek.*

Délután három óra van. A hőség tikkasztó. Sietnünk kell, hogy elérjük a hajót, mely minden félórában indul kora reggeltől egészen addig, míg hazaszállítani való közönség van a szigeten. A belvárosi plébánia temploma előtt állunk s a „Fecske” az átelleni Rudasfürdői állását elhagyva, épen most kezdi hasítani éles orrával a Duna árjait s éles füttyével a levegőt. Épen csak annyi időnk van, hogy 20 krért [krajcárért] az első magyar Dunagőzhajózási társaságnak, mellyel a sziget igazgatóságának szerződése van, e czélra a víz partjára állított, csinos, svájci modorban épült házában jegyet válthassunk. A hajó kiköt, beszállunk...

Leírásai oly részletesek és irodalmiak, hogy a könyvet olvasva tényleg úgy érzi az ember, mintha a szigeten sétálna: „*Ősrengetegbe kell menni az embernek, hogy a szigetiekhez hasonló lombozatu fákat találjon. Dús, tömört*

az egész a csodálatosig. Némely bokor olyan sűrű, hogy lehetetlen belelátni; lapáttal rakásra hányt faleveleknek hinnéd, ágnak, résnek hire sincs seholy; némely facsoportozat kebelében jóságos éjszaka van; nincs az a verőfény, nincs az a nap-sugár, a mely belehasson.”

Praktikus tanácsokkal is ellát, hogyan érdemes bejárni a szigetet, majd részletesen ismerteti annak infrastruktúráját: „*Mi azonban, kik a lehető legrövidebb idő alatt akarunk végigfutni a sziget szépségein, válasszunk a budai oldalt, melyen vasut vezet.*

Ugy bizony, vasut. Mert ennek a kis darab földnek itt vasutja is van. Van annak mindene, a mit a modern felfogás és civilisatió a kényelem fogalmától megkiván.

Van két kikötője, a sziget alsó és felső végén, minden félórai közlekedéssel.

Van postahivatala, a mely szállítja a vendégek leveleit és a hirlapokat.

Van vízvezetéke, — mint már említők, — mely az egész szigetet behálózza.

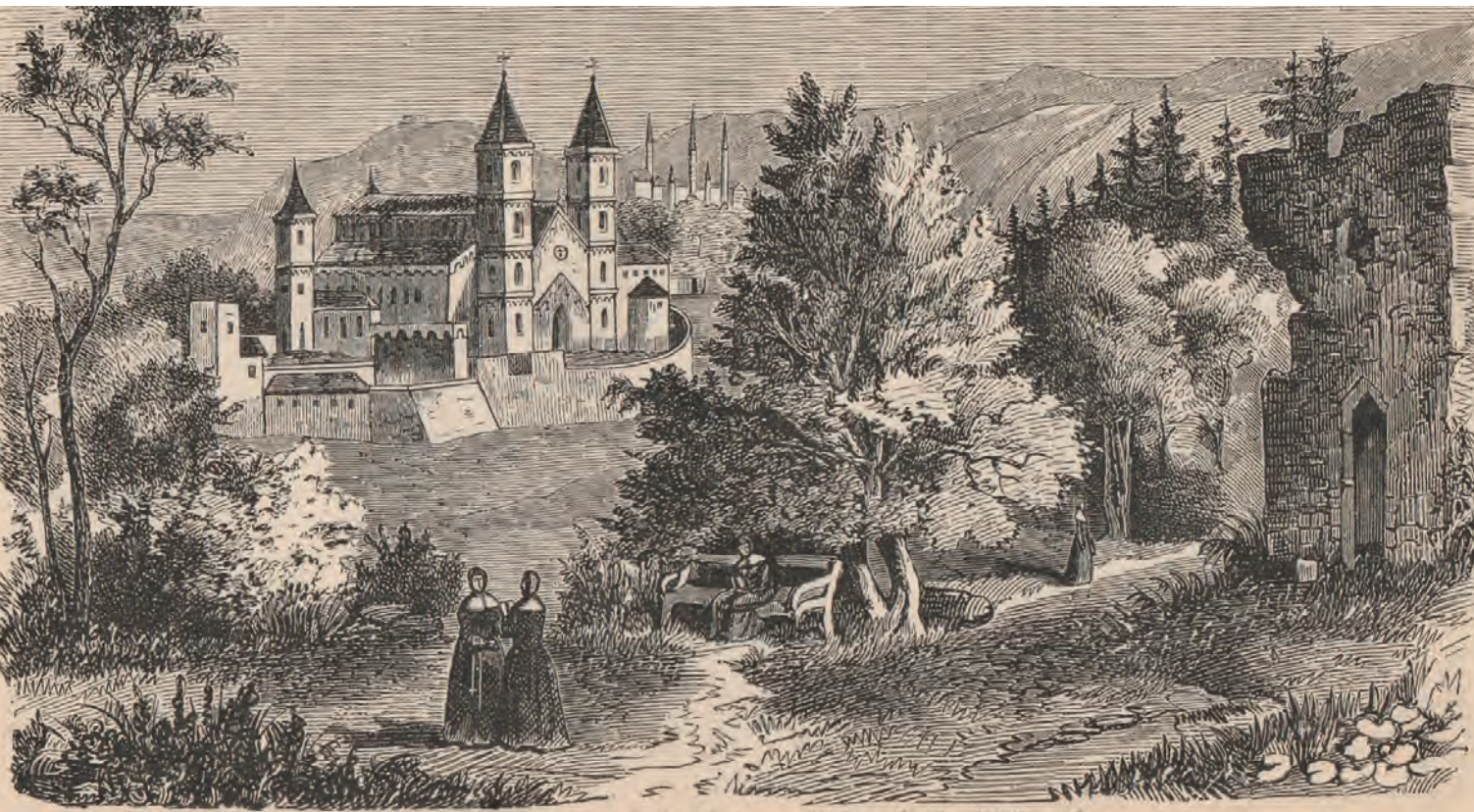
Van külön szolgabirája, a szükséges assistentiával.

Van gázvilágítása, mely meghosszabbítja a nappalt, ha a közönség hosszabb nappalt kíván s mely a világosság terjesztését nem bizza egyedül a holdvilág jóakarására, mint egynémely civilizált város.

Van távirdája, vasut mentében, mely a vonatok indulását jelzi s megőrzi a közlekedést gátló és veszélyes carambolok ellen, a hogy az összeütközéseket műnyelven elnevezni szokás.

És van vasutja. Egy szóval valóságos szervezett kis állam, külön határokkal; melynek még törvényhozása is van, a miről a fák sudarára ragasztot figyelmeztetések tesznek tanubizonyoságot.





No ez a vasut, ez sokban különbözik ugyan az atlanti és a csendes oceánt összekötő pacific-vasuttól, de a szigetbeli közönség közlekedési igényeinek kielégítésére tökéletesen elég.

Öt csinosan szerkesztett nyári kocsi, nyílt ernyővel, 16 üléssel folyton közlekedik a budai part mentében az alsó vendéglő és a felső kikötő között. Egy-egy erős és virgoncz ló úgy röpti az embert a sima vágányon, mint akármely kisebbszerű locomotiv...

A vasútról leszállva már a természetes meleg forrásokról, az itt feltörő hévizekről ír, összehasonlítva azokat a budai forrásokkal. Az éppen akkor mélyülő artézi kutak fúrásáról és az abban az időben épülő fürdőkről is mesél: „Ezelőtt néhány évvel, midőn a szigetre már kiváló gondot kezdtek fordítani, a sziget igazgatósága e helyen járván, a nagyon megapadt viz kavicsa közt több helyütt látta e meleg források nyomait, hol a felbugyogó viz a kavicsot megnedvesíté. Kísérleteket tétetett hőmérővel, mely az ily helyeken 8 R. fokkal magasabb állást mutatott, mint egyébütt.

Igy fogamzott meg az artézi kut terve, melyet ugyanazon a helyen csak mintegy kísérletkép elkezdett furatni, de mely kísérlet annyira sikerült, hogy most már befejezéséhez közel áll az artézi szökőkutat magába záró épület, mely a felső fürdőházat csodás hatásu vizével oly bőven látja el.

Ezután részletesen ismerteti Zsigmondy Vilmos fúrásait és a szigetnek a fúrások során megismert földtani felépítését. Anyaggyűjtésének alaposságát jelzi, hogy

mindent, amit az 1870-es évek elején a geológusok tudtak a területről, azt részletesen leírta. A fúrások során megismert „vizbocsátó” rétegek mélységét és a belőlük származó vízmennyiségeket is részletesen taglalja. Végül közli a feltörő vizek összetételét, mely elemzéseket Than Károly egyetemi „vegytanár” végzett el. Az adatokból pedig már kiolvasható a Margit-szigeti hévizek gyógyhatása:

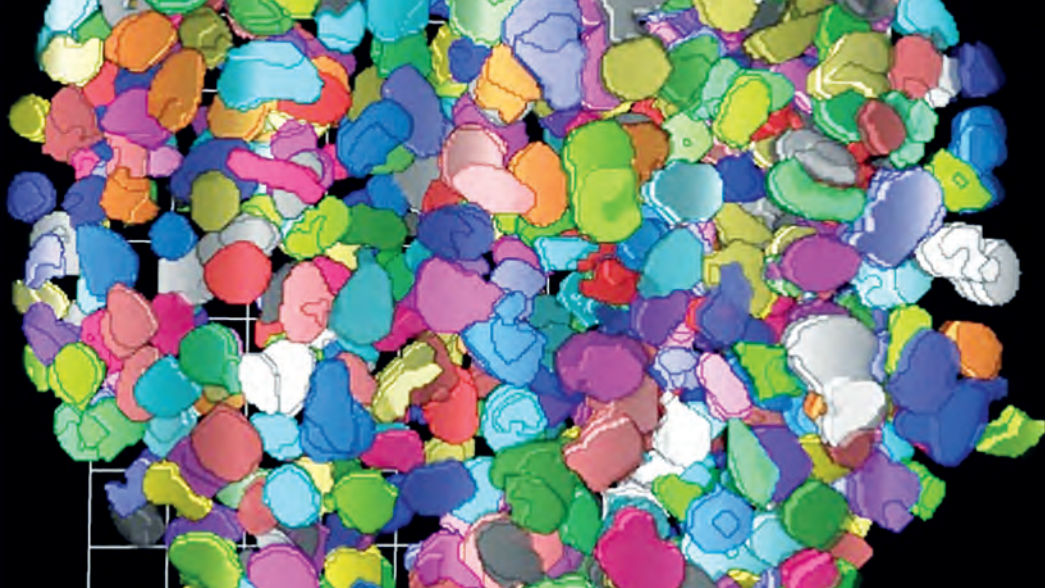
„A hév víz hatása és kitünő gyógyereje részben a forrás szilárd alkrészeitől, főleg azonban annak oldott légnemű tartalmától, hőfokától és talán a föld beljéből fölvezetett villamos áramlatától föltételeztetik.

1. A fürdők mindenekelőtt a bőr tisztántartását és rendes működését segítik elő ...

2. A meleg fürdők nagy fokban izgatólag és éltetőleg hatnak az ideg- és edény-rendszerre, gyorsítják a szív működést, a légzést és a vérmozgást, elősegítik a kiválasztásokat (izzadság, vizelet). Ezen hatásuknál fogva előmozdítják a kóros lerakódások felszívását, mit még a fürdőkbéli dörzsölés és gyurás, valamint a meleg zuhanyok által gyorsítani lehet ...

3. Ha a fürdők a test hőmérsékleténél alantabb fokban, mint langyos fürdők alkalmaztatnak, akkor lassítólag hatnak a szív működésre, és az idegrendszer kóros izgékonyágát lehangolják, tehát kedvező eredménnyel alkalmazhatók zsábáknál (idegfájdalom), görcsök és méhszervi (hystericus) bántalmak ellen...”

BABINSZKI EDIT



INTERJÚ HEGYI PÉTERREL

Célkeresztben a hasnyálmirigy

A hasnyálmirigy (pancreas) betegségei többnyire súlyos kórképek, amelyeknek a kezelésére nincs, vagy alig van oki terápia. A specifikus gyógymódok megtalálása annál inkább sürgető, mert a súlyos hasnyálmirigygyulladásban szenvedők körében 30-50 százalékos mortalitással kell számolni, a hasnyálmirigy rák pedig a legrosszabb kilátású betegségek csoportjába tartozik, ahol az öt éves túlélés nem éri el az öt százalékot. A pancreatitis kutatások irányairól és eredményeiről Hegyi Pétert, a Magyar Hasnyálmirigy Munkacsoport és az Európai Hasnyálmirigy Társaság vezetőjét, a Pécsi Tudományegyetem professzorát kérdeztük.

– Jelenleg milyen rizikófaktorai ismertek a hasnyálmirigyráknak?

– Hasnyálmirigy-tumorok az endokrin és exokrin termelő mirigyeknél egyaránt kialakulhatnak. A leggyakoribb az exokrin, hajlamosítók a rendszeres alkoholfogyasztás, dohányzás, elhízás egyszerre nagy kalória-bevitel, és a II típusú cukorbetegség. Ezek a fő rizikófaktorok. Az velük a probléma, hogy későn ismerik fel. A hasnyálmirigy-daganatok több mint ötven százaléka az úgynevezett feji részben alakul ki, ezek hasi fájdalom

formájában jelentkezhetnek. Később, ha a tumor mérete nagy, akkor sárgaságot is okozhat. A diagnosztika egyszerű: akár egy hasi ultrahang kimutatja, ha nem elhízott az egyén, de CT-vel, MR-el egyértelműen könnyen diagnosztizálható. Ennek felfedezéskor műtétet javasolnak. Az endokrintermelő tumorok közé tartozik a fokozott inzulintermelő béta sejtek daganatos elváltozása, ilyenkor hipoglikémiás roszszullétek alakulhatnak ki. Ez a negyedik-ötödik évtizedben szokott legtöbbször előfordulni, úgynevezett inzulinóma fordulhat elő. Ugyanígy megjelenhet az inzulinnal ellentétes hatású ún. glukagon termelő tumor, ez úgy jelentkezik, hogy fokozza a vércukor szintet. Előfordul még a Zollinger-Edison szindróma, ami gasztrint termel ez a gasztrintermelő tumor nagyon gyakran a hasnyálmirigyből indul ki. A gasztrin fokozza a gyomorban a parietális sejtek sósavválasztását, fokozott sósavtermeléssel, hasi fájdalommal, savi felbűfögéssel jár, több fekély alakul ki.

– Mennyire tekinthető feltártnak jelenleg a pancreas rákos megbetegedésének genetikai háttere?

– Olyan géneket ismerünk, amelyek megnövelik a kialakulás rizikóját, de amiről azt lehet mondani, hogy szűrővizsgálatra egyértelműen használható, olyat egyelőre nem találtunk.

– Melyek azok a mutációk, amik gyanúsak, hogy hajlamosítanak a hasnyálmirigyrák kialakulására?



– A rákos megbetegedésekre általánosan el lehet mondani, hogy a krónikus gyulladásos állapot könnyen alapja lehet egy rákos elfajulásnak. Tehát, például olyan mutációk, mint amilyenek a fehérjék lebontásáért felelős tripszin enzimen, vagy a PRSS1 enzimen levő mutációk, ami a veleszületett hasnyálmirigy-gyulladásoknál kimutatható, validált kutatási eredmények tanúsága szerint jelentősen növeli a pancreas rákos megbetegedésének kialakulását. Vagyis, ha ez a mutáció jelen van, akkor 50 százalékos esélye van annak, hogy az illetőnél 70 éves koráig rák alakul ki a pancreasban. Éppen ezért azokat a gyermekeket, akik hasnyálmirigy-gyulladásban szenvednek, szerencsés szűrni, mert itt komoly rákrizikó léphet fel. De érdemes szűrni a cisztás fibrózisért felelős génre – a CFTR-ra – is, mert ha ez a mutáció megvan, az is 2-3-szorosára növeli a rák kialakulásának rizikóját. Egészséges populációt viszont nincs értelme szűrni, ennek nincs relevanciája a klinikai gyakorlatban. Természetesen sok olyan gént ismerünk, ami növeli az onkológiai megbetegedés rizikóját, ezekre a szűrést minden hasnyálmirigy-betegnél meg lehet csinálni. Van már olyan markerünk is, ami alapján látjuk, hogy műtét után visszajön-e a tumor. Ilyen a CA19-9, ami szűrővizsgálatra nem jó, mert más tumort is jelez, illetve nem csak a rákos sejtek termelik. De ha műtét előtt ez az érték tízezres, műtét után pedig 1-es, akkor azt lehet mondani, hogy jól mutatta ennél a betegnél, hogy a daganatot eltávolították. Ha ezt a paramétert utána követjük, és ez elkezd nőni, akkor még a klinikai jel előtt tudni fogjuk, hogy itt valami esetleg vissza kezdett jönni, és újabb műtét szükséges. Tehát a műtét sikerességének ellenőrzésére, mondhatjuk, már rendelkezünk jó biomarkerrel.

– **Melyek most a biomarker-kutatás fő irányjai?**

– A legjobb diagnosztikai út most a pancreas termelte nedv, a hasnyál vizsgálata, illetve a pancreason belüli citológia. Ha a beteg krónikus gyulladással jön, és valamilyen endoszkópos beavatkozása van, akkor onnan egy mintát lehet venni, és genetikai vizsgálatot lehet végezni. A kutatás most két irányba megy. Az egyik az, hogy a sejt által termelt valamilyen anyagot – pl. fehérjét – akarunk rögzíteni. Ezt a vérszérumból lehetne meghatározni valamilyen kémia vizsgálattal. A másik verzió, ami egy kicsit szofisztikáltabb, de valószínűleg sokkal érzékenyebb tud lenni, amikor nem a sejtek által már termelt anyagot nézzük meg, hanem megpróbáljuk azonosítani a véráramba kerülő mikro DNS-molekulát, vagy letört DNS-eket. Ebben az esetben ugyanis már a vérben lévő egy-két sejtől is meg lehet állapítani a rák megjelenését. Ezzel szemben a biomarkernél a rákos



sejt által termelt anyagot keressük, és itt nyilván van egy érzékenységi küszöb, amit el kell érni. Tehát vagy genetikai oldalról, vagy a genetika hatására termelt vegyületből tudjuk megmondani a betegséget. A CA19-9 pont olyan vegyület, ami a termelést mutatja. Magyarországon több onkológiai kutatással foglalkozó műhely is végez hasnyálmirigy-rák-kutatást. Győrffy Balázsék Budapesten az MTA TTK-ban foglalkoznak a pancreas daganataival, de más rákkutatással is. Mi is végzünk pár vizsgálatot arról, hogy egyes receptorok hogyan függenek össze a túléléssel. Haracska Lajosék Szegeden, az SZBK-ban generálisan foglalkoznak rák-genetikával, azon belül a töredezettséggel, de ez nem specifikus. Budapesten Schwáb Richárdék emlőtumorra találtak jellemző receptort, amelynek a segítségével a továbbiakban ki tudják választani a specifikus terápiát. A Magyarországi Hasnyálmirigy Munkacsoport heilderbergiekkel együtt foglalkozik hasnyálmirigy-rák-kutatással, illetve mi egy német és spanyol munkacsoporttal közösen kutatjuk a témát; elsősorban genetikai mutációkkal, génszekvenálással próbáljuk megtalálni azokat a géneket, amelyek nagyon fontos szerepet tölthetnek be a betegség meglétének a megállapításában. Azokat a géneket vizsgáljuk, amelyek a mutációk meglétét tudják gyorsítani, és azokat a mutációkat, amelyek ellenőrzik ezt a funkciót. Tehát ha mondjuk kapunk egy felkérést, hogy meg kellene vizsgálni egy „gyanús” mutációt 15 ezer beteg bevonásával, akkor a nemzetközi együttműködés keretében ezt a nagy számú mintát meg tudjuk oldani.

– A hasnyálmirigy rákos megbetegedéseivel számos neves nemzetközi műhely foglalkozik. Számíthatunk-e áttörésre a közeljövőben?

– Jelenleg a korai diagnosztika, illetve a rák megjelenését megbízhatóan előrejelző biomarkerek megtalálása a reális cél. Annál is inkább fontos ez, mert egy nemrégiben megjelent hosszabb genetikai tanulmány szerint a hasnyálmirigyrák kifejlődése nagyjából 10-15 év, ennyi idővel a folyamat elindulása után jelenik meg az első klinikai megnyilvánulás. Ha teoretikusan fogalmazzok, elvileg tíz éve lenne az orvostudománynak arra – és előbb-utóbb úgyis meglesz – hogy egy olyan biomarkert találjon, amivel minél előbb meg tudjuk mondani, hogy egy adott genetikai profillal a háttérben mennyire valószínű a pancreasban egy tumor kifejlődése. Ez azért nagyon fontos, mert a hasnyálmirigyrák a legrosszabb kilátásokkal rendelkező betegségekhez tartozik, ahol az öt éves túlélés 5 százalék alatt van, a diagnóziskövető átlagos túlélés hat-hét hónap, a most elérhető kémiai terápiákkal pedig, átlagosan csak hetekkel lehet meghosszabbítani a túlélést. Egyedül a sebészi ellátás mint specifikus terápia kecsseget jobb kilátásokkal, ebben több kiváló specialista van Magyarországon. A műtét azonban csak akkor jelent megoldást, ha nagyon korai stádiumban sikerül felfedezni és eltávolítani a tumort. Meglévő hasnyálmirigyrákot kémiai terápiával gyakorlatilag nem lehet meggyógyítani. A pancreas tumorai világviszonylatban százezerből 10-15 embert érintenek. Magyarországi viszonylatban ez azt jelenti, hogy évente mintegy ezer ember betegszik meg valamilyen hasnyálmirigyrákban. Tehát a betegségnek nem a gyakorisága, hanem a súlyossága a probléma, ezért nem lehet eléggé hangsúlyozni az alap kutatás fontosságát. Nem véletlen, hogy világszinten kiemelt támogatást kap ez a terület.

– A Magyarországi Hasnyálmirigy Munkacsoport az Ön vezetésével alakult meg 2011-ben. Mi a feladata ennek a szervezetnek?

– Az a célunk, hogy a magyarországi betegekről minél jobb, minél teljesebb képet kapjunk, és közelebb kerüljünk a fő hasnyálmirigy-betegségek kialakulásához és genetikai hátteréhez. Ezért létrehoztunk egy regisztert, amiben a fő kórképeket gyűjtjük, úgymint heveny-, krónikus-, autoimmun-, illetve gyermekkori hasnyálmirigy-gyulladás, a rákos betegek adatait, illetve egy biobankot, amiben biológia mintákat – elsősorban vérmintákat – gyűjtünk. Célunk, hogy összehasonlítható klinikai vizsgálatok segítségével specifikus terápia útvonalaikat találjunk. Ez azért kulcsfontosságú munka, mert az autoimmun pancreatitist (hasnyálmirigy-gyulladást) kivéve egyetlen másik hasnyálmirigy-betegségnek sem létezik specifikus terápia. Jelenleg pusztán követjük a betegséget, csökkentjük a lázat, sebészi vagy endoszkópos beavatkozással eltávolítjuk az elhalt sejteket.

– Milyen okok válhatnak ki hasnyálmirigy-gyulladást?

– Az akut hasnyálmirigy-gyulladás leggyakoribb oka a túlzott zsíros étel, a nagy mértékű alkoholfogyasztás, és az epekövesség. A betegek általában bőséges étkezés, buli után szoktak jelentkezni, hasi fájdalommal, hányingerrel, hányással, hőemelkedéssel. Ilyenkor megemelkedik a hasnyálmirigy által termelt enzim az amiláz szintje, ez teszi egyértelművé a diagnózist.

– Az Ön szorosan vett kutatási területe a heveny hasnyálmirigy-gyulladás az 1990-es évektől kezdve. Milyen eredményeket ért el eddig?

– A pancreatitist úgy kell elképzelni, mint egy toronyépületben lévő tüzet. Ha kigyullad egy gázpalack, és ezt korai szakaszban azonosítom, elzárom a gázt, és esetleg meg tudom védeni a torony jelentős részét.



Ha megtalálom azt, hogy honnan indul el a gyulladás, meg tudom menteni a hasnyálmirigy jelentős részét. Ha akkor kezdek oltani, amikor már emeletek égnek, szinte már esélytelen a dolog. Elhalnak a sejtek, és ráadásul, a gyulladás egyik sejtről terjed a másikra. Tűzbombaként robban szét a gyulladásos mechanizmus a sejteken belül. Ezért a mi kutatásunk azt tűzte ki célul, hogy minél korábbi stádiumban — már az első 12-24 órában — legyünk képesek a betegség súlyossági fokát meghatározni, és minél korábban be tudjunk avatkozni. Ezzel a kutatással világviszonylatban is vezetőkké váltunk, mert elsőként igazoltuk, hogy hasnyálmirigy-gyulladás esetén a pancreas toxikus



anyagok kimosásáért felelős belső vezetőkeinek rendkívül súlyos mitokondriális károsodása mutatható ki, ami miatt a sejtek ATP szintje (energiaszintje) drasztikusan lecsökken. Megvizsgáltuk azt is, hogy van e különbség a mitokondriális károsodásban amiatt, hogy a gyulladás epesavak, alkohol, vagy zsírsavak következtében jön létre, és azt tapasztaltuk, teljesen mindegy, hogy mi váltja ki a gyulladást, az eredmény mindig ugyanaz: a mitokondrium károsodik, a sejt energiaszintje leesik, aminek következtében elhal a sejt. Vagyis a hasnyálmirigy-gyulladás kezdeti szakaszában ugyanaz történik, mint a myokardialis infarktuszban vagy a stroke-ban,

ahol a mitokondrium azért károsodik, mert nem jut elég oxigénhez, nem lesz energia, a sejt pedig elhal. A különbség az, hogy hasnyálmirigy-gyulladás esetében nem vérrög a „tettes”, hanem valamilyen kémiai anyag — zsírsav, epesav, alkohol — ami elpusztítja a mitokondriumot, illetve egy komoly szisztémás gyulladásos reakció alakul ki. A hasnyálmirigy-gyulladás esetében is nagyon súlyos energiahiányról kell beszélni, ezért nekünk most a fő célunk az, hogy olyan klinikai vizsgálatokat tervezzünk, amelyekkel kiderítjük, hogyan tudjuk visszavinni az energiát a sejtekhez, hogy életben tartsuk őket.

— A jelenlegi klinikai gyakorlat nem erről, hanem az ellenkezőjéről szól: néhány napig úgynevezett nulla diétán tartják a beteget, és csak azt követően kezdik meg a beteg táplálását. Ezek szerint ezen változtatni kell?

— Az étkezés szüneteltetésének célja a hasnyálmirigy tehermentesítése volt, ám súlyos pancreatitisben a halálozások számában, illetve a bennfekvéses idő csökkentésében csak akkor sikerült átütő sikert elérni, amikor alkalmazni kezdték a jejunális (jejuna: éhbél) táplálást nazojejunális szondán keresztül. Ez a klinikai megfigyelés már felvetette, hogy a hasnyálmirigy-gyulladás hátterében súlyos energiahiány állhat. A jejunális táplálást azonban a betegek csak a bent fekvés 5-9. napjától kapták, és akkorra már szétesett a pancreas. Azért választották a jejunális táplálást, mert nagyon logikusnak tűnik, hogyha a pancreas alá megyünk, akkor ezt a szervet tehermentesítve minden működik. Ám ez azok közé a dolgok közé tartozik, ami logikusnak tűnik, mégsem helyes az ok-okozati összefüggés. A gyomorszondán keresztüli táplálást először a skótok kezdték el, és teljesen ugyanolyan sikert értek el, mint másutt a nazojejunális megoldással. Vagyis nem a hasnyálmirigy tehermentesítése volt a megoldás, hanem az energia bevitel. Nem véletlen, hogy most már a kezelési útmutatók is tartalmazzák azt, hogy ezek a szondatáplálások bármelyike alkalmazható, de továbbra is a bent fekvés sokadik napjától. A mi megítélésünk szerint ez túl késő, az energiát már az első naptól be kell vinni, vagyis azonnal meg kell kezdeni a szondán keresztüli táplálást.

— Hogyan mehet át az alapkutatás által igazolt felismerés a klinikai gyakorlatba?

— Az alapkutatást bizonyítani kell a klinikumban, ezért ez egy tipikus translációs klinikai kutatás, így randomizált vizsgálatot indítunk. A vizsgálat során a korai szakaszban az egyik csoportnál a jelenlegi gyakorlatot fogjuk alkalmazni, amikor is szépen lassan építjük fel a táplálást a nulláról négy-öt nap alatt, a másik csoport pedig már az első 24 órában



megkapja gyomorszondával a napi 1800-2000 kilokalóriát. Mi azt várjuk, hogy az azonnali táplálás hatására csökken a sejtelhalás, kevesebb lesz a nekrotizált terület, a halálozás mértéke, a bennfekvés ideje, a fájdalom pedig enyhül. A kisszámú betegmintán ezt már el is kezdtük a pécsi klinikán, ahol már az első naptól adjuk a nazogasztrikus táplálást a betegeknek. Az adatok elképesztően jók, hiszen eddig egyáltalán nem volt halálozás, szemben a normál betegpopulációval; ahol a betegek 10 százaléka súlyos, ott 30-50 százalékos, a 16 százalékos közepes súlyos betegpopulációban pedig 10 százalékos halálozási arány a jellemző. Úgy gondolom, hogy 2-3 éven belül be tudjuk fejezni a most kezdődő randomizált vizsgálatot, és akkor reményeink szerint meglesz a pancreatitis első specifikus terápiája. Eredményeinket bizonyítja, hogy a mi általunk kiépített rendszerre eddig száz fekvőbeteg-intézet csatlakozott 24 országból szerte a világból, és egyre több európai ország kíván csatlakozni, és ebben a kutatásban részt venni. Vagyis a Magyarországi Hasnyálmirigy Munkacsoportnak már nemzetközi viszonylatban is jó a láthatósága.

— Az Ön által felsorolt többi hasnyálmirigy-gyulladás — például autoimmun pancreatitis — esetében ugyanez a megoldás működhet, vagy ez a terápia csak a heveny gyulladáshoz köthető?

— Minden akut betegcsoportban várható javulás az azonnali táplálás hatására, hiszen várhatóan javulni fog a sejtek állapota, ha energiát adunk nekik. Krónikus pancreatitisnél másra kell koncentrálni. Ott ugyanis ehet a beteg, tehát csak arra kell figyelni, hogy amit megeszik, azt meg is emészsze a szervezete. Ott tudjuk pótolni a pancreas működését, nem kell a beteg táplálni, ehelyett hasnyálmirigyenzim-pótlókat adhatunk, amikkel be tudjuk vinni az energiát a sejtekbe.

— Az új terápiától teljesen meggyógyulhat a beteg, vagy csak állapota javulása várható?

— Ha hasnyálmirigy-gyulladást kap valaki, akkor 60 százalék az esélye, hogy enyhe, 30 százalék, hogy közepes súlyos, és 10 százalék, hogy súlyos gyulladása alakul ki. Enyhe esetben, ha a gyulladás lezárul, a beteg gyógyultnak tekinthető, mert ott sejtelhalás nincsen. Közepes-súlyos esetben viszont van sejtelhalás a hasnyálmirigyen belül. Ha ez kismértékű, fel tud szívódni. Ha viszont nagymértékű, akkor szét is eshet az egész pancreas. Mi azt várjuk, ha ezt a 60 százalékos arányt növelni tudjuk, növelni tudjuk azoknak a betegeknek az arányát, akiknél nem indul meg a sejtelhalás. Ez nagyon fontos, hiszen lehet, hogy ezzel tudjuk kivédeni vagy csökkenteni a nekrozist.

— Említette, hogy a hasnyálmirigy belső elvezető sejtjeinek a kimerülése, a mitokondrium elhalása az, ami a sejt pusztulásához vezet. Hogyan zajlik ez a folyamat?

— Két fontos sejt típusa van a hasnyálmirigy külső elvezető mirigyének. Az acinus sejtek enzimeket termelnek, a duktális sejtek pedig a pancreas-vezeték sejtjei, amelyek naponta 1,5 liter a folyadékot és bikarbonátot állítanak elő, ami kifolyik a pancreasból. Az élettani tankönyvek még ma is azt írják, hogy ennek a lúgos folyadéknak az a fő feladata, hogy a gyomorban lévő savas folyadékot, mielőtt a vékonybélbe lecsorog, semlegesítse. A mi szegedi munkacsoportunk ezzel szemben felfedezte, hogy a bikarbonátnak már a pancreason belül is van szerepe: a lúgosítással gátolja az enzimek autoaktivációját. Kiemelendő, hogy ezen felfedezéseket Sahin-Tóth Miklós, magyar származású bostoni kutatóval értük el. Fontos azt is megemlíteni, hogy a pancreas által termelt lúgos kémhatású bikarbonát semlegesíti az acinusok által termelt savat. Vagyis ennek a szekréciónak már a hasnyálmirigyen belül is kettős szerepe van. Az egyik, hogy kimossa onnan a toxikus anyagokat, a másik pedig, hogy gátolja az enzimek autoaktivációját. Ez a mi felfedezésünk. Az acinus sejteket érintő mitokondriális károsodással, és a korai energiaszinttel a liverpooli és a Los Angeles-i munkacsoportok foglalkoztak sokat, az ezzel kapcsolatos megállapítások elsősorban hozzájuk köthetők.

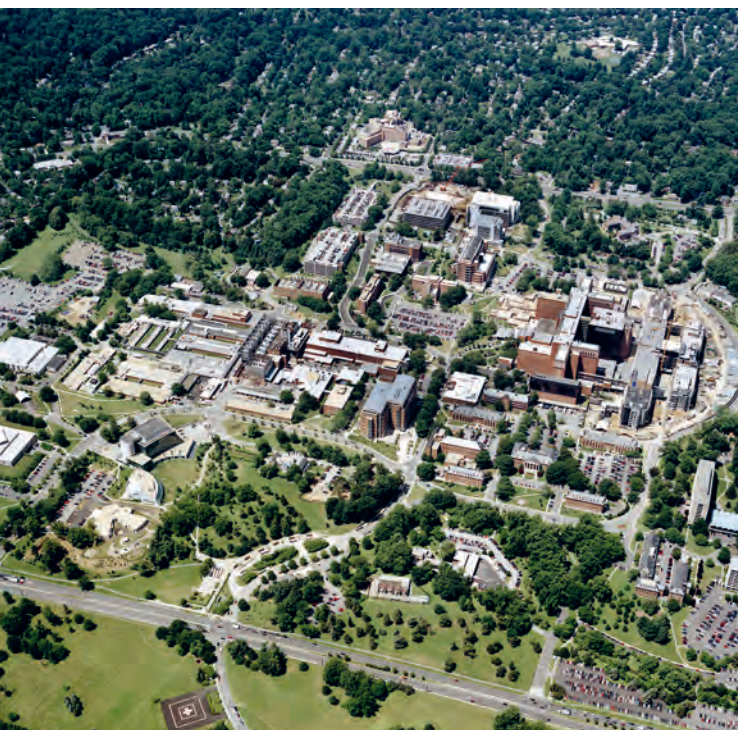
— Mitől függ a hasnyálmirigysejtek bikarbonát-termelése?

— Az energiától. A duktális sejtek, és részben az acinus sejtek is óriási mennyiségű, 140 millimol koncentrációjú bikarbonátot termelnek, ezzel szemben a vérben csak 25 millimol bikarbonát található. Ez annyit jelent, hogy gyakorlatilag óriási koncentráció-gradienssel ellentétben kell dolgozniuk, amihez óriási energia kell. Az acinus sejtek pedig, több mint 300 bioaktív molekulát — fehérjéket — termelnek, amihez megint óriási energia kell. Vagyis, azt mondhatjuk, hogy a hasnyálmirigy alapműködéséhez óriási mennyiségű energia

szükséges. A pancreas említett két sejtípusát úgy lehet elképzelni, mint a bányászt, vagy a maratoni futót, akinek folyamatosan pótolni kell az intenzív mozgás által elvesző energiát. Ha energiaszintjük csökken, akkor azonnal károsodik az a tevékenység, amit ellátnak. A hasnyálmirigy energiaigényes tevékenysége az, hogy sok bikarbonátban és fehérjében gazdag folyadékot termeljenek.

— **Ha az energia a kulcskérdés, akkor miért nem ehett az akut hasnyálmirigy-gyulladásos beteg?**

— Az evés hatására létrejövő gyomorfal feszülés nagyon komoly idegi endokrinológiai, neuroendokrinológiai válaszokat vált ki, amik a bélrendszerre ható vagovagális reflexszel indulnak. Vannak olyan idegvégződésesek, amik érzékelik, hogy feszül a gyomor, és ez másik idegműködéseken keresztül elkezd stimulálni a működést. Úgy érzi a szervezet, hogy nemcsakára a pancreas is működésbe kell lépjen, és azt is elkezd stimulálni, így olyan anyagok, neuropeptidok szaporodnak fel, amik tovább stimulálják a hasnyálmirigyet. A gyomoralfeszülést tehát el kell kerülni szondatáplálással. Ha 50-100 milliliter/óra sebességgel tápanyagot viszünk be a szervezetbe, akkor a beteg tud éjjel aludni, nappal is tud pihenni. Persze ha a beteg nem tolerálja a szondát, és vállalja, hogy megiszsa óránként a folyékony tápanyagot akkor ez is egy lehetőség. A betegek hozzáállása azonban többnyire nem olyan jó, hogy ennek alkalmazását meg lehessen kockáztatni. Az evéssel kapcsolatos kérdés mindezek ellenére valóban felvetődik, azonban még nem vizsgálta senki, nem ismerjük a nyelési reflexeket sem. Mindenesetre volt már példa arra, hogy folyékony tápanyaggal értek el jó eredményt. Azonban legtöbbször a betegek állapota nem teszi lehetővé, hogy szájon keresztül kapja a táplálékot.



— **Az Önök eredményeihez nagymértékben hozzájárult, hogy a hasnyálmirigy kutatása és gyógyítása területén meghonosították a transzlációs medicinát. Mi ez tulajdonképpen, és hogyan járul hozzá az alap kutatás eredményeinek hasznosulásához?**

— Sokan — még az orvosok közül is — megkérdezik, hogy mi ez, pedig a világon jelenleg ez a legjobb eredményt felmutató tudományterület, aminek természetesen megvannak az előzményei a magyar orvoslásban is. Az 1900-as évek elején a medicina nem vált szét alap kutatásra és klinikumra. A klinikusok tanították az alapismereteket is az élettantól az anatómián át, patológián keresztül. Akkoriban ha egy klinikusnak felvetődött egy klinikai kérdése, lement a laborba, csinált kísérleteket, visszavitte az eredményt, így lépett tovább. A hetvenes években azonban bekövetkezett egy óriási tudományos robbanás, és attól kezdve szinte minden évben megduplázódott az addigi tudományos ismeret. Exponenciálisan nőtt a genetikai, epigenetikai, proteomikai, és molekuláris biológia ismeretek mennyisége, és ugyanez igaz a medicinára is. A múlt század elején-közepén más vizsgálat szinte nem is létezett, csak a Röntgen-sugár, így a betegágy mellett az orvos leginkább csak a saját tapasztalatára hagyatkozhatott. Ezzel szemben ma számos diagnosztikai eljárás áll rendelkezésre: van MRI, fMRI és akár műtét közben is használható konfokális lézermikroszkópia. Ez a szédületes fejlődés azt hozta magával, hogy ma már mindenki csak egy kis szakterületet tud követni, miközben az orvostudományban a klinikai gyakorlat és az alap kutatás élesen elszakadt egymástól. Ma már ott tartunk, hogy ha egy orvos a diploma megszerzését követően azonnal elmegy alapkutatónak, a továbbiakban valószínűleg, soha nem fordul meg betegágy mellett. A klinikus pedig nincs otthon az alap kutatásban. Annak, hogy a két alapterület nem érti egymást, az lett a következménye, hogy hiába költöttek az Egyesült Államokban is többmilliárd dollárral többet kutatásra, egyre kevesebb lett az új terápiás felfedezés, és egyre kevesebb új gyógyszer került forgalomba. Nem véletlen, hogy a 90-es évek végén először Amerikában jöttek rá, hogy itt valamit tenni kell. A probléma orvoslására hivatott transzlációs medicinát az N.I.H.-ben (National Institutes of Health), a világ legnagyobb kutatóintézetében hívták életre — ott, ahol Szent-Györgyi Albert is dolgozott —, abból a célból, hogy legyen, aki fordít a két csoport között. Nem mélyül el egyik részterületben sem, de összehangolja a munkájukat. Mi az akut pancreatitisben hoztunk ilyen létre, eredményeink pedig remélem, magukért beszélnek.

DOMBI MARGIT

A MÉLYSÉG TITKAI

Ismert vizek ismeretlenje

A tengerek és óceánok legbelső mélyeit a technológia fejlettsége és a számtalan kutatás ellenére még napjainkban is rejtélyek övezik. Időről időre olyan információk kerülnek a felszínre, amelyek bolygónk legváltozatosabb és legkülönlegesebb helyévé teszik a vége-láthatatlan víztömeget.

Nagy levegő

A világ óceánjaiban a különböző mélységben elhelyezkedő vízrétegek kora kulcsfontosságú az abban végbemenő anyagkörforgás, különösen a légkörből a mély óceánba kerülő gázok szállítási folyamatainak megértéséhez. A Heidelbergi Egyetem kutatói legutóbb

megérteni, hogy az óceán milyen gyorsan és mekkora mennyiségben vonja ki az üvegházhatású szén-dioxidot a légkörből. Ehhez az alsóbb vízrétegek életkorának ismerete elengedhetetlen. Az egyik legfontosabb kérdés, hogy mennyi ideig tart a víznek, hogy a felszíntől eljusson az óceán mélyebb részeire? Legfeljebb 50 évig tartó időszak vizsgálatára többféle módszer áll a kutatók rendelkezésére. Ennél idősebb víz esetén azonban – így az óceánok nagyobb részének vizsgálatához egészen mostanáig – nem volt igazán alkalmas módszer.

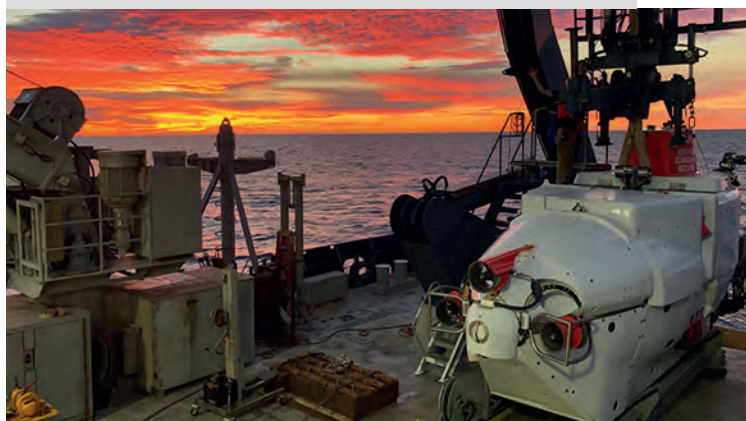
A heidelbergi kutatók vizsgálatukhoz az argon nemesgáz ritka, radioaktív ^{39}Ar izotópját használták, ami 269 éves felezési idejével különösen alkalmas az 50-től 1000 évig terjedő időtávlat elemzésére. Az atmoszférában és a felszíni vizekben azonban csak minden ezer-milliárd argonatomra jut egyetlen ebből az izotópból. Ezért korábban egy alapvető vizsgálat elvégzéséhez is rengeteg erőfeszítésre és óriási mintaméretre volt szükség. A szakemberek most egy merőben más módszert – csapdázott atomok vizsgálatának nevezett eljárást (Atom Trap Trace Analysis, ATTA) – alkalmaztak.

1. ábra. Az első minta az argonizotópos vizsgálatához
(Forrás: Heidelberg University)

egy saját fejlesztésű atomfizikai technikát alkalmaztak, hogy meghatározzák az óceán mélyebb rétegeinek korát 50-től 1000 évig terjedő időskálán. Ez az új kormeghatározási módszer, amely az egyes argonatomokat vizsgálja, egy az észak-atlanti térségben végzett kísérleti tanulmányhoz kapcsolódik. A kísérletek egy összetett program részét képezték, amelyet a Kielben található GEOMAR Helmholtz Óceánkutató Központ szakemberei végeztek. Tanulmányuk a *Nature Communications* tudományos folyóiratban jelent meg.

A világtenger körforgása fontos szereppel bír az óceánok életében és a globális éghajlati rendszerben. A jövőbeli éghajlati előrejelzésekhez fontos

2. ábra. Bevetés előtt Alvin, a kutató tengeralttjáró
(Forrás: University of Texas at Austin)



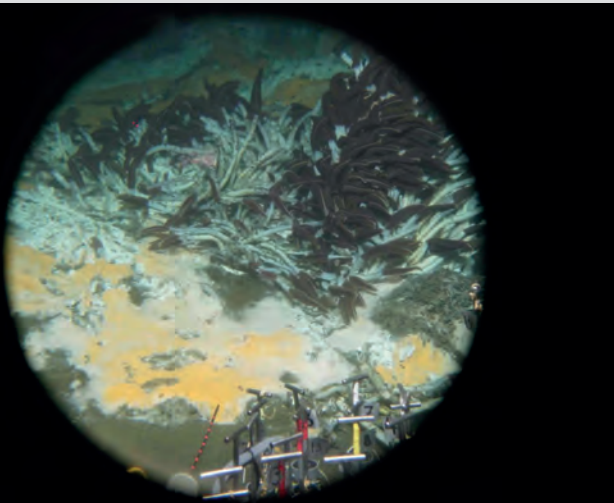
A Kirchoff Fizikai Intézet kutatócsoportjának, amelyet *Markus Oberthaler* professzor vezet, sikerült csökkentenie a szükséges mintaméretet, így egy-egy vizsgálat elvégzéséhez 1000 liter víz helyett már 5 is elegendő. A megszokott eljárásokkal ellentétben nem várták meg, hogy az izotópot a spontán bomlás során elkaphassák, hanem modern lézeres technológiával lelassították az atomokat, csapdába ejtették őket, majd kiválogatva megszámozták az egyes atomokat. Az izotópok lézerefényben apró különbségeket mutatnak, ami a fizikusok számára már elegendő ahhoz, hogy észleljék a kívánt ³⁹Ar atomokat, amíg a többi szabadon áthalad a csapdán.

A módszer segítségével sokkal pontosabban meg lehet határozni, hogy mikor érintkezett a vízminta utoljára a légkörrel. Ez új meglátásba helyezi az egyes nyomelemek mozgását az óceánban. A tanulmányozott területen 1000-2000 méteres mélységben például a feltételezettnél lényegesen kisebb a keveredés mértéke. A számítások szerint az óceán így a vártnál több szén-dioxidot képes megkötni. A projekt tökéletes példája annak, hogy egy atomfizikai alap kutatás hogyan vezethet új felfedezésre egy szinte teljesen eltérő tudományterületen.

A mélység kőolajfaló lakói

Az austin-i Texasi Egyetem Mélytengeri Kutatóintézetének munkatársai közel fél tucat új mikrobaközösséget fedeztek fel, melyek közül több is szénhidrogéneket – metánt és butánt – használ energiaforrásként életben maradásához és növekedéséhez. Ez pedig azt jelenti, hogy ezek a baktériumok egy nap akár segítségünkre lehetnek a légköri üvegházhatású gázok koncentrációjának mérséklésében vagy a kőolaj-szennyeződések eltüntetésében is.

3. ábra. A mintavételt egy aprócska kamerán keresztül figyelték (Forrás: University of Texas at Austin)



A *Nature Communications* tudományos folyóiratban megjelent tanulmány szerint a kutatók a Kaliforniai-öböl egyik medencéjében (Guaymas-medence), rendkívül forró, mélytengeri üledékes környezetben élő mikrobiális közösségek kiterjedt biológiai sokféleségére bukkantak. Az újonnan felfedezett baktériumfajok genetikailag annyira különböznek a korábban vizsgált hasonló élőlényektől, hogy egy egészen új csoportot alkotnak. Az eddig ismeretlen mikrobák ráadásul sokkal nagyobb szennyezőanyag-fogyasztó képességgel rendelkeznek, mint amelyeket eddig az óceánokban, illetve a talajban azonosítottak.

Eszerint az óceánok és tengerek mélye hatalmas, felfedezetlen biológiai sokféleséget, és olyan különleges, mikroszkopikus élőlényeket rejt, amelyek képesek lennének csökkenteni akár a kőolaj, vagy más káros kemikáliák jelenlétét a vizekben. A vizsált tengeraljzat alatt jelenleg is hatalmas szénhidrogén-telepek húzódnak, metán-, propán- és butánkészletekkel, a most tanulmányozott organizmusok pedig megakadályozhatják, hogy ezek az üvegházhatású anyagok a légkörbe szivároghassanak.

Az új tanulmány a Guaymas-medence üledékeinek eddigi legnagyobb genomikai mintavételéhez kapcsolódik. A kutatók 2000 méterrel a felszín alatt vizsgálgattak, ahol a vulkanikus aktivitás következtében a hőmérséklet 200 °C körüli. Itt közel 551 genomot azonosítottak, amelyek közül 22 az evolúciós fa eddig ismeretlen ágát képviselheti. Az evolúciós fa maga a biológiai csoportok rokonsági kapcsolatainak vázlatos ábrázolása, amelynek egyes elágazódásait az emberek azóta próbálják megfejteni, hogy 150 éve Darwin előhozakodott vele, és továbbra is a biológia aktívan kutatott területei közé tartozik. A DNS-szekvenálás és a számítógépes módszerek egyre gyorsuló fejlődése azonban egyre több, eddig ismeretlen élőlény létezéséről rántják le a leplet.

A világ összes mikrobájának mindössze körülbelül 0,1%-a tenyészthető, azaz sok ezer, vagy sok millió másik várhatja, hogy egyszer mikroszkóp alá helyezték. A kutatócsoport a mikrobiális közösségek és a környezetükben rendelkezésükre álló tápanyagok kölcsönhatását vizsgálta az üledékből vett minták segítségével, amelyből a különböző genomtöredékeket – az egy organizmushoz tartozó génkészletet – kapcsolták össze. Az így nyert adatokból következtettek a kutatók arra, hogyan emésztik meg a mikrobák a különböző tápanyagokat.

Mivel a mikrobák extrém környezetben élnek, ezért a minták összegyűjtéséhez az Alvin nevű tengeralattjárót használták, azt az eszközt, amely a Titanic roncsait is megtalálta. A Guaymas-medence sokszínűségét figyelembe véve a kutatók szerint az eszköz segítségével egyelőre szinte csak a felszínt kapargatták, és sokkal több



információt kell még gyűjteniük ahhoz, hogy közelebb kerüljenek a károsanyag-fogyasztó közösségek teljes megismeréséhez.

A víz nem felejt

Egy óceán rendkívül hosszú emlékezettel bír. Amikor például a Csendes-óceán ma már mélyen húzódó vízrétegei utoljára napfényt láttak, még Nagy Károly ült a Frank Birodalom trónján, a Szung-dinasztia uralta Kínát, az Oxford Egyetemen pedig megtartották az első előadásokat. Ez idő alatt, a IX. és a XII. század között, a Föld éghajlatát általánosan melegebb hőmérséklet jellemezte, mielőtt a XVI. században a kis jégkorszak hidegebb időszaka beköszöntött volna. Jelenleg az óceán felszíni hőmérséklete ismét emelkedik, de a kérdés az: az óceán mélyebb részei is tudják ezt?

A Woods Hole Oceanográfiai Intézet (WHOI) és a Harvard Egyetem kutatói szerint a Csendes-óceán mélyebb vizei néhány évszázaddal lemaradtak a hőmérsékleti körülményekhez képest, és továbbra is a kis jégkorszak emlékei élnek bennük. Így habár az óceán nagy része reagál a modernkori felmelegedésre, az óceán mélye továbbra is hűlhet. A vizek olyan időségek és olyan régóta nem jártak a felszín közelében, hogy még az az emlékezet él bennük, mi történt néhány évszázaddal korábban, amikor Európa a történelem leghidegebb teleit tapasztalta meg.

Az éghajlat többféle időskálán változik. Néhány helyi melegedési és hűlési mintázat, mint a kis jégkorszak vagy a középkori meleg időszak jól ismert. A kutatók célja a vizsgálattal inkább az volt, hogy kifejlesszenek egy modellt arra nézve, hogy az óceán belső tulajdonságai hogyan reagálnak az éghajlat változásaira és a következő eredményre jutottak: ha a felszíni vízrétegek

4. ábra: A HMS Challenger kutatóhajó korabeli ábrázolása
(Forrás: Woods Hole Oceanographic Institution)

általános hűlési tendenciája meg is fordult a legutóbbi évezred során, a napjaink felmelegedésétől kevésbé érintett mélybeli óceáni részek továbbra is hűlhetnek.

A modell természetesen a jelenlegi óceán egyszerűsített változata. Hogy teszteljék az előrejelzést, a kutatók a szimulációban talált hűlési tendenciát összehasonlították a HMS Challenger fedélzetén utazó kutatók 1870-es években végzett hőmérséklet méréseivel, valamint a 120 évvel későbbi, 1990-es megfigyelések adataival. A HMS Challenger egy három-árbcos, fából készült, eredetileg brit hadihajónak tervezett vitorlás volt, amelyet az egyik első olyan modern tudományos expedícióra használtak, ami fő feladatának a világóceán és a tengeraljzat kutatását kapta. A felfedezőút során 1872 és 1876 között hőmérőket engedtek az óceán mélyére és több mint 5000 hőmérséklet-mérést végeztek.

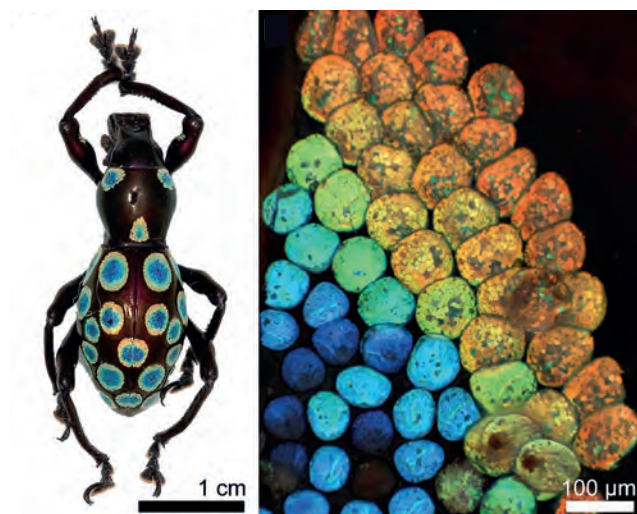
Ezt a történelmi adatsort kiértékeltek, majd a minél pontosabb közelítés érdekében számos korrekciót végeztek a hőmérőket ért nyomáshatások, illetve a leeresztéshez használt kötél tulajdonságainak figyelembe vételével. A kutatók ezután a HMS Challenger adatait a modern megfigyelésekkel összevetve azt kapták, — az előzetes várakozásoknak megfelelően — hogy a globális óceán legnagyobb részén a bolygó XX. századi hőmérséklet-emelkedése miatt a felszínközeli vízrétegekben melegedést, míg nagyjából 2000 méteres mélységben hűlést tapasztaltak. Az eredmények arra utalnak, hogy a modern felmelegedés előtti éghajlati jelenségeik továbbra is hatással vannak napjaink hőmérséklet-emelkedésének jellegére.

SZOUCSEK ÁDÁM

SZIVÁRVÁNYOS ORMÁNYOSBOGÁR AD ÖTLETET ÚJ DIGITÁLIS KIJELEZŐKHOZ



A biológia kimeríthetetlen ötlettárából mérnöki megoldások sokasága táplálkozott már eddig is; és egyre népszerűbb e kutatási terület, hisz így nem kell feltalálni dolgokat, csak leutánozni, amit a természet már megalkotott. A festékek terén sem ismeretlen a módszer, ez elsősorban a szerkezeti színeket létrehozó fotonikus kristályok felismerésének köszönhető.



Svájci és amerikai kutatók most egy, a Fülöp-szigeteken honos, trópusi ormányosbogár (*Pachyrhynchus congestus pavonius*) szárnyfedőinek szivárványos színeket pompázó mintázatát vizsgálták különféle mikroszkópos eljárások és kisszögű röntgenszórás (SAXS) segítségével. Az ormányosbogár esetében a mintázaton a szivárványéval megegyező szabályos színsorrend (kívülről befelé haladva vörös-narancs-sárga-zöld-kék-ibolya) alakult ki, s ezt a szárnyfedő egyedi, egészen kerek pikkelykéinek egyenkénti, kis méretű színváltozásai építik fel. A kékes és zöldes pikkelyek egyedileg körülbelül egyöntetűen azonos színűek, de a sárgától a vörösig terjedők kissé nagyobb méretű pikkelyek színében apróbb foltokban színeltérések is látszanak, egy pointilista festményhez hasonlóan.

A bogár szivárványos mintázatának nanoszerkezete nem a szokványos, szerkezeti színek létrejöttéhez szükséges elnagyolt szerkezeti elemeket

tartalmazta, hanem igencsak szabályos mintázatot és elrendezést mutatott, hasonló jellegűt ahhoz, amit a nemesopál szerkezetében találunk. Érdekes, hogy e fajon kívül más, közeli rokon ormányosbogarakban nem alakult ki a hasonlóan szabályos háromdimenziós fotonikus kristály szerkezete. Az elektronmikroszkópos felvételekből kiderült, hogy az egyszínű kék és zöld pikkelyek fotonikus kristályai nemcsak szabályos méretűek és elrendezésűek, hanem az egymásra épült számos kristályréteg is szabályosan áll, a pikkely felületi síkjával egyezően. A narancs-vörös pikkely ugyanezen vizsgálatából viszont az látszott, hogy itt kisebb darabokból áll össze a teljes felület és ezek a kis régiók a pikkely síkjából kis mértékben kibillent szögben állnak. Az ormányosbogárnál a szerkezet fokozatos változtatása azzal is együtt jár, hogy a kristályt felépítő rács alapelemeinek kitartartalma is fokozatosan változik, egyenes arányban a színárnyalattal.

A bogár képes arra, hogy gyakorlatilag sejtenként változtassa a pikkelyei színéhez szükséges kristályszerkezetet, ennek az az eredménye, hogy a rovarok körében egyedülálló módon a színei nemcsak ragyogók és precíz sorrendben utánozzák a spektrum látható sorrendjét, hanem bármely szögből nézve azonosak is maradnak. A rovarok szerkezeti színeinél eddig pontosan az ellenkezőjét ismertük csak, hisz a színeiket a rálátás szögétől függően változtatják a többiek. Egyetlen madagaszkári pillé faj rendelkezik az ormányosbogárhoz hasonló tulajdonsággal, ám ott egyréteggű a fotonikus kristály, amellyel létrehozza. A háromdimenziós jelleggel működő fotonikus kristályokat eddig csak tengeri állatok (például polipok) esetében ismertük, habár ők is egy kristályréteggel operálnak, ám azok szerkezetét képesek dinamikusan és térben is változtatni.

Ugyan a jelenlegi technológiáink alkalmatlanok még arra, hogy hasonló mérettartományú kristályszerkezetet készítsünk, s ezzel elérjük azt a hatást, amit az ormányosbogár a szárnyfedője foltjain, de nagyon jól hasznosítható lenne, ha képesek lennénk leutánozni a bogár által készített fokozatosan változó szerkezetet. Az így készíthető mesterséges fotonikus kristályok például kiválóak lennének szenzorokhoz, nagy színhűségű festékekhez, s a bármilyen szögből azonos színek például az elektronikus eszközeink kijelzőinél volnának ideálisak. Magát a technológiát pedig hasznosítani lehetne az optikai szálak elvesztésének csökkentésére is.

(Small, 2018. augusztus)

MENNYI IDŐS A MEKONG?



A Mekong mind hosszában, mind vízhozamában a világ legnagyobb folyói közt van, a Himalájától (több mint 5000 méter tengerszint feletti magasságból) a Dél-kínai-tengerig fut, hat országot köt össze és sok tízmillió embernek ad megélhetést. No de mióta létezik? A vélemények megoszlanak, 5 és 55 millió év közti kort adnak a folyónak, ez pedig meglehetősen nagy bizonytalanság. Egy nemzetközi kutatócsoport most azt igyekezett meghatározni, hogy mikor kezdte el átvágni a folyó a felemelkedő Tibeti-fennsík szikláit és minek köszönhető az időzítés.

Ahhoz, hogy egy vízfolyás átvágjon egy kőzettömbön, két dologra van alapvetően szükség: magasságkülönbségre és vízhozamra. A kellő magasságot sok esetben az adott terület kiemelkedéséhez kötik, ez esetben a Tibeti-fennsík délnyugati részéről beszélünk, ami 30-40 millió éve emelkedett meg, így egyes elméletek elsősorban ehhez a geológiai mozzanathoz kötötték a Mekong kialakulását is. Azonban önmagában az emelkedés kevés lett volna a Mekong esetében, amint azt a mostani kutatás eredménye bizonyította.

A vizsgálathoz olyan gránitokat elemeztek a kutatók, amelyek a folyó középső szakaszának medrében, számos, körülbelül 1300 méter magasságkülönbséget átfogó, eltérő helyekről származtak (a kínai Jünnan tartományban). Az elemzésben a gránitban lévő apatit kristályok urán-tórium hélium arányait vizsgálták, ugyanis ezzel meghatározható, hogy az adott kőzet mikor került a felszínre. Az urán és a tórium lebomlásával keletkező hélium a föld mélyének hője miatt elszökik a kőzetekből, ám, ha a kőzet hűvösebb helyre kerül, már képes megtartani a keletkezett héliumot. A két kiindulási elem, és az ezekből keletkezett, a kőzetben lévő hélium mennyisége alapján kiszámítható, hogy mennyi ideje van a felszín közelében a kőzet.

A Mekong üledékeinek vizsgálata szerint nagyjából 17 millió évvel ezelőtt kerültek a gránitsziklák a felszínre, azonban ebben az időszakban felszínemelkedésre vagy a régió törésvonalainak térszínformáló aktivitására utaló geológiai nyomok nincsenek, így a kőzetek „kiszabadulását” nem lehet ilyen folyamathoz kötni. Azonban ez a kor egyúttal egy különösen erős monszuntevékenységgel járó periódus is volt, a középső-miocén klímaoptimumnak hívott időszak, 14-17 millió éve. A nagy mennyiségű csapadék (a jelenlegi

monszun hozamának a duplájára becslik a korabeli esőket) hatására jelentősen megnőtt az ős-Mekong vízhozama is, s ezzel együtt a sziklákat felőrlő ereje is. A klímaoptimum időszaka nemcsak a folyó szikláinak felszínre kerülésével, hanem a délkelet-ázsiai tengerparton felhalmozott folyami hordalék mennyiségének jelentős növekedésével is egybeesik, így feltételezhető, hogy ekkor vághatta át a Mekong a fennsík peremvidékének kőzeteit s kezdte el a fennsíkról származó hordalékot leszállítani a torkolatig.

Ahhoz, hogy igazolják is az összefüggést, a kutatók számítógépes modellezéssel egészítették ki a méréseiket. A modellhez egy folyók nélküli Tibeti-fennsíkból

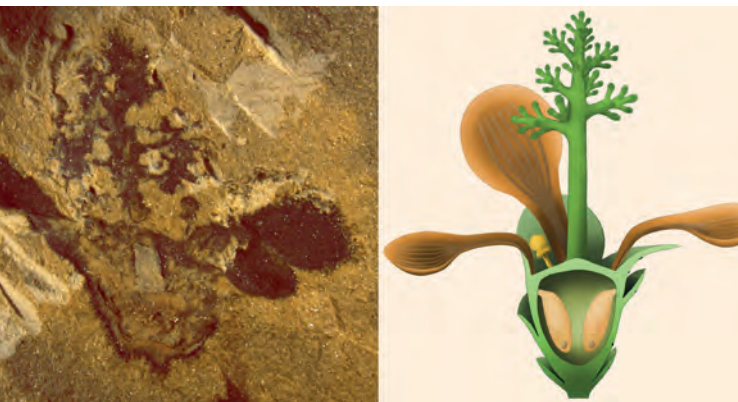


indultak ki, majd a csapadékmennyiségek változtatásával a modellek kimenetei megmutatták, mennyi esőre volt szükség ahhoz, hogy a Mekongéhoz hasonló mélyen bevágódó folyóvölgy születhessen. Pusztán a felszín emelkedése, jelentősebbé váló csapadék nélkül ehhez kevés volt, s az eredmények szerint a miocén közepének felerősödő monszuntevékenysége kellett ahhoz, hogy elég ereje legyen a fennsíkról eredő víznek a Mekong mai völgyének kialakításához, így arra jutottak, hogy a folyó nem születhetett meg 17 millió évnél régebbi korban. A 14-17 millió éves közti kor pontosításához a kutatók további kőzetminta elemzéseket terveznek a Mekong völgyéből, illetve a Tibeti-fennsík e részéről eredő más folyók völgyeiből is, mivel könnyen lehet, hogy más folyók kialakulása is e miocén kori csapadéknövekedéshez köthető.

(*Nature Geoscience*, 2018. október)

50 MILLIÓ ÉVVEL KORÁBBAN JELENTEK MEG A VIRÁGOK

Egy most felfedezett kínai virágfosszília alapjaiban rázza meg a növények evolúciójának széleskörűen elfogadott elméletét. Az eddigi ismert legidősebb zárwatermők (virágos növények) körülbelül 130 millió évesek



voltak, de a molekuláris vizsgálatok arra utaltak, hogy ettől jóval korábban kellett megjelenniük. Az ezt igazoló ősmaradványok azonban csak most kerültek elő. A kínai alsó-jura (174 millió éves) kőzetekben talált *Nanjinganthus dendrostyla* szerint legalább 50 millió évvel korábban megjelenhettek. A kutatók eddig nem tudták, hogy hol és hogyan alakultak ki a virágok, mert a kréta időszakban sok különböző virág bukkant fel egyszerre látszólag a semmiből. A kínai paleontológusok a Nanjing közelében felfedezett 34 kőzeten vizsgálták meg 264 példány maradványait. A leletek bősége lehetővé tette, hogy különböző mikroszkópi módszerekkel tanulmányozzák a preparált leleteket és nagyfelbontású képeket készítsenek a virágokról. Részletes információkat kaptak az alakjukról és szerkezetükről, amik megerősítették, hogy a *Nanjinganthus* maradványok a korai zárwatermők közé tartoztak. A kutatók a további vizsgálatok során főleg arra kíváncsiak, hogy vajon a zárwatermők monofiletikusak-e, vagyis az összes későbbi virágos növény a *Nanjinganthus* leszármazottja, vagy pedig ez egy evolúciós zsákutca volt, és nincs közvetlen rokonságban a későbbi zárwatermőkkel.

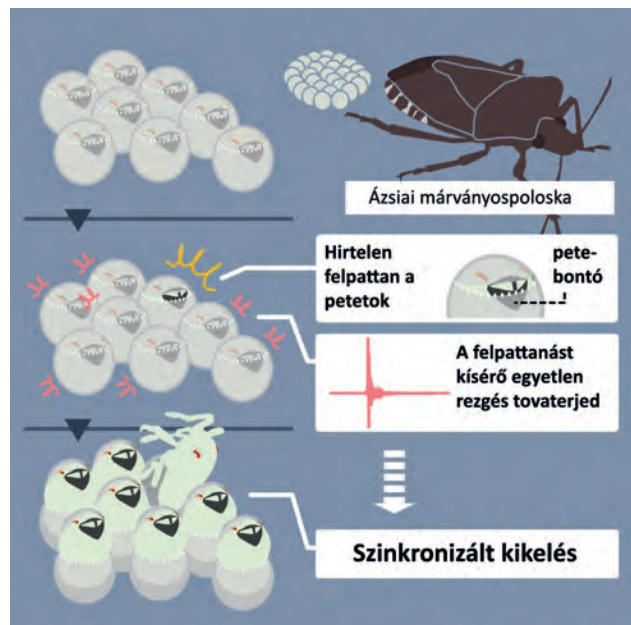
(*eLife*, 2018. december 18.)

A POLOSKAPETÉK VIBRÁCIÓVAL SZINKRONIZÁLJÁK A KIKELÉSÜKET

Számos állatfaj csoportos, egyidejű kikelése a túlélés záloga, ezt részint természetes külső folyamatok (pl. hőmérséklet) szinkronizálják, részint maguk a születendő állatok, vagy a szülők járulnak hozzá. Krokodilok vagy madarak esetében a tojásban a fióka által kiadott

hangokat a szomszédos tojásokban lévő testvéreik is meghallják, s reagálnak rá; hasonlóan teknősök és egyes rovarok esetében vibrációval tapasztaltak. Japán kutatók (az utóbbi években hazánkban is terjedő betolakodó) ázsiai márványospoloska (*Halyomorpha halys*) kikelés előtt álló petéit vizsgálták, mivel e faj is szinkronizáltan kel ki, kíváncsiak voltak, miféle ingert használnak a poloskaembriók. Az anyapoloska egymáshoz ragasztja a szoros közelségben lerakott petéket, így ezek érintkeznek, s ennek okán a mechanikai ingerek át tudnak terjedni egyik petéről a másikra.

A kutatók a petéket mesterségesen szétválasztva és elhelyezve tesztelték a kikelés során tapasztalható szinkronizáció mértékét számos különböző elrendezés szerint. A peték akkor tudtak egyszerre kikelni, ha a petetokok fizikailag érintkeztek, a puszta közelségük ehhez nem volt elegendő. Megerősítették



a kikelés során tapasztalható vibrációkat, illetve ezek átterjedését a szomszédos petékre, s kiderült, hogy a „jel” az a pillanat, amikor az elsőként spontán kikelő poloska áttöri a petetok tetejét. Ez az esemény egyetlen hirtelen rezgéssel járt, ami az érintkező petékre is átterjedt, s ezt követően azok is nekiláttak a petetok feltörésének, s 15 percen belül kikeltek.

A szinkronizációra azért lehet szükség, mert a poloskák hajlamosak felfalni a még ki nem kelt testvéreik petéit, így a kikelés összehangolása védekezés lehet e testvér-kannibalizmus ellen.

(*Current Biology*, 2019. január 7.)

TÁJÉKOZTATÓ

A XXVIII. TERMÉSZET–TUDOMÁNY

DIÁKPÁLYÁZATRÓL

A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat által meghirdetett, a Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat által lebonyolított diák-cikkpályázat benyújtásának (postai feladásának) határideje **2018. december 7-én** lejárt.

A pályázatokat az alábbi kategóriákban lehetett benyújtani:

Természettudományos múltunk felkutatása és a kultúra egysége

- 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). Vagy:
- A dolgozat írójának tágabb környezetéhez kapcsolódó tudományos vagy műszaki intézmények története, tudóstársaságok története, eredeti dokumentumok bemutatásával. Vagy:
- 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.).

A kultúra egysége altéma *Simonyi Károly* (1916–2001) akadémikus emlékére a humán és a természettudományos kultúra összefonódását hivatott elősegíteni.

Önálló kutatások, elméleti összefoglalások

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. 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 emléket állítjuk.

Matematika és informatika

A középiskolások pályázhattak bármilyen, matematikával vagy informatikával kapcsolatos önálló vizsgáldással. Itt nem valamilyen új tudományos eredményt vártunk, hanem olyan egyéni módon kigondolt és felépített ismeretterjesztő dolgot, amelyben a pályázó elemző áttekintést ad az általa szabadon választott témakörből.

A matematika kategória *Martin Gardner* (1914–2010) amerikai szakíró, a matematika kiváló népszerűsítőjének, az informatikai altéma *Nicholas Metropolis* (1915–1999), görög származású amerikai elméleti fizikus és matematikus, folyóiratunk segítőjének az emlékét őrzi.

Egészségtudomány

A díj odaítélésénél előnyben részesülnek az egyéni megközelítésű, elmélyült búvárkódásra utaló, olvasmányosan megírt, az orvostudományi és egészségügyi etikai szabályokat teljes egészében tiszteletben tartó pályaművek.

Díjazás

Minden kategóriában I. díj, II. díj, III. díj, valamint a zsűri döntésével több, arra érdemes írásnak különdíj is kiadható. A zsűri a díjazott diákok felkészítő tanárainak a munkáját is értékes jutalmakkal ismeri el. A konkrét díjazásról a zsűri a bírálati folyamat során dönt.

(Tájékoztatásul közöljük az előző évi díjkategóriákat: 2017/2018-ban a kategóriák győztes pályázó diákjai pályaművenként 60 000 Ft, a II. díjasok 40 000 Ft, a III. díjasok 25 000 Ft pénzjutalmat kaptak. A kiemelt különdíjasunk 35 000 Ft, a többi különdíjasunk pedig 25-25 000 Ft díjazásban részesült. A felkészítő tanároknak – diájkjuk helyezése függvényében – értékes tárgyjutalommal (tablet, könyvcsomag) köszöntük meg a munkájukat.)

A pályaművek elbírálási folyamata elkezdődött, s a döntésre előre láthatóan 2019. március 1-ig kerül sor, a díjakat diákkonferencia keretében adjuk át 2019. tavaszán, erről a díjazottakat külön levélben értesítjük.

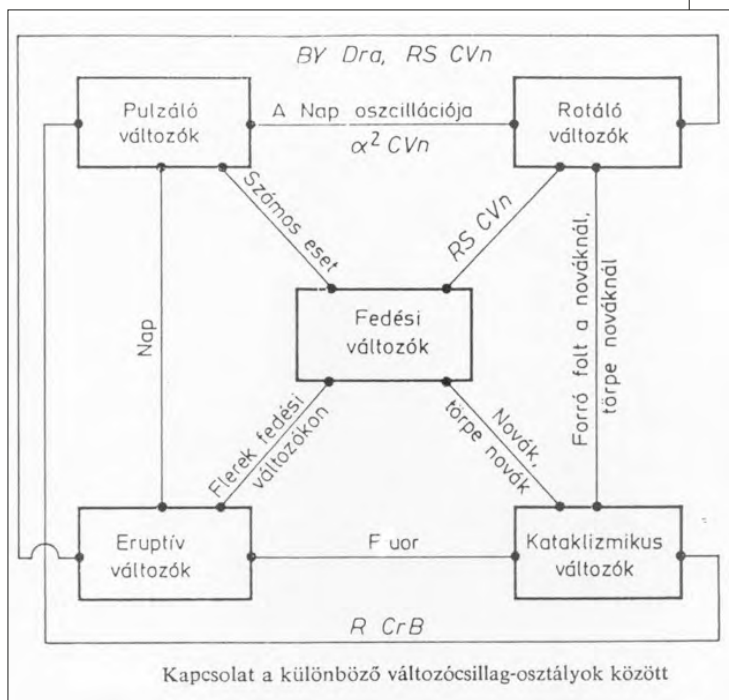
XXVII. TERMÉSZET-TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT

Egy kataklizmikus változócsillag: az AM Cassiopeiae

Szülővárosom, Baja 1955 óta mondhat magáénak egy csillagvizsgálót, amely 1966 óta a hazai és nemzetközi kutatások aktív helyszíne. Emellett az utánpótlás-nevelést is mindig fontosnak tartották az itt dolgozó kutatók. Kisebbségi kihasználásuktól eltekintve folyamatosan mondható városi csillagászati szakkört működtetnek, ahol akár a csillagos égbolttal ismerkedni kezdő legfiatalabbakat is szívesen várják.

Így kerültem én is jó néhány évvel ezelőtt a bajai szakkörbe. A megfelelő alapismeretek elsajátításának hosszasan tartó folyamata után, az elmúlt év során érdeklődésem az intézet egyik kisebb, de jól felszerelt, automatikus távcsövének használatára összpontosult. Valami komoly és hasznos megfigyelésbe szerettem volna fogni vele. Sokan azt gondolják, hogy a csillagok „vallatása” elképzelhetetlenül bonyolult dolog – ezt korábban én is így véltem – de a lelkesedésemet látva a megkerdezett szakemberek biztattak, segítettek, néhány külön foglalkozás során bevezettek a tudományos igényű távcső-, és egyéb műszerhasználat mikéntjébe. Akarakterővel, kitartással, plusz szakirányú olvasnivalók átrágásával és megértésével végül tisztulni látszott a kép, és már nem is látszott lehetetlennek az elképzelés. Már csak egy jó konkrét célpont kiválasztása kellett. Saját példámon keresztül szeretném bemutatni másoknak is, hogy nem elérhetetlen a csillagok szakmai szintű vizsgálata középiskolás szintű tudással sem. Akik hasonlóképpen lelkesen állnának egy távcső mellé, tudományos igényű észlelést végezni – csak nem tudják, hol és hogyan is kezdjenek neki, írásom például szolgálhat.

Életem első csillagászati tudományos kutatási témájaként a változócsillagokat választottam. Ezek olyan csillagok, melyek emberi időskálán mérve, azaz néhány másodperctől néhány évig terjedő időintervallum alatt változtatják valamely fizikai tulajdonságukat. (A hangsúly a „rövid időskálán” van, mert ha túl nagy időintervallumon vizsgáljuk a csillagokat, akkor már tulajdonképpen mindegyik csillagban változások mennek végbe.) Az ilyen csillagok kiemelt fontosságúak a magyar csillagászati kutatásokban is, ugyanis megfigyelésük tradicionális témának tekinthető. Változásokat sokféle jelenség okozhat egy csillagon. Aszerint, hogy a csillagokon milyen változás megy végbe, öt fő típust különböztetünk meg (1. ábra):



1. ábra. A változócsillagok különböző típusai

- Fedési változók:** Ezek olyan kettős (netán többes) rendszerek, amelyekben a csillagok egy közös tömegközéppont körül keringenek, és a keringési sík kis szöget zár be a látóirányunkkal, így tőlünk nézve időben periodikusan (részben vagy teljesen) elfedik egymást. Ez a fedés igen jellegzetes időbeli lefutású, a gyakorlott észlelők azonnal felismerik az ebbe a típusba sorolható objektumokat.
- Rotáló (forgási) változók:** Ezen csillagok fényességváltozása valamilyen módon a csillag forgásához kapcsolódik. Leggyakoribb képviselőik a foltos csillagok, melyek erős mágneses tere a fotoszférában igen nagyméretű csillagfoltokat hoz létre.
- Pulzáló változók:** Ezen típusnál a csillag sugara és felszíni hőmérséklete változik. Igen nagy jelentőségük van a csil-

lagászati távolságmérésben, ugyanis sok altípusuk használható pontos és nagy távolságok mérésére. Aszerint, hogy a változás mennyire szabályos lefolyású, megkülönböztetünk további altípusokat: szabályos (reguláris), félszabályos (szemireguláris) és szabálytalan (irreguláris) változókat.

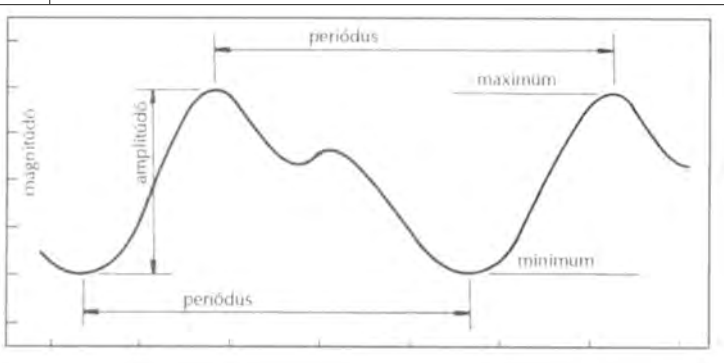
d) *Eruptív változók:*

Ezek olyan csillagok, amelyek fényváltozását a légkörükben lejátszódó heves asztrofizikai folyamatok, a kitörések okozzák, melyek általában nem periodikus folyamatok.

e) *Kataklimikus változók:*

Az eruptív változókhoz hasonlóan ezeknél is kitörések okozzák a fényváltozást, de az energia-fel szabadulás nagyságrendekkel nagyobb. A többségük szintén kettős rendszer, amelyben a két csillag között anyagáramlás történik, és ebből adódnak a robbanások (törpenóvák, nóvák), de ide tartoznak a legnagyobb csillagrobbanások, a szupernóvák is.

Mind az öt típus megfigyelésére alapvetően kétféle mérési módszert alkalmaznak. A **fotometria** során a rendszer fényességét követjük az idő függvényében, különböző színekben. Azt a görbét, amely a csillag fényességváltozását mutatja az idő függvényében, fénygörbének nevezzük. A fénygörbe fő jellemzője a

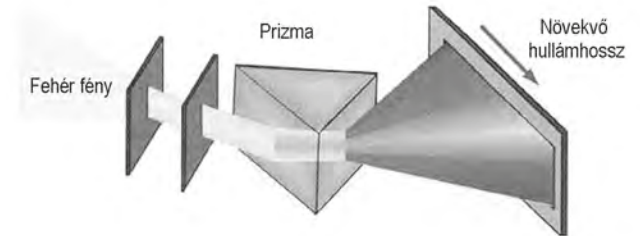


2. ábra. A fénygörbe főbb jellemzői

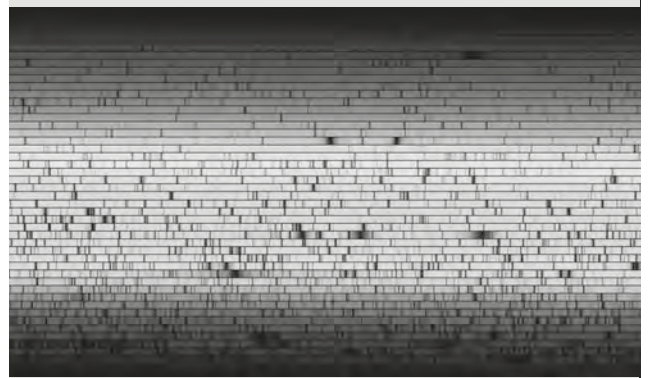
változás amplitúdója (nagysága) és a változás ismétlődéseinek időbeli szabályossága (2. ábra). Kiemelt fontosságú a tanulmányozásuk, ugyanis sok információ kideríthető az adott objektumról (különösen speciális esetekben).

A csillagászatban azonban van egy még ennél is sokkal hatékonyabb módszer, a **spektroszkópia**. Ennek során a csillag távcső által összegyűjtött fényét belevetjük egy bonyolultabb eszközbe, az ún. spektrográfba, mely a csillag összetett fényét színekre bontja szét (3. ábra), létrehozva a csillag spektrumát (azaz színeképét, lásd például a 4. ábrát). Kellően nagy felbontást alkalmazva, a színeképet tanulmányozva a csillag szinte összes

fizikai tulajdonságát, így a felszíni hőmérsékletét, légköri nyomását, mágneses és elektromos térerősségét, különböző mozgásainak (forgás, térbeli helyváltozás) látóirányú vetületeit, sőt a felszíni gravitációs gyorsulást is kideríthetjük, de ezen kívül információt nyerhetünk a csillag tömegvesztéséről és a körülötte keringő esetleges további objektumokról (bolygók, csillagközi anyagkorong) is. Habár jóval drágább technológia és



3. ábra. A színek létrehozása



4. ábra. A Nap spektruma

szigorúbb követelményeket támaszt a hozzákapcsolt távcső iránt is, manapság hazánkban is egyre nagyobb jelentősége van ennek a technikának.

A természetben lejátszódó nagy energiájú folyamatok igen érdekesek. Kutatásaim számára legérdekesebbnek, legizgalmasabbnak „természetesen” a kataklimikus változók tűntek. Rejtélyesek, némelyikük sokáig semmi különös jelenséget nem mutat, aztán hirtelen heves kitöréseket produkál. A kataklimikus változócsillagokról a többi típusú változókhoz képes viszonylag kevés mérés van, különösen Magyarországon, ezért is éreztem hasznosnak e típus megfigyelését. Ezután következett a konkrét „célpontválasztás”. Ennél a sajátos magyar asztroklímát és a rendelkezésre álló műszerpark adottságait is figyelembe kellett venni. Végül kezdetnek az **AM Cassiopeiae** (5. ábra) nevű csillagot választottam (rövidítve AM Cas), mely besorolását tekintve a kataklimikus változócsillagok egyik alcsoportjának, a törpenóvák egy további alcsoportjába, az SS Cygni típusú csillagok sorába tartozik. A következőkben ezen



5. ábra. Kassziópeia csillagképben lévő AM Cas és csillagkörnyezete

csillagokat, az általam használt műszerparkot és a saját kutatási eredményeimet szeretném részletesebben bemutatni. szeretném részletesebben bemutatni.

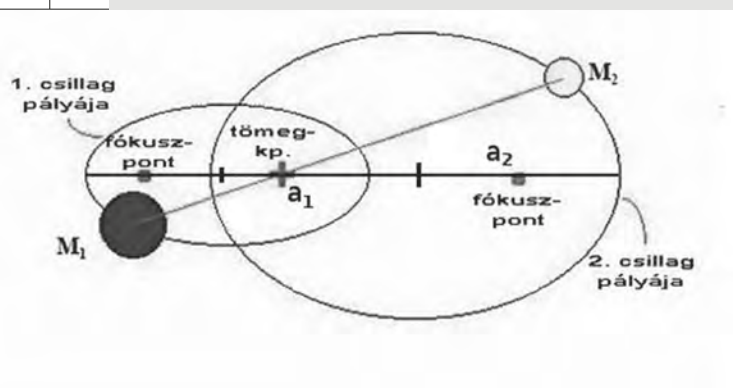
Egy kis asztrofizika

A kataklizmikus változócsillagok esetében fúziós robbanások történnek a csillag felszínén (nóvák) vagy belsejében (szupernóvák), mely folyamatok során igen nagy energia szabadul fel. Az ilyen csillagok többsége kettős rendszer tagja (kivéve a 'kollapszár' szupernóvákat). A rendszerben a két csillag között fellép a gravitációs vonzóerő, az objektumok egy közös tömegközéppont körül valamilyen kúpszelet pályán keringenek az égi mechanika törvényeinek megfelelően (6. ábra).

További fontos törvények Kepler-törvényei is. Kepler III. törvénye szerint a keringési idő és az ellipszispálya fél-nagytengelye közötti összefüggés:

$$\frac{a^3}{T^2} = \frac{k^2}{4\pi^2} (m_1 + m_2)$$

6. ábra. Csillagpályák kettős rendszerben (tömegközépponti vonatkoztatási rendszerben)



Az általam vizsgált AM Cas, a törpenóvák csoportján belül az SS Cygni típusú csillagok közé tartozik. Törpenóvák esetén a kettőscsillag főkomponense egy fehér törpecsillag, amely objektumok a közepes tömegű csillagok „halálakor” keletkeznek a csillagmag gravitációs összehúzódása során. Fő jellemzőjük, hogy méretük a Föld méretéhez (5000-12 000 km), míg tömegük a

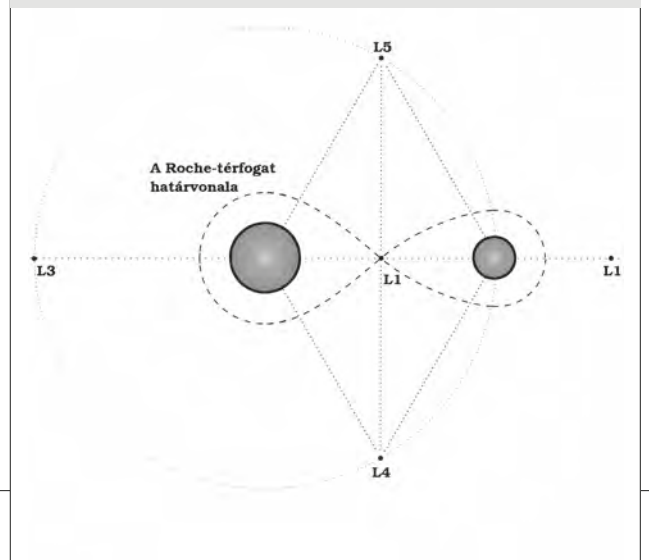


7. ábra. Egy átlagos fehér törpe a Földdel összehasonlítva

Nap tömegéhez (kb. 0,5-0,7 naptömeg) közeli (7. ábra), így meglehetősen sűrű objektumok. Az ezeket alkotó anyag igen különös állapotban van.

A kettős másik komponense a törpenóváknál egy kis tömegű, „normál állapotú” (azaz „fősorozati”) csillag. Ezek a változók ismétlődő kitöréseket produkálnak, melyek amplitúdója igen nagy 2-6 magnitúdó (lásd: csillagok fényessége, lentebb), és amelyek időtartama néhány naptól 20 napig terjedhet. A kitörések 20-300 naponként ismétlődnek. A törpenóvák szoros kettős rendszerek, rövid keringési idővel (kb. 80 perctől néhány óráig). A rendszer igen fontos jellemzői az ún. Lagrange-pontok és a csillagok Roche-térfogata (8. ábra). A Lagrange-pontok a kettős rendszer azon pontjai, ahol a két

8. ábra. A Lagrange-pontok és a Roche-térfogat

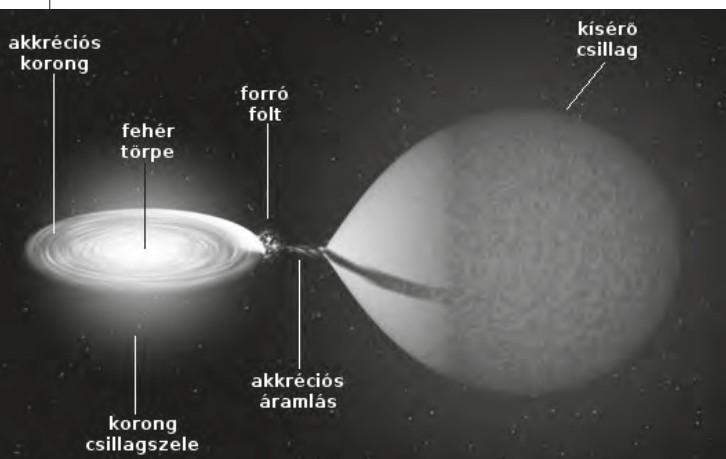


csillag gravitációs vonzása éppen kiegyenlíti egymást (a keringés hatását is figyelembe véve). 5 ilyen pont ismert. A rendszer körül azt a térfogatot, ahol az anyag a csillaghoz gravitációsan kötve van, tehát az ebben lévő anyag vagy a csillag körül kering, vagy pedig a csillagba hullik, Roche-térfogatnak nevezzük. Kettős rendszer esetében általában ez egy fektetett nyolcshoz hasonló alakú: Effektív mérete a következőképpen számítható (Peter P. Eggleton-egyenlet):

$$R = \frac{0,49 \cdot \sqrt[3]{q^2}}{0,6 \cdot \sqrt[3]{q^2} + \ln(1 + \sqrt[3]{q})}$$

, ahol q a két csillag tömegaránya.

A Roche-térfogat két hatásgömbre osztható. A csillagok gravitációs vonzásának erőssége többek között a tömegüktől függ. A **8. ábra** esetében a bal oldali csillag a nagyobb tömegű, így annak hatásgömbje nagyobb. A két „lebeny” az L1-es pontban érintkezik. Ha az anyag ebből a pontból egy kicsit eltávolodik, akkor



9. ábra. Egy kataklizmikus változó modellje

valamelyik csillag felé kezd mozogni. Ha a társ csillag valamilyen okból kitölti a Roche-térfogatát, akkor a csillag anyagának egy részére a térfogat határát átlépve a főkomponens fog nagyobb gravitációs hatást gyakorolni, így az először pályára áll körülötte, ún. akkréciós korongot alkot, majd a csillagra hullik (az anyag egy másik része pedig elhagyhatja a rendszert). Ez az anyagátadás az L1-es ponton keresztül történik. Ha a főkomponens körül kialakult az akkréciós korong, akkor az átáramló plazma (forró, ionizált gáz) a korong anyagába ütközik, így lelassul, mozgási energiájának nagy része hővé alakul, s ott egy forró folt jön létre (**9. ábra**).

A törpenóvák kitöréseit az okozza, hogy az akkréciós korong külső részeiben hirtelen ciklikus sűrűségváltozások lépnek fel. A korongban az anyag folyamatosan gyűlik, amikor eléri a kritikus mennyiséget, akkor instabillá



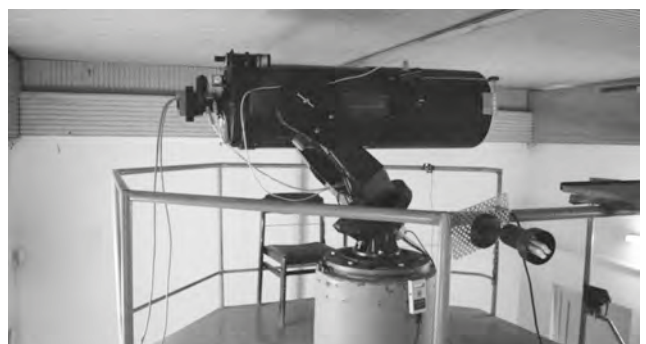
10. ábra. Az SZTE Bajai Observatóriumának főépülete

válk, hirtelen a fehér törpe felszínére hull. Az összehúzódás során a potenciális energia felfűti a korongot, így a rendszer fényessége hirtelen nagyon megnő.

A műszerpark

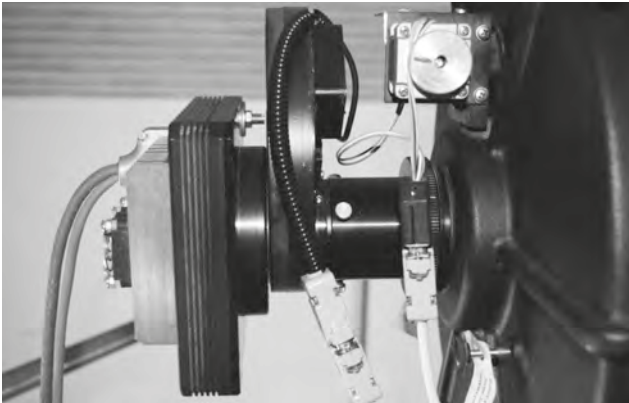
Kutatásaimat a Szegedi Tudományegyetem Bajai Observatóriumában található (**10. ábra**), Beringer Pál tulajdonában lévő és általa üzemeltetett távcső segítségével végeztem. A távcső egy hosszabb, technikai okok miatti szünet után 2016-ban kezdte meg újra a működését (**11. ábra**). Nagy öröm volt számomra, hogy a beüzemelésében is segédkezhettem, mely folyamat – más távcsövekhez hasonlóan – a mai napig tart, ugyanis még sok új fejlesztést szeretnénk véghezvinni rajta a közeljövőben.

A Baján található, a Szegedi Tudományegyetemhez tartozó csillagászati kutatóintézetet érdekes módon viszonylag kevés bajai ismeri, pedig 2 darab 50 centiméteres távcsővével hazai viszonylatban igen nívós obszervatóriumnak számít, amit még tovább fog fokozni, hogy a jövőben a műszerpark egy 80 centiméteres robottávcsővel

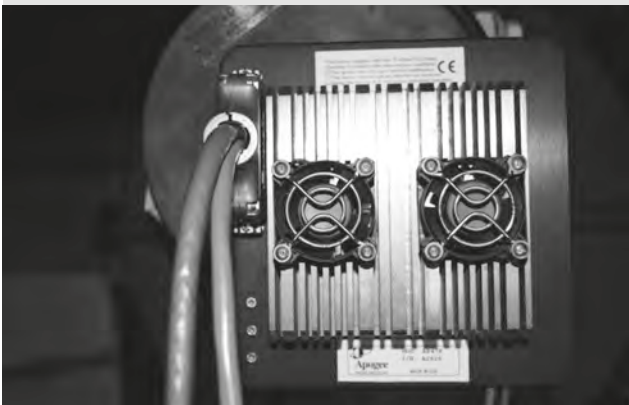


11. ábra. A távcső a hozzákapcsolt műszerekkel. Két irányban szétnyitható tető alatt helyezkedik el.





12. ábra. A kamera oldalnézetben, és hátulról



fog bővülni, mely igen jelentős fejlesztésnek számít. Maga a csillagvizsgáló Baja központjától kb. 4 kilométerre található, ahol a város jelentős fényszennyezése sem zavarja túlzottan a csillagászati méréseket.

Az általam használt távcső a 35 centiméteres átmérőjével amatőr körökben nagyobb távcsőnek számít. Az Celestron cég által készített optikája Schmidt-Cassegrain rendszerű. Az ilyen típusú távcsövek a tükrös távcsövek körébe tartoznak. Működésükről itt most röviden annyit elég tudni, hogy a távcső gömbfelületű főtükre gyűjti össze az objektumokról érkező fényt. A tükör a ráeső fényt közelítőleg egy síkba, a fókuszsíkba képezné le. Azonban mielőtt az összetartó fénysugarak elérnék a fókuszpontot, egy másik, hiperboloid felületű tükör domború oldalára esnek, így ez a tükör megnyújtja a fókuszt, és visszavetíti az összegyűjtött fényt a főtükör közepébe fúrt lyukon keresztül a távcső mögé, ahova a fényt feldolgozó műszerek kerülhetnek. Az optikai rendszerhez tartozik még egy, a távcső elejére szerelt, speciális felületű, korrekciós lemez, az ún. Schmidt korrektor, melynek feladata a gömbtükör igen erős optikai hibáinak a korrigálása.

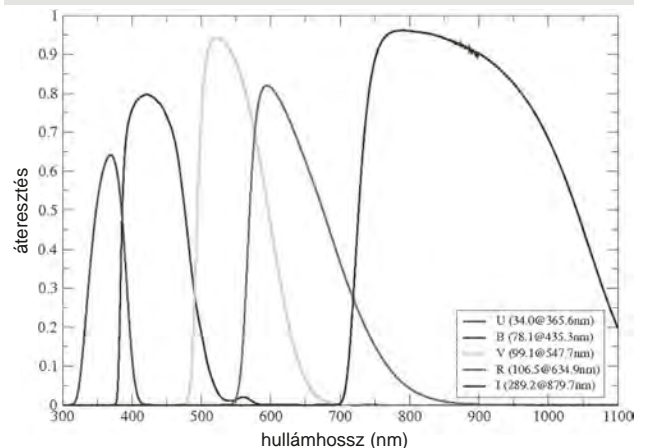
Azonban a távcső magában nem elég a halvány objektumok pontos méréséhez. A fényt, miután a távcső összegyűjtötte, „fel kell dolgozni”, azaz érzékelni és elektronikus jellé kell alakítani. Ezt a feladatot

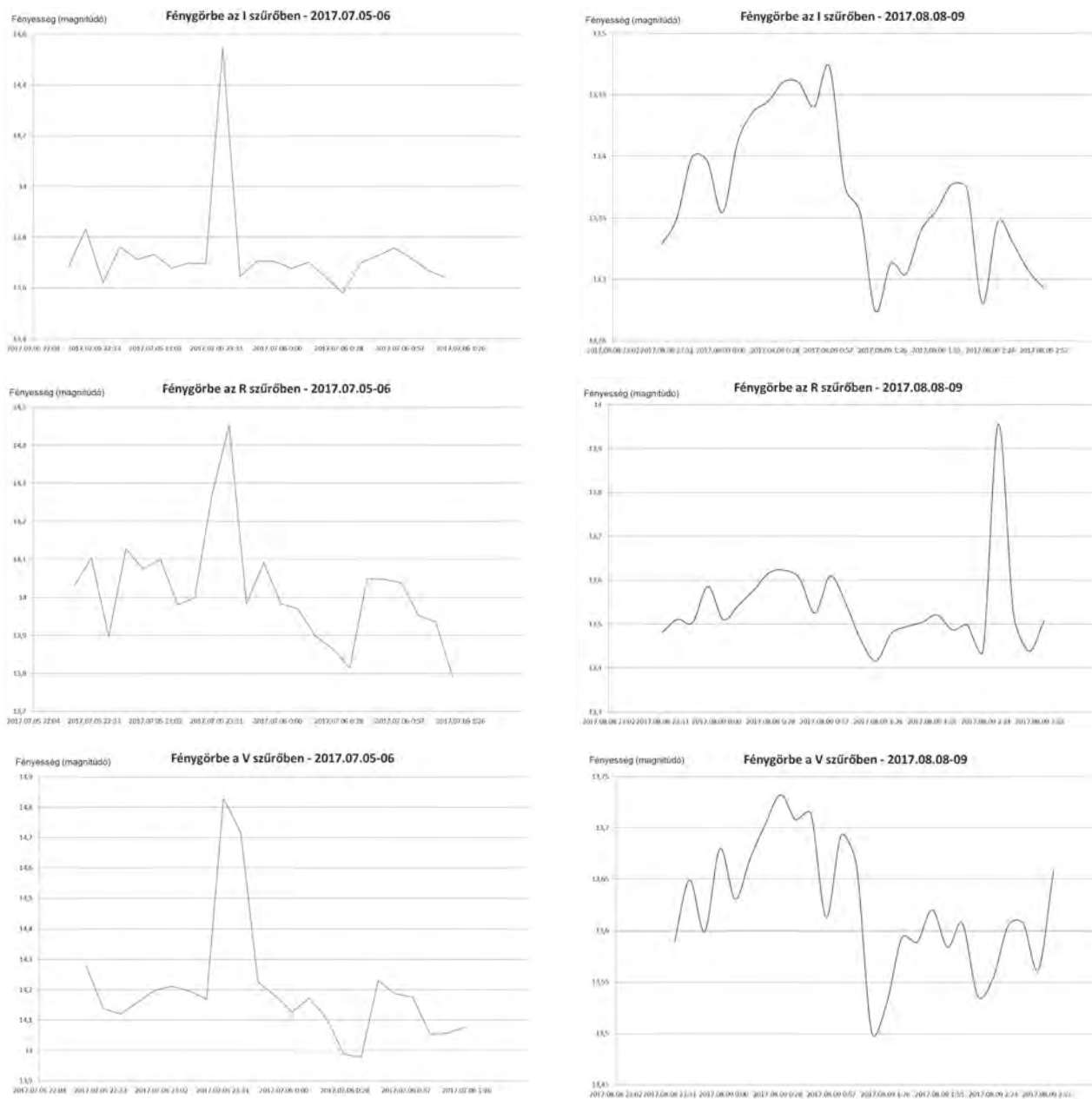
a kamerák végzik el. Ezek a műszerek tulajdonképpen a távcsövön keresztül digitális képeket készítenek az égbolt egy piciny részéről. Összefoglalva tehát a távcsövek összegyűjtik az objektívjük felületére az objektumról érkező fényt, ezzel mintegy „felerősítve” azok fényességét. Ezt a fényt pedig a speciálisan csillagászati célokra gyártott CCD kamerák érzékelik, működésük alapja a belső fotoelektromos effektus. Az általam használt távcsőnek — melyet ezután csak **BAT**-ként (**B**eringer **A**utomated **T**elescope) fogok említeni — szintén van egy ilyen kamerája, mely igazi kuriózumnak számít, mert a látható elektromágneses spektrum nagy részében az érzékenysége (kvantumhatásfoka) eléri a 90 százalékot. A kamera 1 Mpx-es, és az Apogee Instruments (USA) gyártmánya (12. ábra). Az egész rendszert egy speciálisan ehhez a távcsőhöz írt Python program vezérli. A csillagászati műszerek működéséről könyvtárat lehetne teleírni, tovább itt most ezt nem részletezem.

Méréseim, eredményeim

Miután a kamera elkészítette a képeket, a csillag sugárzása elektronikus adat formájában lesz számunkra elérhető. Ezek a nyers, közvetlenül a kamerából kiolvasott képek tudományos információk kinyerésére még nem alkalmasak. Ennek oka, hogy a kamera nagyon sok olyan hatást is érzékel a képkészítés során, amelyet nem a vizsgálandó objektum sugárzása okoz. (Ilyen hatás például a képalkotó chip saját hőmérsékletéből adódó jel, az ún. sötétzaj, vagy a kapcsolódó elektronika zaja, az optika leképezési hibái, az észlelt irányból érkező szórt fény, stb.) Minden olyan hatást, amelyet nem a vizsgált objektum okozott, összefoglalóan zajnak nevezzük. Ezzel szemben a csillag saját sugárzását, amelyet mi mérni szeretnénk, „hasznos jel”-nek nevezzük. A méréseinket egyfajta szempontból tehát jellemezhetjük a jel/zaj aránnyal, melynek minél nagyobb az értéke, annál jobb. Mivel ezek a nyers képek tartalmaznak zajt, nem lehet tudományos

13. ábra. A Bessel-féle fotometriai rendszer





14. ábra. A két éjszaka mérési eredményei (V, R és I fénygörbék)

információt kinyerni belőlük mindaddig, amíg ezeket ki nem szűrjük a „képredukálás” hosszú és összetett folyamata során. Ezeket a képfeldolgozó algoritmusokat én egy IRAF nevű, szakcsillagászok által is használt programmal végeztem. A képfeldolgozás alapelve az, hogy a zajt különböző korrekciós képek segítségével szűrjük ki. Mivel ez a folyamat hosszú és elég összetett, ebben a cikkben szintén nem részletezem, de viszonylag sok irodalom ajánlható e témában, még magyar nyelven is. Miután ezt elvégeztük, rendelkezésre fognak állni a korrigált képek, amelyekből már lehet tudományos információt kinyerni, amely esetemben az AM Cas fényességét jelent. Azt a fajta mérési eljárást, amelyet én is végeztem, fotometriának nevezzük.

Ennek lényegére már a cikk elején kitértem. Eddig erről a csillagról összesen 2 éjszaka során készítettem több órás folyamatos méréseket, melyekből összeálltak a következőkben bemutatott fénygörbék.

Csillagok fényessége, fotometriai rendszerek

A csillagok fényességmérése már az ókori Görögországban elkezdődött. Hipparkhosz volt az első, aki a csillagokat fényességeik szerint 6 osztályba (rendbe) sorolta. Az elsőrendű csillagok csoportjába tartoztak azok, amelyek a legfényesebbek voltak, míg azokat, amelyeket még éppen, hogy látott, a 6. rendbe sorolta. A Nemzetközi Csillagászati Unió Hipparkhosz tisztele-

tére megtartotta és pontosan, matematikailag definiálta a rendszert. A jelenkori definíció szerint a csillagok fényességét magnitúdóban adjuk meg, melynek skálája a Hipparkhoszi osztályzási rend miatt tulajdonképpen fordított (a fényesebb csillag mérőszáma kisebb, mint a halványabbé, sőt negatív is lehet). A magnitúdó pontos definíciója a következő:

$$m_{\lambda} = -2,5 \cdot \log_{10} I_{\lambda} + k$$

ahol m a fényesség, I a csillag sugárzásának egységnyi felületre eső intenzitása, k pedig egy hullámhosszfüggő konstans. Megállapodás szerint a referenciacsillag a Polaris lett, amely fényességét 2,12 magnitúdóban rögzítették. Később az északi nyári égbolt legfényesebb csillaga (a *Kapcsolat* című filmből is ismerhető) Vega is fontos etalon lett, melynek fényessége egyezményesen minden hullámhosszon (színben) 0 magnitúdó. További érdekesség, hogy az intenzitásarány logaritmus szerepel a definícióban, amelynek biológia oka van: az emberben kialakult látásérzet, az azt kiváltó inger (fény) mértékének logaritmusával arányos (Fechner-Weber-pszichofizikai törvény). A m index pedig azt jelzi, hogy egy adott hullámhosszra (színre) vagy legalábbis egy hullámhossztartományra (színtartományra) vonatkozik a fényesség, azaz függhet a tekintetbe vett hullámhossztól.

A Bessel-féle fotometriai rendszer

Már többször említettem, hogy egy objektum fényességét több színben (hullámhossztartományban) szokás mérni. Mivel a kamerák CCD chipje igen nagy hullámhossztartományban érzékeny, a kamera elé színszűrőket kell tenni, ezzel biztosítva azt, hogy a kamerába egyidejűleg csak egyetlen, általunk megszábotott színű fény essen. A színszűrők váltogatásával tudjuk a fényességet több színben mérni. Valamilyen elv alapján előírt szűrők összességét hívjuk fotometriai rendszernek, melynek sok típusa használatos. Én ezek közül konkrétan a Bessel-féle rendszert használtam. Ebben a rendszerben 5 színszűrő osztja fel a közeli ultraibolya, a látható és a közeli infravörös spektrumot a **13. ábrán** látható módon.

Az 5 szűrő közül én csak hármat használtam: a V, R és I szűrőket. Ennek oka egyrészt, hogy a BAT nem rendelkezik U szűrővel, mivel a légkör áteresztőképessége Baja magasságában az U tartományban igen rossz. A B szűrő pedig technikai okok miatt esett ki (ezek megoldása folyamatban van). A mérések eredményeképpen tehát 3 fénygörbe áll elő. Mindegyik fénygörbe a 3 színtartomány közül az egyikben ábrázolja a csillag mért fényességét az idő függvényében (a 2 mérést szűrőnként egy fénygörbén ábrázoltam). Miután megvannak a fényességértékek, azokkal további műveletet lehet végezni. Igen hasznosak például az ezek felhasználásával

alkotott színindexek, melyek két különböző szűrőben kvázi azonos időben mért értékek különbségét jelentik. Jelentőségüket az adja, hogy összefüggést mutatnak a csillagok különböző fizikai tulajdonságával, így például a kataklizmikus változók esetében a heves kitörések miatt igen érdekes felszíni hőmérséklettel:

$$m_{\lambda_1} - m_{\lambda_2} = \frac{A_{\lambda_{12}}}{T} + C_{\lambda_{12}}$$

ahol $m_{\lambda_{12}}$ az adott szűrőben mért fényesség, $A_{\lambda_{12}}$ és $C_{\lambda_{12}}$ a szűrőktől függő konstansok. Az egyenletből kifejezhető T , a csillag felszíni hőmérséklete, amelyet a színindexből való meghatározás miatt színhőmérsékletnek nevezünk.

A megfigyelések eredményei

Mint a **14. ábrán** látható fénygörbéken látható a rendszer fényessége sok kis változást is mutat. A tized magnitúdónál nagyobb változások oka lehet az akkréciós korong instabilitása, kisebb kitörésszerű jelenségek is. A két mérés között több mint egy hónap telt el, így egy teljes kitörést nem sikerült lemérni részletes időfelbontással. Éppen ezért ez az eredmény tovább ösztönöz arra, hogy a jövőben tovább folytassam a csillag megfigyelését, célnak kitűzve a kitörések részletesebb megvizsgálását is. Az AM Cas-ról azóta sikerült több adatot is gyűjteni, melyek még feldolgozás alatt állnak és amelyek további részletesebb információt fognak adni a csillagról.

BÁNHIDI DOMINIK



Köszönetnyilvánítás

Szeretném megköszönni mentoromnak, Dr. Hegedüs Tibornak, az SZTE Bajai Observatórium igazgatójának azt a sok tanácsot, szakmai segítséget a fizika és a csillagászat terén, amellyel többek között ez a cikk elkészülhetett, továbbá a szakmai és formai ellenőrzést is. Nagy köszönettel tartozom továbbá Beringer Pálnak, a BAT távcső tulajdonosának a távcsőidő biztosításáért, a távcső körüli projektekben való részvétel lehetőségéért, és az informatikai segítségért. Nagyon köszönöm Dr. Bíró Imre Barnának, a SZTE Bajai Observatórium tudományos főmunkatársának a sok segítséget a képfeldolgozás témájában, azért, hogy megtanított az IRAF program használatára, illetve a sok egyéb szakmai segítségért, továbbá, hogy bármikor számíthattam rá. Továbbá köszönöm Dr. Borkovits Tamásnak, az SZTE Bajai Observatórium tudományos főmunkatársának, valamint fizikatanáromnak, Dr. Jaloveczki Józsefnek az égi mechanika és a fizika terén nyújtott segítségét.



Erdélyi arcélek

Tudósportré-válogatás a Lázár Imre székelyudvarhelyi
bronzöntő mester műhelyének plakett gyűjteményét bemutató albumból

(Szerkesztette: Kovács Árpád, Márton László, Lázár László és

Mihály János. Székelyudvarhely, 2018.)



