

# Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

151. évf. 1. sz.

2020. JANUÁR

ÁRA: 830 Ft

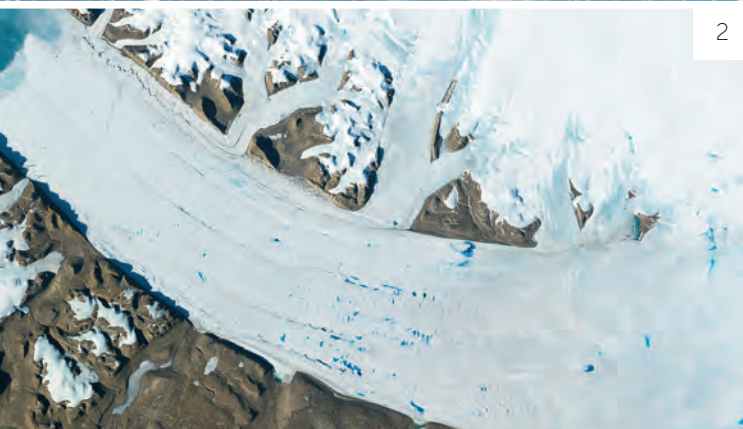
Előfizetőknek: 750 Ft



CSILLAGKÖZI PORTÓL A MOFETTÁKIG  
ARISZTARKHOSZ HOLDFELEZÉSE  
PUSZTULÓ FEKETE FENYVESEK  
HORMONÁLIS ROMBOLÓK  
AZ ÉLET BÖLCSŐJE



2



## Grönlandi gleccser-gondok

1. A Mogens Heinesen-fjord vizeit hatalmas jégtömbökkel tápláló gleccserek Grönland délnyugati részén (Forrás: Benoit Lecavalier)

2. Olvadékvíz-tavak a grönlandi Petermann-gleccser felszínén, a Landsat 2019. júniusi műholdfelvételén (Forrás: NASA/USGS)

3. Az éjféle napsütés aranyfényt vet egy jéghegyre a grönlandi Disko-öbölben (Forrás: Ian Joughin, University of Washington)

4. A grönlandi jégtakaró felszínén lefolyó olvadékvíz kusza folyóhálózattá duzzad (Forrás: NASA)

5. Légi felvétel a grönlandi Jakobshavn-gleccserről leszakadó jéghegyekről (Forrás: William Colgan, Geological Survey of Denmark and Greenland)

5



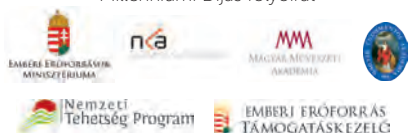


A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ  
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben  
SZILY KÁLMÁN  
KIRÁLYI MAGYAR  
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY  
151. ÉVFOLYAMA

2020. 1. sz. JANUÁR  
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: info@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:  
Vértés 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

<b>FUTÓ PÉTER:</b> Tibet paleo- és neotektonikája – Bolygónk legkiterjedtebb magassfennsíkja .....	2
<b>BAUER NORBERT – BÓDIS JUDIT:</b> A feketefenyő-pusztulás okai – Növényteni kutatások vágásterületeken.....	7
<b>FARKAS CSABA:</b> A pikkelysömör és gyógyítása – A kutatási eredmények átültetése a praxisba.....	11
<b>KUTROVÁTZ GÁBOR:</b> Arisztarkhosz holdfelezése – Egy ókori csillagászati mérés anatómiája .....	14
<b>CSABA GYÖRGY:</b> Hormonális rombolók – Versenyben a vegyi anyagokkal.....	20
<b>HÉRINCZ DÁVID:</b> Meleg, zivataros nyár – 2019 nyarának időjárása .....	25
<b>BENKÓ ZSOLT – MOLNÁR KATA – CSIGE ISTVÁN – PALCSU LÁSZLÓ:</b> Csillagközi portól a mofettáig – Nemesgázok a kutatók szolgálatában ...	28
<b>TÓSZEGI ZSUZSANNA:</b> Madártávlatból az élet bölcsője – Interjú Koncz-Bisztricz Tamással, az Év Ifjú Természetfotósával .....	35
<b>HUDOBA GYÖRGY:</b> Kalendáriumok és órák – Szemelvények az időmérés és a naptár történetéből .....	38
<b>FÖLDTUDOMÁNYI FIGYELŐ (Szoucsék Ádám)</b> .....	43
<b>FOLYÓIRATSZEMLE (Landy-Gyebnár Mónika)</b> .....	45
<b>HÍREK (Dulai Alfréd, Landy-Gyebnár Mónika)</b> .....	47

Címlapképünk: Kódos hajnal (Koncz-Bisztricz Tamás felvétele)

Borítólaponk második oldalán: Az Év Ifjú Természetfotósának képei  
(Koncz-Bisztricz Tamás felvételei)

Borítólaponk harmadik oldalán: Grönlandi gleccser-gondok – Illusztrációk  
Földtudományi figyelő rovatunkhoz

Mellékletünk: A XXVIII. Természet-Tudomány Diákpályázat cikkei (Ferencz  
Dániel – Kilyén Dávid: Telefonok láthatatlan töltése; Kapitány Krisztofer:  
Beszédes József emlékezete)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ, 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)  
SZOUZSEK ÁDÁM (szoucssek.adam@termvil.hu; 06-1-327-8951)

Tervezőszerkesztő: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető: CZUCKA ÉVA (info@termvil.hu; 06-1-327-8950)



BOLYGÓNK LEGKITERJEDTEBB MAGASFENNSÍKJA

## Tibet paleo- és neotektonikája

A kutatások alapján Földünk történetének eddig mintegy 60 százalékát ölelte fel a lemeztektonika működésének időszaka, mely során valószínűleg többször is kialakultak olyan nagy területű magassíkok, mint amilyen napjainkban a Tibeti-fennsík. Ezek a kiemelt területek nem csupán regionális szinten befolyásolták a természetföldrajzi folyamatokat, s egyúttal az élővilág evolúcióját, hanem globális szinten is hatást gyakoroltak az éghajlatra.

### A magasplató

A Tibeti-plató, több mint kétmillió négyzetkilométeres kiterjedésével Földünk legnagyobb területű és átlagmagasságú fennsíkja. Területének közel nyolcvan százaléka háromezer méteres tengerszint feletti magasságban fekszik, 18,8 %-a pedig még 5000 méternél is magasabban fekvő terület [1]. A platót alkotó kéregblokkok keletkezésének története a földtörténeti ókorba nyúlik vissza, magának a topográfiai értelemben többé-kevésbé egységes magassíknak a kialakulása azonban a harmad-, illetve negyedidőszaki Eurázsiai-hegységképződéshez (orogenezis) kapcsolódik, melynek indo-ázsiai zónájában az Ausztrál–Indiai- és az Eurázsiai-közetlemez kollíziójából származó, észak-északnyugati irányú kompresszió hatására jelentős mértékű térrövidülés, kéregkivastagodás és nagy területek kiemelkedése ment végbe. A földkéreg és a földköpeny közötti határfelület a Mohorovičić-diszkontinuitás (MOHO) mélysége, azaz a kéregvastagság Tibet esetében hozzávetőlegesen kétszerese a kontinensek alatti globális átlagértéknek, átlagosan 60-75 km között változik, de egyes helyeken a 100 km-t is meghaladja (Nyugat-Tibet).

Tibet esetében a paleotektonika azon múltban zajló kéregdinamikai folyamatok összességét jelenti, melyek a fennsík kialakulásához vezettek. Neotektonikai mozgások alatt pedig az egymásnak feszülő kéregblokkok napjainkban is zajló elmozdulásai értendők.

A fennsík földtörténeti harmadidőszak (kainozoikum) előtti evolúcióját főként a Gondwana-őskontinensről származó terránok (Qiangtang, Lhasa, és később India) kollíziói határozták meg. A harmad- és negyedidőszaki tektonikai fejlődéstörténetet pedig domináns módon az Indiai kontinentális típusú lemezrész Euráziával történt kollíziója és északi irányú mozgása alakította.

### A kéregszegek paleotektonikai fejlődése

A Tibeti-földkéreg alapját képező szegek egykor a Gondwanához tartoztak. Ezek a földtörténeti középidőben (mezozoikum) kapcsolódtak az Eurázsiai kontinentális lemezhez, s az időszak fő geológiai eseményeit a hegységképződések mellett a tengeri üledékképződés jelentette. A harmad- és negyedidőszakot pedig a gyorsan kiemelkedő területek eróziójából származó törmelékanyag mélyebb térszíneken, medencékben történő települése jellemezte.

A Tibeti-fennsík úgynevezett multiterrán orogén öv, ami azt jelenti, hogy az egyes szerkezeti blokkok a geológiai múltban különálló kéregszerkezeti egységeket képeztek. A kéregblokkok több orogén fázis során a középidőben kapcsolódtak egymáshoz, azonban csak még később, az oligocén-miocén táján az indo-ázsiai orogenezis idején alkottak topográfiai értelemben egységes magasplató jellegű területet. Tibet fejlődéstörténete során szinte mindegyik ismert hegységképződés-típus képviseltette magát. A permtől a krétaig terjedő időszakban a Kunlun, Altin-Tagh blokkok, illetve a Quangtang, és Lhasa terránok egymáshoz közeledése és kollíziója ment végbe. Ebben az időszakban az Alaszkában megfigyelt mikrolemez-tektonikához hasonló litoszféra-dinamikától az alpi-típusú át az Andok-típusú orogenezisig sokféle tectogén folyamat jellemezte a Tibeti földkéreg evolúcióját.

A paleotektonikai rekonstrukciók alapján a triászban a Tethys három ága is egyidejűleg létezett. A Paleo-Tethys déli és északi partja mentén, a Qiangtang terrán (QT) északi és a Songpan-Ganzi terrán (SG) déli peremén egyaránt szubdukció zajlott (Qiangtang-ív, Kunlun-ív). A QT és Lhasa (L) terránok közé ékelődő Mesotethys-óceán óceáni típusú litoszféra-lemeze az L terrán északi pereme alá bukott (Lhasa-ív). A Neotethys kinyíló óceánjának medencéje pedig az L terrán és a még a Gondwana őskontinenshez tartozó Indiai-szubkontinens között húzódott.

A Közép-Tibeti Qiangtang metamorf öv (QMB) a Föld egyik legnagyobb magas (HP), illetve ultranagy nyomású (near-UHP) kőzetöve. A QMB protolit kőzettestjei a Qiangtang terrán felső-paleozoikum kontinentális peremén keletkezett rétegeket és homokkővet is tartalmaznak, melyek egy a paleozoikumban létező, a Paleo-Tethys északi részén kialakult ív-terránról (PTAT) származtak [2]. A QMB-HP metamorfózis pedig a QT és a PTAT közötti kontinentális kollízió eredménye, amely egyidejű Dél- és Észak-Kína kontinentális típusú kéregrészeinek kollíziójával.

A QT a jura első felében csatlakozott az SG terránhoz és tulajdonképpen egyúttal Euráziához. A SG terrán medencéje több alkalommal is összeomlott és ismét kiemelkedett a QT jura kori akkréciója során.

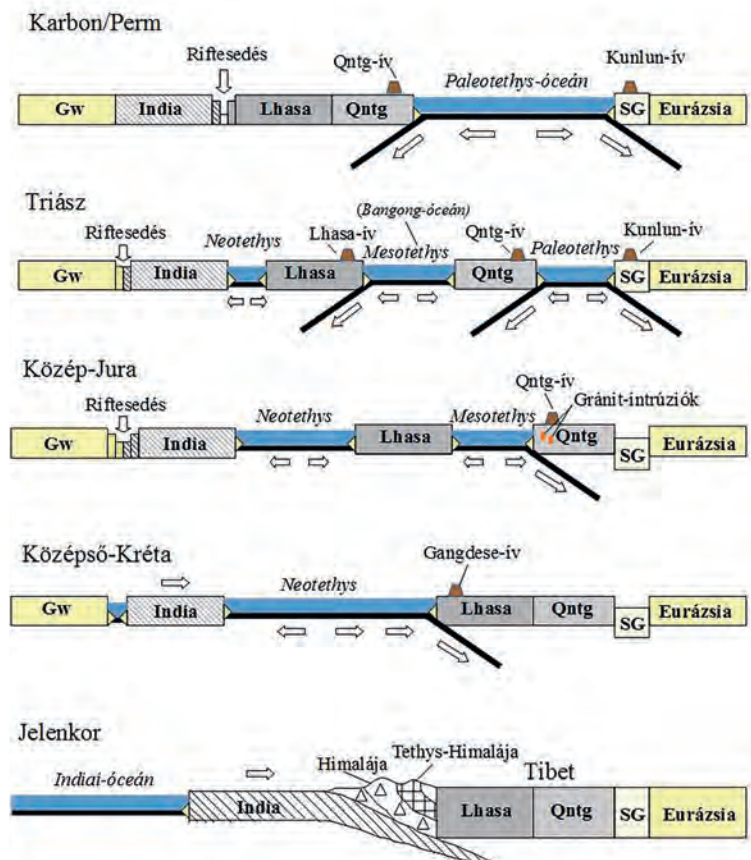
Nagyjából 120-130 millió éve jelentős magmatizmus zajlott az Indiai-lemez kontinentális részének északi peremén, amely több kutató szerint is egy, már a triászban megkezdődő riftinges folyamat keretében India Gondwana-tól

való elválásának kezdetét jelentette, s ekkortájt vette kezdetét az Indiai-szubkontinens északi irányú migrációja Ázsia felé [3].

A Lhasa terrán déli peremén elhelyezkedő Gangdese magmás öv a Neotethys-i óceáni litoszféra szubdukciója során alakult ki. Ennek tényét például a Lhasa-tól keletre található Yeba-formáció vulkáni kőzeteinek eredete, a korabeli magmás intrúziók és üledékes rétegsorok szintén megerősítik [4]. A dél-tibeti Sangri vulkáni kőzetcsoport geokémiai jellemzői igazolják egy további vulkáni hegységív, egy intra-óceáni vulkáni szigetív egykori létezését is. A Neotethys óceáni lemez szubdukciójának kezdeti fázisát jelzik ezek a kőzetformációk [5].

Az egyes terránok geológiai felépítése meglehetősen változatos képet mutat. A Lhasa terrán például különösen gazdag intruzív-magmás eredetű kőzettestekben. A Gangdese-öv vulkáni kőzetei mellett érdekes képződmény például a Nam Co környéki denudációs síkságok (peneplain) mentén a Bangoin batoli komplexum 118-85 millió évvel ezelőtt keletkezett intruzív kőzettestei [6].

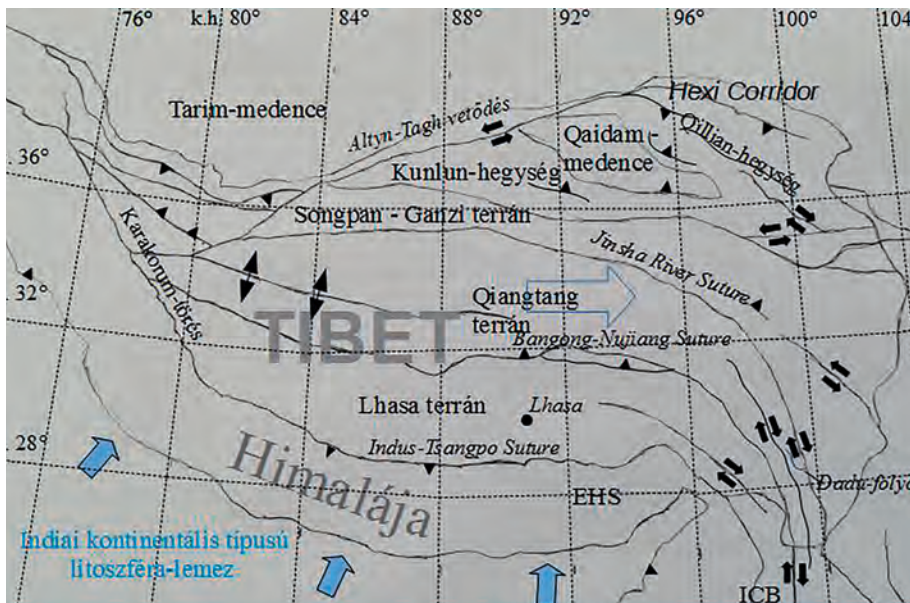
1. ábra. A Tibeti-fennsíköt alkotó kéregszegmensek paleotektonikai fejlődéstörténetének sematikus vázlata



Az 50-35 millió évvel ezelőtti időszakban az Ausztrál-Indiai-lemez mozgási sebessége jelentős mértékben megváltozott, a konvergencia 15-ről 4 cm/év értékre csökkent, ami az Indiai- és az Eurázsiai-lemez kollíziójának hatására következett be. A Tibet alatti kéreg kivastagodása is az Indiai-lemez sebességcsökkenése idején vált dominánssá.

A gyors kora-eocén–oligocén üledékképződés jelzi az indo-ázsiai kollízió általi kéregdeformációt Észak-kelet-Tibet medencéiben, így például a Qajdam-medencében is, ahol a kainozoikumi üledéksor 5-14 km vastag [7].

A kollíziót követően a mai Tibet nagy részén, az egyes zónákon belül nagy területen zajlott a kiemelkedés. A fennsík keleti peremét felszabdalo folyók szurdokvölgyei közül a Dadu-folyó a legkeletibb bevágódás.



2. ábra. Tibet fő kéregszerkezeti egységei, a törések menti elmozdulások irányainak megjelölésével

Vizsgálatok szerint a Dadu mintegy 10 millió éve kezdődő és máig folytatódó gyors bevágódási rátája 0,33 km/év, ami összhangban van a nagy területen végbe ment regionális emelkedéssel [8].

A nagy léptékű topográfijában egységes, nagy területű magassíki kialakulásában fontos szerepet játszott a multiterrán kéregszerkezet, mivel az Ausztrál–Indiai-lemez mozgása által megnyilvánuló kompresszió időszakában segítette a kéregblokkok napjainkban is zajló törések menti elmozdulását, a kéreg kivastagodáshoz nagymértékben hozzájáruló térrövidülést.

A földtörténeti múltban a hatalmas hegységképződések idején nagy valószínűséggel léteztek a Tibethez, vagy a bolíviai Altiplano-hoz hasonló, nagyobb

területű magassíkok, melyek kérgé idővel kitágult, s a megtámasztásukat biztosító erők megszűnésével fokozatosan összeomlottak. A nagy kiterjedésű magaslatok létrejötte a földtörténet nagy tektonikai ciklusaihoz kapcsolódó hegységképződések egyik velejárója lehet. Kialakulásuk feltételrendszere viszont meglehetősen komplex, így megszületésük nem lehet törvényszerű, hanem csupán adott esetben fejlődhetnek ki az orogén ciklusok idején.

### Törérendszerek és Tibet neotektonikája

A Himalája alatt meghajlik az indiai litoszféra-lemez, ez pedig regionálisan ellensúlyozza a hegység hatalmas súlyát. A kéreg itt alig több mint 55 km vastag, holott a számítások szerint mintegy 80 km-es kéregvastagságra volna szükség a hegység alátámasztásához. A Himalája nagy magasságának oka részben a viszonylag erős indiai kontinentális típusú litoszféra regionális ellensúlyozásában, másrészt annak északra történő mozgásából eredő horizontális irányú erőkben rejlik. Ezzel szemben a Tibeti-fennsík hatalmas súlyát a vastag kéregre ható felhajtóerő ellensúlyozza, azonban a kompenzációhoz szükség van az indiai lemez mozgásából adódó kompresszió hatására is. Ez utóbbi jelenleg megakadályozza a Tibeti-kéreg észak-déli irányú tágulását, s a fennsík összeomlását. A déli,

északi, valamint a nyugati peremeken térrövidülés tapasztalható, a plató keleti peremén és egyes belső területein azonban a vizsgálatok szerint tágulást (extenziót) eredményező erők hatnak. Tibet nem viselkedik egységes, merev lemezként, hanem tektonikailag komplex rendszert alkot.

A Tarim-medence alatti litoszféra merev blokkot képez, mely ellenáll a Nyugat-Tibeti plató északi irányú expanziójának [9]. Az erős ázsiai kontinentális kéreg valójában gátolni „igyekszik” a plató formálódását, míg az aktív orogén övben nyilvánul meg a térrövidülés. Az indo-ázsiai kollíziós zóna mentén a litoszféra deformációja, mélyszerkezeti jellemzőinek alakulása az indiai lemez mozgásából eredő kompresszió mellett az ázsiai kontinentális kéreg erősségének a függvénye.

A Himalájai–Tibeti orogén aktív tektonikájú terület, amely egymással kölcsönhatásban lévő vetők



3. ábra. A Lhasa térránon, Lhasa-tól 280 km-re keletre, 3470 méteres tengerszint feletti magasságban fekvő Basum Tso-tó talán Tibet legfestőibb tava

komplex rendszerét foglalja magában. Némelyikük hossza az 1500-2000 km-t is meghaladja (pl. Altyn-Tagh vetődés). A törések mentén, napjainkban is zajló tektonikai folyamatok alapvető fontosságúak a tibeti földkéreg evolúciójában, a Karakoram-törés például a Föld egyik legnagyobb csúsztásos–vetődéses (strike–slip) törésrendszere, mely fontos szerepet játszik az ázsiai kéreg deformációjában. A régió mély törésrendszerei az indo-ázsiai kollíziót követően viszonylag hamar kialakultak. Fontos szerepet játszottak a kéregkivastagodásban, valamint a plató folyamatos emelkedésében a késő-eocén és a kora-miocén között, mely időszakban a törésrendszerek aktivitása a legnagyobb volt Tibet területén [10].

A Tibet középső részén 2016-2017 között kipattant kis és közepes erősségű, 0-8 km fészekmélységű földrengések, s a térség 3 magnitúdónál erősebb rengéseinek vizsgálata is egyértelműen jelzi, hogy a felső kéreg tektonikailag aktív, s a magas fennsík még napjainkban is az észak-északkelet felé nyomuló Indiai-lemez mozgásából származó erős nyomóerők hatása alatt áll.

A földrengés-gyakoriság jelzi, hogy a Himalája és Dél-Tibet a Föld legaktívabb orogén régiója. A megvastagodott kontinentális kéreg alsó részében kipattanó földrengések kiváltó mechanizmusa azonban a legújabb kutatások szerint nem csak a mély törések menti elmozdulás lehet. A részben szubdukált Ausztrál–Indiai-lemez domináns alkotója az erősen metamorfizált granulitos kőzet, amely nagy mélységben,

az eklogit stabilitási zónájában ásványi fázisátalakuláson megy át. Az átalakulás hatására a közettömeget mikrorepedések járják át, melyek később fokozatosan makroszkopikus törések kialakulásához vezetnek [11].

A fennsík északkeleti pereme szintén aktív tektonikai régió, ahol a kéregdeformáció főként törések, csúsztásos vetődések mentén történik. Geológiai vizsgálatok, valamint GPS-mérések megerősítik a kéregben bekövetkező észak-északkelet–dél-délnyugati irányú térrövidülést az északkeleti Tibeti-platón keresztül, mely néhány aktív törés mentén történik, alacsony csúsztási ráták mellett ( $0 \leq 1$  mm/év) [12]. Folytatódik tehát a plató északkeleti irányú növekedése, melyet a törések menti elmozdulások mellett gyűrődéses folyamatok is alátámasztanak az Északi Qilian Shan-medence (Hexi Corridor) északkeleti pereme mentén [12]. (A Hexi Corridor magában foglalja a Yumen- és Jiuguan-medencéket is.)

A kéregmozgások 1991-1998 között végzett GPS-méréseinek tanúsága szerint a Tibeti-plató keleti része és az annak előterében fekvő dél-kínai területek 6-10 mm/év



sebességgel mozognak kelet-északkeleti irányban, ami egyértelműen jelzi a keleti irányú mozgást a platón belül [13].

Kelet-Tibetre a komplex kéregszerkezeti deformáció és geodinamikai folyamatok jellemzőek. Az Ausztrál–Indiai-lemez szubdukciója következtében EHS (Eastern Himalaya Syntaxis) és LT teljes kéregszerkezetben deformált, míg a QT, ICB (Indo-China Block) és SG terránok deformációját főként a törések menti elmozdulások, valamint a platót alkotó kéregtömbök nyugat–kelet irányú mozgása határozzák meg [14].

### A magasfennsíkok és az éghajlat

Az elmúlt évtizedekben elvégzett számítógépes szimulációk rámutatnak, hogy a kontinensek elhelyezkedése jelentős hatással lehet az éghajlatra, a szárazföldek helyzetének megváltozása ugyanis például az óceáni áramlásrendszerek megváltozását eredményezheti. Fény derült arra is, hogy a geológiai időléptékben mérve gyors topográfiai változások is jelentős éghajlatmódosító tényezők lehetnek, s az olyan kiterjedt fennsíkok kiemelkedése, mint amilyen Tibet is, nem csupán helyi változásokat idézhetnek elő. Az éghajlat 40 millió évvel ezelőtt a mainál melegebb és csapadékosabb volt, ami azóta szignifikáns mértékben lehűlt, ez pedig összhangban van az Észak-Amerikában, a kaliforniai Sierra Nevadától a Sziklás-hegységig terjedő kiemelkedett területek (Basin and Range, Colorado-fennsík), valamint a Tibeti-fennsík kiemelkedésének időrendjével.

Éghajlati szimulációk segítségével készített modellek előrejelzései és egyéb bizonyítékok alapján a kelet-ázsiai nyári és téli monszun, valamint a belső-ázsiai területek elsivatagosodásának 25–20 millió évvel ezelőtt kezdődő fokozódása kapcsolatba hozható Tibet északi részeinek kiemelkedésével [15].

A Tibeti-plató dinamikus összhangot teremt a közepes szélességek és a trópusi régió éghajlati zónái között. E dinamikus csatolás vektorai hideg légáramlatok, melyek befolyásolják a légköri konvekciót a Bengáli-öböl északi része, Dél-kelet-Ázsia szárazföldi területei, valamint Indonézia felett. Tibet és az egész indo-ázsiai orogén öv tehát nem csak regionális szinten befolyásolja az éghajlati viszonyokat, hanem hatással van a globális klímára is.

A nagy kiterjedésű magasfennsíkok beható tanulmányozása az egyes földtudományi, illetve az ahhoz tudományterületek kutatómódszereivel kiemelt jelentőségű kell, hogy legyen, mert a magasplatók nem csupán helyi szinten, de globális viszonylatban is hatással vannak a természetföldrajzi folyamatokra.

Ezáltal jobban megérthetjük a bolygónk működését meghatározó folyamatokat is, mivel a kiterjedt magasfennsíkok azok aktív szereplői, illetve az azokat leginkább befolyásoló tényezők közé tartoznak.

FUTÓ PÉTER

### IRODALOM

Nyitóképek: A Tibeti-fennsík a világűrben (Forrás: NASA)

- [1] Pu Z. et al. (2007): MODIS/Terra observed seasonal variations of snow cover over the Tibetan Plateau. *Geophysical Research Letters*, 34, L06706.
- [2] Pullen A. et al. (2008): Triassic continental subduction in central Tibet and Mediterranean-style closure of the Paleo-Tethys Ocean. *Geology*, 36, 351-354.
- [3] Gehrels G. et al. (2011): Detrital zircon geochronology of pre Tertiary strata in the Tibetan-Himalayan orogen. *Tectonics*, 30, TC5016.
- [4] Chen X. et al. (2019): Contrasting arc magma fertilities in the Gangdese belt, Southern Tibet: Evidence from geochemical variations of Jurassic volcanic rocks. *Lithos*, 324-325, 789-802.
- [5] Huang F. et al. (2015): Early Jurassic volcanic rocks from the Yeba Formation and Sangri Group: Products of continental marginal arc and intra-oceanic arc during the subduction of Neo-Tethys Ocean? *Acta Petrologica Sinica*, 7, 2089-2100.
- [6] Haider V. L. et al. (2013): Cretaceous to Cenozoic evolution of the northern Lhasa Terrane and the Early Paleogene development of peneplains at Nam Co, Tibetan Plateau. *Journal of Asian Earth Sciences*, 70, 79-98.
- [7] Bush M. A. et al. (2016): Growth of the Qaidam Basin during Cenozoic exhumation in the northern Tibetan Plateau: Inferences from depositional patterns and multiproxy detrital provenance signatures. *Lithosphere*, 1, 58-82.
- [8] Quimet W. et al. (2010): Regional incision of the eastern margin of the Tibetan Plateau. *Lithosphere*, 1, 50-63.
- [9] England P., Houseman G. (1985): Role of lithospheric strength heterogeneities in the tectonics of Tibet and neighbouring regions. *Nature*, 315, 297-301.
- [10] Wu Z. et al. (2013): Early Cenozoic Multiple Thrust in the Tibetan Plateau. *Journal of Geological Research*, 784361.
- [11] Shi F. et al. (2018): Lower-crustal earthquakes in southern Tibet are linked to eclogitization of dry metastable granulite. *Nature Communications*, 9, 3483.
- [12] Zheng W.-J. et al. (2013): Late Quaternary slip rates of the thrust faults in western Hexi Corridor (Northern Qilian Shan, China) and their implications for northeastward growth of the Tibetan Plateau. *Geosphere*, 9, 2, 342-354.
- [13] Chen Z. et al. (2000): Global Positioning System measurements from eastern Tibet and their implications for India/Eurasia intercontinental deformation. *Journal of Geophysical Research*, 105, 16215-16227.
- [14] Wu T. et al. (2019): Complex deformation within the crust and upper mantle beneath SE Tibet revealed by anisotropic Rayleigh wave tomography. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 286, 165-178.
- [15] Tada R. et al. (2016): Evolution and variability of the Asian monsoon and its potential linkage with uplift of the Himalaya and Tibetan Plateau. *Progress in Earth and Planetary Science*, 34.

### KÖVETKEZŐ SZÁMUNK TARTALMÁBÓL

CSABA GYÖRGY: Olvasónapló –

A bölcs ember ostoba istenné válása

FARKAS CSABA: Madaraink és az éghajlatváltozás – Délről érkező hódítók

TÓSZEGI ZSUZSANNA: Interjú Máté Bencével, az Év Természetfotója készítőjével



# A feketefenyő- pusztulás okai

A feketefenyő-egyedek – kezdetben rejtélyes eredetű – pusztulását már 1946-ban regisztrálták Magyarországon, ám a jelenség csak az elmúlt két évtizedben vált aggasztó mértékűvé. Hatalmas ökológiai és gazdasági problémát jelent, hogy a 2000-es években feketefenyő ültetvényeink sok helyen és nagy területeken kiszáradtak, összeomlottak. A feketefenyő-pusztulás háttérében a gyakori aszályos időszakok, a nyári forróságok fokozódása és hajtásszáradást okozó gombakártevők együttes hatása áll.

2012 óta több ezer hektáron kellett letermelni az állományokat. E területek jövője, hasznosítási lehetőségei tudományos és gyakorlati kérdések hosszú sorát vetik fel. Cikkünkben felvázoljuk a feketefenyvesek hazai történetét és beszámolunk a letermelt állományok területén folyó vegetációkutatásaink első eredményeiről.

## A feketefenyő elterjedése

A feketefenyő (*Pinus nigra*) mediterrán elterjedésű faj, az Ibériai-, az Appennini- és a Balkán-félszigeten, valamint Kis-Ázsiában honos (1. ábra). E részterületeken több – apró megkülönböztető bélyegeg alapján elkülöníthető – alfaját tartják számon. Magyarországon nem őshonos. Hazánkhoz legközelebb az Alpok keleti peremterületein található természetes, sziget-szerű előfordulásai; itt a Nyugat-Balkán hegyvidékein is jellemző alfaja (subsp. *nigra*) él. Érdekes, hogy a Bánság hegyvidéki területén, a Domogled-hegységben (Déli-Kárpátok) élő alakját korábban faji szinten megkülönböztették, de a legújabb taxonómiai kutatások állásfoglalása szerint a „bánsági feketefenyő” (*Pinus banatica*) a Kelet-Balkánon és Kis-Ázsiában előforduló alfajhoz (*P. nigra* subsp. *pallassiana*) tartozik [1].

## A kopárfásítások kezdetei

A feketefenyő szárazságtűrő, egyedei kietlen sziklás területeken, sziklafalakon is túlélnek. Természetes feketefenyvesekben (2. ábra), szélsőséges termőhelyeken megfigyelt előfordulásaira már a XIX. század közepén felfigyeltek. A mai Horvátországhoz tartozó, nyugat-balkáni karsztterületeken az ókori, középkori erdőirtások miatt kopár mészkőhegyek újraerdősítése érdekében már az 1860-as években elkezdték a feketefenyő

ültetését [2][5]. Ott a feketefenyő őshonos fafaj, telepítését kezdetben a „karsztfelerdősítő felügyelőségek” irányították.

Magyarországon a feketefenyő-telepítés nem sokkal később kezdődött. Az 1879-es első polgári erdőtörvényt megelőzően az erdőhasználatok hatékony szabályozása hiányzott, általános volt az erdei legeltetés. A gyepek és nyíltabb erdők túllegeltetése fokozta a talajeróziót, különösen középhegységi területeinken. Keszthely és Hévíz környékén, a 19. század végétől egyre élénkülő fürdőéletet zavaró „porviharok” megfékezése céljából már a Festeticsek idején próbálkoztak kisebb területeken a kopárok fásításával, feketefenyő ültetéssel. A Keszthelyi-hegység uralkodóan dolomitból felépülő déli tömbjének növénytakaróját ekkor cserjések és szinte kopár, sziklás gyepterületek uralták. Ezek egy része természetes, más része a túllegeltetés miatt kialakult másodlagos kopár volt (3. ábra).

### Dolomitterületeink természetes növényzete

A Dunántúli-középhegység dolomitterületeinek (Keszthelyi-hegység, Keleti-Bakony, Vértes, Budai-hegység) bennszülött fajokban — legnevezetesebb a magyar gurgolya (*Seseli leucospermum*) — bővelkedő, sajátos megjelenésű növényzetét Zólyomi Bálint (1908–1997) kutatta. Eredményei bizonyították, hogy dolomitos tájaink természetes növénytakarójában eredetileg is jelentős volt a nyílt sziklagyepek, sziklai cserjések és karsztbokorerdők aránya. A hazai dolomitfelszíneken zárt erdők kialakulása csak a kis lejtésű platókon, jobb talajú völgyekben (pl. cseres-tölgyesek) és a hűvös, árnyas északi lejtőkön (bükkös) lehetséges. Felhívta a figyelmet arra is, hogy a dolomitterületek formakincsére jellemző erős tagoltság, az extrém meleg déli lejtők és az árnyas, hűvös északi lejtők sűrű váltakozása milyen jelentős szerepet játszott a mainál hidegebb és melegebb időszakok egyes növényfajainak megőrzésében. Ilyen hidegidőszaki, talán a legutóbbi glaciális (Würm) óta megőrződött „maradványnövényünk” a cifra kanalin (*Primula auricula*) (4. ábra).

### A kopárfásítás és fenyőpusztulás problémái

A dolomitnövényzet megismerése ellenére a középhegységi dolomitkopárok fásításának szándéka az 1950–1960-as években új lendületet vett. Mai feketefenyő-állományaink zömét ekkor telepítették. Az 1980-as évektől a fenyvesítésben lassuló tendencia mutatkozott. A Keszthelyi-hegység a kopárfásítások által legnagyobb mértékben érintett hegységünk (5. ábra). 2005-ben a



1. ábra. A feketefenyő (*Pinus nigra*) természetes előfordulásait ábrázoló térkép, a különböző színek az egyes alfajok elterjedését jelzik [1]

2. ábra. Természetes feketefenyves erdő a Domogleden (Románia, Déli-Kárpátok) (Fotó: Bauer N.)



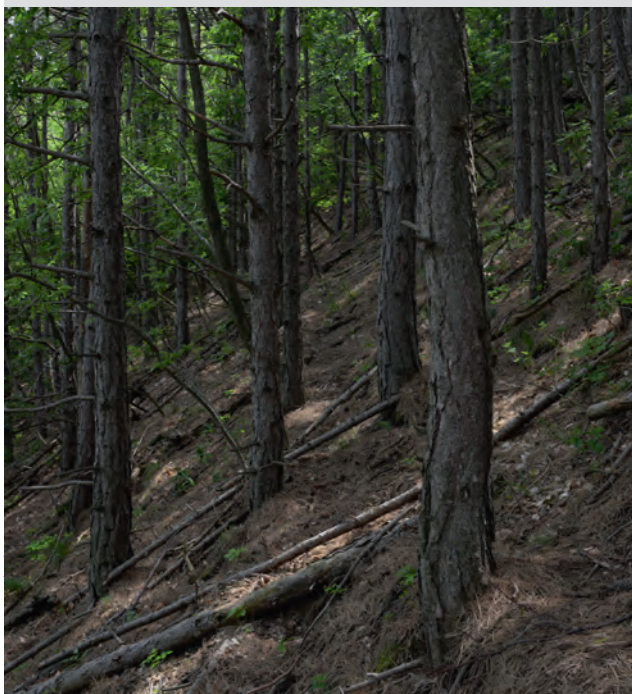


3. ábra. Fiatalok a Diás feletti dolomitkopáron 1934-ben  
(Forrás: Balatoni Múzeum)



4. ábra. Cifra kankalin (*Primula auricula*) dolomitsziklán,  
a Keszthelyi-hegységben (Fotó: Bauer N.)

5. ábra. Telepített, zárt lombosodó feketefenyő-állomány  
Balatonyörök felett, 2014-ben (Fotó: Bauer N.)



dolomitrégió erdeinek mintegy 20%-át, 2011-ben már 23%-át borították feketefenyő-ültetvények. E jelentős területarány miatt, a hajtáspusztulást okozó, kártevő gombafajok (*Sphaeropsis sapinea*, *Dothiostroma pini*, *Cenangium ferruginosum*) és az egyre szárazabb, melegebb évek együttes hatásaként bekövetkező feketefenyő-pusztulás is kiemelten érintette a Keszthelyi-hegységet [3][4].

Erdőgazdálkodási szempontból a feketefenyő-telepítések elsődleges célja az egykori dolomitkopárok talajának javítása volt, amely átmeneti állományként megalapozhat egy későbbi, természetes folyamatokra alapozott fafajcserét. Ez a terület egyes állományaiban sikeresnek ígérkezett (6. ábra), sok helyen a feketefenyő-állományokban természetesen felújult a molyhos tölgyesek tömeges faja, a virágos kőris (*Fraxinus ornus*). Kisebb arányban a molyhos tölgy (*Quercus pubescens*), és a hegységre jellemző bennszülött berkenyefajok (*Sorbus andreanszkyana*, *S. balatonica* stb.) is túléltek, ill. lassan megjelentek a kiritkuló állományokban.

### Fekete fenyő-vágásterületek ökológiai kutatása

A feketefenyvesek kényszerű letermelése miatt jelenleg több ezer hektár vágásterület található a Keszthelyi-hegységben (7. ábra). E területek sorsa erdőgazdálkodási és természetvédelmi szempontból egyaránt fontos. A Balaton-felvidéki Nemzeti Park megbízásából a Magyar Természettudományi Múzeum és a Pannon Egyetem botanikusai a vágásterületeken zajló szukcesz-sziós folyamatok (növényzet természetes változása, regenerációja) megértése érdekében monitoring kutatási programot dolgoztak ki. A letermelt feketefenyvesek helyén kijelölt állandó mintaterületek rendszeres és részletes felmérésével a kutatók arra keresnek választ, hogy mely területeken van esély az értékes pannon növényzet természetes regenerációjára, a kopárfásítás miatt visszaszorult növény- és állatfajok populációinak megerősödésére és mely területeken lehetnek szükségesek újabb erdőgazdálkodási beavatkozások a természetes vegetáció helyreállítása érdekében. A kutatás fontos kérdése az is, hogy az értékes dolomitnövényzet fajai túléltek-e a zárt feketefenyő-állományok okozta több évtizedes árnyékolást?

Az első két év eredményei alapján az eltérő termőhelyi adottságok mentén, a vágásterületeken is jól elkülöníthetők „regenerációs típusok”. Mintanégyezeteink fajösszetétele megmutatja, hogy mely területeken várható zártabb erdőállomány és hol lehet számítani arra, hogy helyreáll a nyílt sziklagyepek és karsztbokorerdők váltakozásával leírható élőhely-mozaik. A vágásterületek többségét a virágos kőris cserjetermetű egyedeiből álló fiatalosok és cserjések borítják, de jelentős a gyepes-sziklás felszínek



6. ábra. Idős feketefenyves lombos újulattal a Bélap-völgyben, 2010-ben (Fotó: Bauer N.)



7. ábra. Egykori feketefenyves vágásterülete Gyenesdiás határában, 2019 tavaszán (Fotó: Bauer N.)

8. ábra. Henye boroszlán (*Daphne cneorum*) (Fotó: Bauer N.)



részaránya is. A letermelések nyertesei azok a növényfajok, amelyek magkészlete a zárt állományú feketefenyvesek sekély talajában évtizedekig fennmaradt vagy vegetatív állapotban éltek túl a több évtizedes árnyékolást. Ezek a növények a vágásterületek spontán regenerálódó növényzetében, a fényben gazdagabb lejtőkön jelenleg megfelelő életfeltételeket találnak. Örvedetes, hogy közöttük az eredeti vegetáció védett fajai is szép számmal megjelennek, pl. sziklai dercevirág (*Cardaminopsis petraea*), henye boroszlán (*Daphne cneorum*) (8. ábra), molyhos madárpir (Cotoneaster tomentosus). Ugyanakkor a pionír felszíneken a bolygatást tűrő fajok, gyomok helyenként tömegesek. Az idegenhonos inváziós fajok közül itt a gyors növekedésű mirigyes bálványfa (*Ailanthus altissima*) jelenti a fő problémát, visszaszorítása az állományok felújításának első szakaszában aktív beavatkozásokat kíván meg.

BAUER NORBERT – BÓDIS JUDIT

#### IRODALOM

- Nyitóképünk: Pusztuló fenyves a Keszthelyi-hegységben
- [1] Caudullo G., Welk E., San-Miguel-Ayanz J., (2017): Chorological data for the main European woody species. — Data in Brief 12 (6): 662–666. DOI: 10.1016/j.dib.2017.05.007.
  - [2] Csontos P. (szerk.)(2007): Fekete-nyenyvesek ökológiai kutatása. — Scientia, Budapest, 119 pp.
  - [3] Hoffmann P. (2014): A feketefenyő pusztulásának kezelése a Keszthelyi-hegységben. — In: A klímaváltozással összefüggő erdőgazdálkodási kihívások. Fenntartható erdőgazdálkodásért Alapítvány, Sopron. pp. 83–104.
  - [4] Koltay A. (1997): Új kórokozók megjelenése a hazai feketefenyő állományokban. — Növényvédelem 33(7): 339–341.
  - [5] Nyitray O. (1913): A karszterdősítés. — In: Fekete L. & Blattny T.: *Az erdészeti jelentőségű fák és cserjék elterjedése a magyar állam területén.*, Joerges Ágost özvegye és fia könyvnyomdája, Selmechánya, pp. 766–768.
  - [6] Zólyomi B. (1942): A középdunai flóraválasztó és a dolo- mitjelenség. — Botanikai Közlemények 39: 209–231.

# A pikkelysömör és gyógyítása

Életfogytig tartó, rettegett bőrbetegségként tartja számon a közvélekedés a pikkelysömört (pszoriázis), amit az orvostudomány ma egy komplex immunbetegségnek tekint. A jó hír az, hogy az e betegséggel küzdők megfelelő kezeléssel az utóbbi idők óta tünetmentessé tehetők, s várhatóan mindinkább azok lesznek – mondja Kemény Lajos professzor, a Szegedi Tudományegyetem (SZTE) Bőrgyógyászati és Allergológiai Klinikájának vezetője, H-CEMM-kutatócsoport-vezető.

– *Abban, hogy nyeresre állunk a pikkelysömörrel szemben, a szegedi klinika is szerepet játszik. A professzor úr H-CEMM kutatócsoportja elsők között került be a Magyar Molekuláris Medicina Kiválósági Központ (Hungarian Centre of Excellence for Molecular Medicine – HCEMM) által támogatott csoportok közé. Önök évtizedek óta kutatják a pikkelysömört; foglalja össze dióhéjban, mit kell tudni erről a betegségről!*

– A pikkelysömör súlyossága, gyakorisága, és krónikus jellege miatt a betegekre, s a társadalomra egyaránt jelentős terheket ró. Az emberiségnek mintegy két-három százalékát érinti. Tünetei nagyon jellegzetesek; az ép bőrtől elhatárolódó, ezüstös, „pikkelyes” hámlások jönnek létre a bőrön, melyek általában a beteg könyökén, térdén, és a hajas fejbőrön jelennek meg először, de sok esetben, ahogy múlik az idő, egyre több, s nagyobb területekre terjednek ki, és végül az egész testfelület szétszórtan gyulladtá válhat. A bőrön túlmenően a körmöket is érintheti, sárgásan elszíneződhetnek, megvastagodhatnak. A bőr-, s körömtünetek mellett a betegek akár 40 százalékában az ízületek is érintettek, gyulladás formájában. Általában elmondható, hogy akiknek súlyosabb a pikkelysömöre, azoknál az ízületi gyulladás is nagyobb eséllyel jelentkezik, ugyanakkor az már kevésbé köztudott, hogy időnként enyhe pikkelysömör is járhat nagyon súlyos ízületi gyulladással. Sőt, van olyan beteg is, akinél ízületi gyulladással kezdődik a betegség, és a bőrtünetek csak később alakulnak ki.

– *Emellett társulhat is más betegségekkel a kór.*

– Jellemző a betegségre – főként a súlyos, a testfelszín több mint 10 százalékát érintő tünetek esetén – az úgynevezett komorbiditás: más szervrendszereket is érinthet. A társuló betegségek közül megemlítendőek a

szív-érrendszeri betegségek, a kardiovaszkuláris rendszer megbetegedése, emellett igen gyakori az elhízás és ennek következtében létrejönnek a különféle metabolikus betegségek, beleértve a cukorbetegséget, a zsírmájbetegséget, s részben ezek következtében a zsírmáj is gyakrabban alakul ki. Noha a pikkelysömör nem fertőző, külső tünetei gyakran riasztóak lehetnek a laikusok számára. Ennek következtében a pikkelysömörös betegek gyakran súlyosan elszigetelődnek környezetüktől, nem mennek strandra, a szokásosnál nehezebben találnak munkát, illetve az időközben kialakuló bőrtüneteik miatt sokszor elvesztik munkájukat, sőt munkaképtelenné válhatnak. A bőrtünetek emellett családon belüli konfliktusokhoz is vezethetnek, és az átlagnál gyakoribbak a válások. Mindezek miatt súlyos depresszió is kialakulhat az egyénben. A pikkelysömör miatti életminőség-romlás mértéke meghaladja a súlyos szív-érrendszeri, vagy cukorbetegségben szenvedő betegeknél észlelt szintet is.

– *Voltaképpen mi okozza a pikkelysömört? Örökletes és nem örökletes okokról egyaránt lehet hallani.*

– A betegség örökletes hátterű. Ahol az egyik szülőnek pikkelysömöre van, ott 25 százalék annak az esélye, hogy a gyermek is pikkelysömörös lesz; ha mindkét szülő pikkelysömörös, ott 50 százalékos az esély. A tüneteket akár mindennapi mechanikai, fizikai tényezők is el tudják indítani, gyakran a könyék, a térd területén jelentkezik először, ahol a bőr feszülése önmagában is elegendő a betegség kiváltásához. Az is ismert, hogy egyéb sérülések, de műtéti metszés helyén is „szeret előjönni” a betegség. Ebben az esetben a beteg bőre nem úgy viselkedik, mint az egészségesé: a sebgyógyulás lezajlik, csak éppen a szervezet „nem





tudja”, hogy meggyógyult a seb, s nem kellene „tovább gyógyulnia”. Nemcsak mechanikai behatások, hanem minden olyan tényező, ami a bőrön gyulladást vált ki – legyen akár baktérium- vagy vírusfertőzés, illetve bőrsérülést okozó toxikus kémiai anyag jelenléte – esetében is ez zajlik.

Mi a H-CEMM kutatócsoportunkban a pikkelysömör kapcsán többek között azt is vizsgáljuk alapku-  
tató-szinten, hogy mi okozza a tünetek ugyanazon a bőrfelületen történő kiújulását. Feltételezésünk szerint a gyulladást okozó hatásokra a hámsejtek „emlékeznek”, s ennek eredményeként egy következő külső behatásra egy újabb, de már nagyobb gyulladással fognak reagálni, újra meg újra – egyfajta „ördögi kör” jön létre. Ha nagyon finom vizsgáló módszereket alkalmazunk, akkor egyértelmű különbségeket lehet találni a pikkelysömörös beteg tünetmentes bőre, és a pikkelysömörben nem szenvedő, egészséges embereké között. Ránézésre nincs semmi különbség – viszont ha valamilyen gyulladást okozó anyaggal kezeljük, vagy irritáljuk a bőrt, akkor a betegek bőrében egészen más gének és általuk kódolt fehérjék mutathatók ki.

– *A megfelelő vagy nem megfelelő életmód mennyiben járulhat hozzá a pikkelysömör elkerüléséhez, illetve kialakulásához?*

– Az egészséges életmód egyértelműen segít elkerülni a pikkelysömört. Jól ismert például, hogy az elhízás rontja a betegség lefolyását; ugyanakkor, mint már említettük, az elhízás a tünetek között is szerepel – egyfajta önmagába visszaforduló, körkörös folyamat ez. Úgynevezett lelki okok is pszoriázishoz vezethetnek, így például a stressz is előhozhatja – következményei között pedig egy ugyancsak pszichés betegség, a depresszió is szerepel.

– *Hogyan gyógyítható a pikkelysömör? Egyáltalán: meggyógyítható?*

– A betegség kezelésére sok lehetőség van, attól függően, hogy kinek milyen súlyosságú tünetei vannak. Az enyhe pszoriázis esetén a testápolók (puhító szerek), a kortikoszteroid-tartalmú kenőcsök, krémek nagyon sokszor elegendőek, és a betegeket ezekkel tünetmentesíteni lehet. Ezek gyorsan javítják a tüneteket, de a kezelés abbahagyásakor úgynevezett visszacsapási reakcióra is kell számítani, a tünetek gyorsan, s fokozott erővel visszatérhetnek. Emellett a bőr tartós alkalmazásukkor rezisztenssé válhat, s a szer elveszíti hatását, és mellékhatásokkal is számolhatunk. További terápiás lehetőség a helyi szteroid és a D-vitamin-származékot tartalmazó kombinált készítmény alkalmazása.

– *És ha kiterjedtebb tünetek jelentkeznek?*

– Akkor a helyi kezelést általában kiegészítjük valamilyen fényterápiával. Ennek kapcsán meg kell említeni, hogy – bár például a nyári napsütés sokszor jó





hatással van rá – a látható fény spektruma nem javítja a pikkelysömört. A fototerápiának számos változata létezik, például a szűk spektrumú UV-B, illetve a PUVA (pszoralens+UV-A, azaz pszoralens és ultraibolya-A fény együttes alkalmazása). A fényterápia rendkívül alkalmas gyors eredmény elérésére, és viszonylag tartós tünetmentességet okoz. Lokalizált plakk-típusú pszoriázis kezelésére az SZTE Bőrgyógyászati és Allergológiai Klinikáján alkalmaztunk a világon elsőként 308 nm hullámhosszúságú XeCl excimer lézerkezelést – ez a korábban alkalmazott UV-B-terápiánál hatékonyabb.

Azoknál a betegeknél, akiknél a helyi kezelés és a fényterápia nem elegendő, belsőleg adható gyógyszeres kezelésre van szükség. Vannak úgynevezett hagyományos, klasszikus gyógyszerek (a szájon át adható metotrexat, ciklosporin, acitetrin), amelyeket évtizedek óta alkalmazunk, s ezek a betegek nagy százalékában eredményesen tudják javítani a bőrtünetek állapotát. Ugyanakkor toxikus hatásuk miatt a betegek egy részénél nem vethetők be.

– *A legutóbbi években biológiai kezeléseket is bevezettek. Ezek új minőséget jelentenek a pszoriázis kezelésében.*

– A biológiai terápiák igazi áttörést hoztak. E terápia lényege, hogy célzottan gátoljuk a betegség kialakulásáért felelős biológiai anyagokat, amelyek a szervezetben termelődnek. A biológiai szerek a betegség kialakulásában kulcsszerepet játszó, gyulladást okozó anyagok vagy sejtek működését gátolják, a kóros folyamatot megállítva, vagy nagymértékben lelassítva. Tehát oki terápiának tekinthetők – hatásosságukon túlmenően szelektívek, s a beteg jól is tolerálja. A biotechnológiai úton előállított fehérjetermészetű gyógyszereket ma már széles körben alkalmazzák az orvostudomány számos területén; a pikkelysömör esetében is.

A pikkelysömör biológiai szerrel végzett terápiája a betegség létrejöttében központi szerepet betöltő mediátor fehérjék vagy az immunsejtek irányított vándorlását, és/vagy aktiválódását irányító fehérjetermészetű molekulák specifikus ellenanyagokkal való gátlását jelenti. A betegség kialakulásában központi szerepet betöltő gyulladáskeltő fehérjék gátlására hazánkban is már nyolc, az egészségbiztosító által is támogatott biológiai készítmény van forgalomban, amelyekkel csaknem teljes tünetmentesség érhető el, s amik a bőrtünetek mellett mérséklik a pikkelysömörhöz társuló ízületi gyulladást, és a körmötüneteket is. Ezek az új kezelési eljárások jelenleg még rendkívül költségesek, rendelkezésük kizárólag a „Biológiai Terápiás Centrumokban” történik. Csak azok a betegek részesülhetnek biológiai terápiában, akik állapota a hagyományos helyi, s szisztémás kezelésre nem javul, vagy az azok esetében alkalmazott gyógyszerek számukra ellenjavalltak.

– *Eljöhét az idő, amikor a biológiai kezelés nem kerül olyan sokba, mint ma?*

– A pikkelysömört napjainkban komplex immunbetegségnek tartjuk. Az immunpatogenezis (az immunrendszer betegségének kifejlődése) jobb megértése lehetőséget nyújt kezelési stratégiánk racionalizálására és új terápiás eljárások kidolgozására. A betegség kiváltásáért felelős fehérjék közül egyre többet ismerünk meg, és ezek szelektív, célzott gátlásával egyre hatékonyabb kezelések válnak lehetségessé. Egyébként pedig a gyógyszeripar a pikkelysömör kezelésével kapcsolatban rohamléptekkel fejlődik, és a közeljövőben számos új, a jelenlegi kezeléseknél használtaknál olcsóbb biológiai szerek jelenhetnek meg, lehetőséget nyújtva arra, hogy a kezelések a betegek szélesebb rétegeinek is rendelkezésére álljanak.

FARKAS CSABA



EGY ÓKORI CSILLAGÁSZATI MÉRÉS ANATÓMIÁJA

## Arisztarkhosz holdfelezése

A régi csillagászat történetének összefoglalásaiban gyakran találkozhatunk az ókor egyik leghíresebb csillagászati mérésével, a szamoszi Arisztarkhosz (Kr. e. ~310–~230) nevéhez kötődő ún. holdfelezéssel vagy – görög nevén – dichotómiával. Az „egyszerű, de nagyszerű” mérést Arisztarkhosz egyetlen fennmaradt műve, *A Nap és a Hold méretéről és távolságáról* című munka ismereti, és célja annak megállapítása, hogy milyen arányban áll egymással a Nap és a Hold Földtől mért távolsága egy adott időpontban.

Ennek megválaszolásához egy speciális elrendezést, a félholdkor tapasztalhatóat kell választanunk – innen a módszer elnevezése –, függetlenül attól, hogy növekvő félholdról (első negyed) vagy csökkenőről (harmadik negyed) van szó. Ekkor ugyanis a Hold világos és sötét feleit elválasztó sík éppen a megfigyelő, azaz a Föld felé mutat, így a Holdat és a Napot összekötő egyenes derékszöget zár be a Holdat és a Földet összekötő egyenessel (1. ábra). Ilyenkor fennáll, hogy  $H/N = \cos(\Phi)$ , ahol  $H$  a Hold távolsága a Földtől,  $N$  a Nap távolsága a Földtől, és  $\Phi$  a Hold és a Nap látóirányai által bezárt szög (más szóval a Hold elongációja). Így a  $\Phi$  szög megmérése után a két égitest távolságainak aránya közvetlenül adódik.

A felhasznált gondolatmenet egyszerűsége megdöbbentő annak fényében, hogy milyen komoly belátáshoz vezet a kozmosz arányai kapcsán. A kapott eredmény azonnal és szükségszerűen következik a helyzet geometriájából, függetlenül a kozmológiai előfeltevésektől – így például attól, hogy vajon a mozdulatlan Földet gondoljuk-e el a többi égitest mozgásainak középpontjába (miként a görögök többsége tette), avagy a Napot helyezzük a Föld keringésének centrumába (miként Arisztarkhosz tette egy másik művében a beszámoló szerint).

Ugyanakkor tegyük hozzá, hogy a fenti eljárás sem teljesen mentes a feltételezésektől. Például azon a hipotézisen alapszik, hogy a Hold világos és sötét oldalai gyakorlatilag egyforma nagyok, vagyis a Holdat megvilágító napsugarak párhuzamosnak tekinthetők – amit egyébként az eredeti levezetés ki is mond és bizonyít (a mű 4. tételében). Másrészt elhallgatja azt, hogy a távolságokat és a kérdéses szöget nem a Föld középpontjából, hanem felszínének egy pontjából (a megfigyelőtől) méri, mert az ebből adódó eltérést nem gondolja számottevőnek. Ez utóbbi feltevés csak akkor fogadható el, ha az égitestek mérete elhanyagolható a köztük levő távolságokhoz képest, és ahogy a későbbiekben látni fogjuk, ez a Hold esetén már problémás előfeltevés.

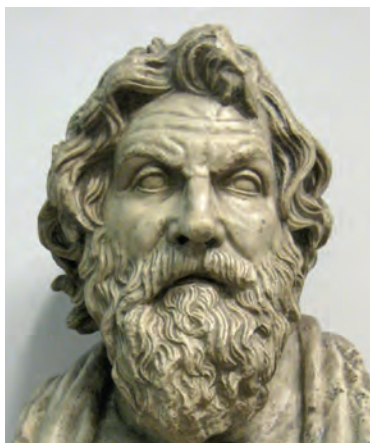
A mérésről szóló összefoglalások azt is meg szokták jegyezni, hogy bár az alapötlet kitűnő, ám az Arisztarkhosz által kapott eredmény csak „minőségileg” jó, de „mennyiségileg” nem. Ő ugyanis azt kapta, hogy a Nap szűken hússzor olyan messze van, mint a Hold, miközben a helyes adat megközelítőleg négyszáz. Kiegészítésként jegyezzük meg a pontosabb adatokat: Arisztarkhosz szerint  $18 < N/H < 20$ , ahol a szélső értékek a közelítő számítási eljárásból származnak,



míg a valódi adat 363 és 419 között változik az aktuális távolságok függvényében – közepes távolságokkal számolva 389.

Először is szögezzük le, hogy a meglepően nagy hiba nem Arisztarkhosz számításaiból adódik. Bár ő még nem ismerte a koszinuszfüggvényt, sőt semmilyen trigonometrikus függvényt sem – valójában ezt a számítását szokás az egyik legkorábbi fennmaradt szögfüggvénybecslésnek is tekinteni –, a helyettesítő geometriai levezetés pontos és hibátlan (lásd az eredeti mű 7. állításának bizonyítását). Ezt persze el is várhatjuk Arkhimédész (Kr. e. ~287 – ~212) és Apollóniosz (Kr. e. ~262 – 190) kortársától, akik a geometria utolérhetetlen mestereiként az ókor legragyogóbb matematikai munkáit szerezték.

Az óriási hiba az alábbi kiinduló adatból származik. Arisztarkhosz megállapítja (ez a mű 4. hipotézise), hogy a mérendő elongáció, azaz félholdkor a Nap és a Hold látóirányai által bezárt szög  $87^\circ$ . Ismét csak az érdekesség kedvéért jegyezzük meg, hogy ő még nem használja a későbbi görögség által bevezetett fokokat, azaz a teljes kör 360 egységre történő osztását, hanem a kor matematikusaival összhangban a derékszöget tekinti a szögek mértékének, és ezért úgy fogalmaz, hogy a mért szög a derékszög egyharmincad részével kisebb a derékszögnél. Ennek persze nincs jelentősége, hiszen látható, hogy  $90^\circ - 90^\circ/30 = 87^\circ$ . Ez az adat viszont téves, ugyanis a kérdéses szög, amelyet Arisztarkhosznak kapnia kellett volna félholdkor,  $89^\circ 51' 10''$ . Lehetséges szélsőértékei az égitestek távolságainak változásai miatt  $89^\circ 50' 31''$  és  $89^\circ 51' 48''$ , és mivel nem tudjuk, Arisztarkhosz mikor végezte a mérést, azt sem tudjuk, pontosan mit kellett volna kapnia – ám ez teljesen érdektelen, hiszen láthatjuk, hogy a mért érték messze kívül esik a valódi értékek lehetséges tartományán.



Arisztarkhosz

Hogy ez a mérési hiba kicsinek vagy nagyoknak tekinthető-e, arra nincs egyértelmű válasz. A korabeli görög csillagászati gyakorlat elsősorban matematikai elméletek alkotásában jeleskedett, és a mérések jelentősége viszonylag háttérbe szorult. A pontos észleléseken és azok matematikai kezelésén alapuló tradíció jó száz évvel későbből, Hipparkhosz (Kr. e. ~190–~120) idejéről eredeztethető. Arisztarkhosz mérési hibája szűk  $3^\circ$ , ami persze nem kevés – égi hasonlattal: ez a telihold átmérőjének hatszorosa; földi hasonlattal: ilyen szögben látszik egy 170 centiméter magas ember körülbelül

32 méter távolságból –, ám tekintve a „mérési rutin” imént említett hiányát, valamint az alább tárgyalandó szögmérési problémákat, a hiba önmagában nem tekinthető ordítóan nagyoknak.

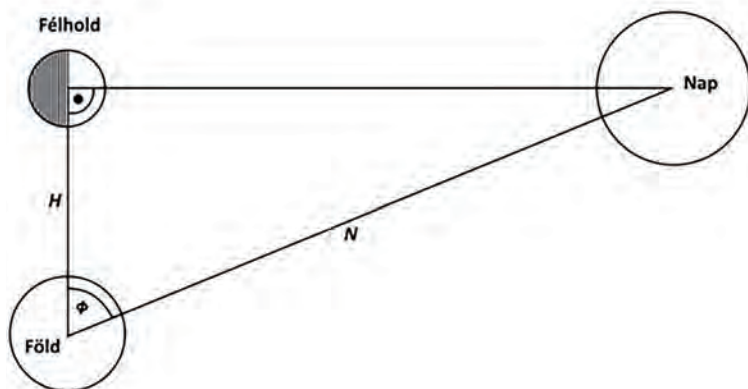
Az viszont egyértelmű, hogy egy ekkora mérési hiba hatalmas torzulást okoz a kapott eredményben. Ez pedig annak köszönhető, hogy bármennyire is egyszerű és ötletes a dichotómia gondolatmenete, mérési eljárás-ként gyakorlatilag használhatatlan. A továbbiakban azt szeretnénk megmutatni, hogy ez miért van így.

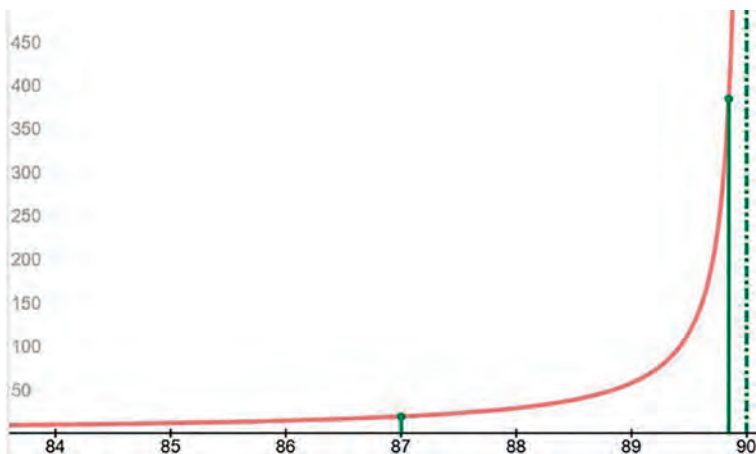
## A mérés alapelve

A probléma veleje az, hogy az eljárás rendkívül érzékeny már kis mérési hibára is. Ugyanis ha az N/H arányt keressük, akkor az eredményt a koszinuszfüggvény reciprokának, más szóval a szekáns függvénynek az értéke adja meg, amely – a függvény meredekségével együtt –  $90^\circ$ -hoz aszimptotikusan tartva egyaránt elszáll a végtelenbe (2. ábra). Például ha csak 1 ívpercnyi hibát ejtünk a mérésben – ami nagyjából a szabadszemes észlelés elvi minimális hibahatára, függetlenül a mérőműszertől –, akkor a keresett 389-es érték helyett 344-et vagy 430-at fogunk kapni, vagyis több mint 10% tévedésben leszünk!

Ha pedig 10 ívpercet tévedünk lefelé ( $89^\circ 41'$ ) – ami még Kopernikusz (1473–1543) idejében is jó mérésnek számított –, akkor N/H-ra 181-et kapunk – ez a valódi érték kevesebb, mint fele. Felfelé pedig nem is tudunk  $10'$ -et tévedni, mert az már több mint  $90^\circ$ , így a mérési elrendezésünk mellett ez az érték értelmezhetetlen. (A részletekért lásd az 3. ábrát.) Gondoljunk csak bele, hogy Arisztarkhosz vajon ugyanúgy elfogadta volna-e mérésének eredményét, ha mondjuk a másik irányban téved ugyanakkorát, és  $93^\circ$ -ot kap?

1. ábra. A „dichotómia” geometriai elrendezése. Magyarazatért lásd a szöveget.





2. ábra.  $1/\cos(\Phi)$  értéke, ahogy  $\Phi$  közelít  $90^\circ$ -hoz. A függőleges tengelyen a Nap és a Hold távolságának aránya (N/H) látható. Feltüntetjük Arisztarkhosz mérési eredményét ( $87^\circ$ ) és a valódi értéket ( $89^\circ 51'$ ).  
(Forrás: Desmos Graphing Calculator)

Vegyük észre azt is, hogy a keresett érték jó közelítésben arányos a mért szög derékszögtől való eltéréssel. Arisztarkhosz mérésének eredménye  $3^\circ$ -kal tér el a derékszögtől, míg a valódi érték  $9'$ -cel. A  $3^\circ$ , azaz  $180'$  éppen hússzorosa a  $9'$ -nek, és ez a szorzó jelentkezik a végeredmény hibájaként, hiszen a mérés alapján kapott arány a valódi érték huszadrésze ( $389/19 = 20,47$ ). Ezzel egyben visszaellenőriztük azt is, hogy magában az arisztarkhoszi számításban nincs hiba.

A mérés pontatlansága alapvetően két főbb tényezőtől függ: az elsőhöz tartoznak a félhold időpontjának megállapításában rejlő problémák, a másodikhoz pedig a szögmérés nehézségei. Először vegyünk szemügyre az első problémakört részletesebben!

### A félhold időpontjának megállapítása

A félhold időpontjának megállapítása azért kényes kérdés, mert a Hold ún. szinodikus — azaz a Naphoz viszonyított — mozgása igen gyors: óránként mintegy fél fok. (Lásd: ha durván 30 napos egy fázishónap, akkor a Hold naponta, azaz 24 óra alatt  $360/30 = 12^\circ$ -ot halad a Naphoz képest.) Ez azt jelenti, hogy Arisztarkhosz mérési hibája mintegy 6 órányi tévedésnek felel meg, vagyis ha feltesszük, hogy a szöget pontosan mérte, akkor ennyivel tévesztette el a félhold tényleges időpontját. Ez pedig nem tűnik soknak annak a hétköznapi tapasztalatnak a fényében, hogy a telihold időpontját még napnyi pontossággal sem könnyű megállapítani, ugyanis gyakran van az a benyomásunk, hogy éppen teliholdat látunk, csak hogy a következő éjjel ugyanez a benyomásunk támadjon... Azért azt tegyük hozzá, hogy a félhold időpontjának felismerése annyiban könnyebb

a teliholdénál, hogy félholdkor tűnik a leggyorsabban mozogni az ún. terminátor, vagyis a Hold világos és sötét felét elválasztó vonal, ugyanis ekkor a látóirányunkra merőlegesen mozdul el, míg teliholdkor a valódi elmozdulása megegyezik a látóiránnyal, így az arra merőleges (azaz megfigyelhető) komponense eltűnik. Ám a kérdéses mozgás sebessége ekkor is csak bő  $3'$  naponta, így a terminátornak az adott 6 óra alatti elmozdulása ( $0,8'$ ) a szabadszemes észlelés pontosságának határa alatt marad.

Az érzékeltetés kedvéért tekintsük a **4. ábrát!** Aligha vagyunk képesek kivenni a különbséget a valódi félhold és az Arisztarkhosz által észlelt helyzet között! Fontos megjegyezni, hogy a terminátor nem egy éles vonal (a holdfelszín egyenetlensége miatt), tehát nem könnyű kivennünk, mikor látszik

„egyenesnek”. Ráadásul szabadszettel a holdkorong kisebbnek látszik, mint az itteni ábrán, és jóval kevesebb részlet vehető ki rajta. Tovább nehezíti a helyzetünket, hogy a mérésnek csak akkor van értelme, amikor a Nap is a horizont felett található, vagyis nappal van — ekkor pedig a látott kép még az itt ábrázoltnál is kevésbé kontrasztosnak és elmosódottabbnak tűnik.

Itt kell megemlítenünk egy újabb bonyodalmat: a félhold időpontját csak akkor tudjuk szabadszettel megállapítani, ha a Hold ekkor éppen a horizont felett található, ami átlagosan minden második félhold esetén következik be. Azonban a mérést csak akkor tudjuk elvégezni, ha ugyanakkor a Nap is a horizont felett áll, és e két feltétel átlagban minden negyedik félholdra érvényes — természetesen felhőtlen égboltot feltételezve. Mivel nem tudhatjuk előre pontosan, mikor fog bekövetkezni a félhold (lásd alább), ezért minden lehetséges, a félholdhoz közelítő fázist alaposan meg kell figyelni. Ha türelmetlenek vagyunk, olyankor is hajlamosak lehetünk a mérést elvégezni, amikor a félhold nem tűnik éppen tökéletesnek, ám a két égitest legalább egyszerre megfigyelhető...

Az óvatlan olvasó itt azt az ellenvetést teheti, hogy mindez elkerülhető, ha a félhold időpontját nem szabadszettel, hanem egy holdfázis-táblázat segítségével állapítjuk meg. Ha ugyanis kitartóan feljegyezzük a teliholdak és újholdak időpontjait, akkor a hosszú adatsorból a ciklusok számával leosztva pontosan megkaphatjuk a holdciklus hosszát, majd ebből megállapíthatjuk a félhold időpontját félúton a telihold és az újhold között. Ez a gondolatmenet azonban több sebből is vérzik. Egyrészt nincs tudomásunk arról,

hogy az Arisztarkhosz-korabeli görögség pontos hold-táblázatokkal rendelkezett volna, hiszen ahogy említettük, az észlelés alapú csillagászat ekkor még kevésbé volt előtérben. Ám még ha rendelkeztek is volna ilyen táblázatokkal, azt is nyilván láthatták volna — mint például a már említett Hipparkhosz nemsokára pontosan látta —, hogy a Hold égi mozgásának sebessége igencsak szabálytalan az egyenletes körmozgáshoz képest ( $\pm 12\%$ -kal változik az átlagos sebességéhez viszonyítva), így az ún. kvadratúrák vagy negyedállások (azaz a Napra merőleges helyzetek) időpontjai nem a „szizigiumok” (újhold és telihold) közti időbeli felező-pontokon helyezkednek el, hanem abból jelentősen kimozdítva. És ami a legfontosabb: még ha egyenletes körmozgással is haladna a Hold, akkor sem a negyedállások időpontjait keresnénk, hiszen azok éppen a  $90^\circ$ -os elongációhoz tartoznak, hanem a félholdak időpontjait, ahol a mérés eredménye pontosan a negyedállás és a félhold apró eltérésének mértékével arányos. Ezért a régi táblázatok nem segíthetnek bennünket, vagyis marad a szabadszemes becslés.

### A szögmérés és problémái

Rátérve a szögmérés problémáira fontos megjegyezni, hogy csak találgathatunk arról, milyen eszközt használhatott Arisztarkhosz. Míg a későbbi Ptolemaiosz (Kr. u. ~100 — ~170) a csillagászatról írott nagy matematikai összefoglalásában számos mérőműszert ismertet, és gyakran utal ezeknél elődjére, Hipparkhoszra is, addig Arisztarkhosz korából még nem maradtak fenn ilyen leírások. Az persze kétségtelen, hogy bármilyen műszerekkel is rendelkeztek, azok elsősorban a szögmérés célját szolgálták. Így a mérés menetét alapvetően úgy képzeljük el, hogy egy megfelelő műszer egy kellően hosszú rudját vagy élét olyan helyzetben rögzítjük, hogy az a Napra mutasson, majd egy másik, az előzőhöz egy ponton csatlakozó rudat vagy élét olyan helyzetben rögzítünk, hogy az a Holdra mutasson — persze a sorrend tetszőleges —, és ezek után megmérjük a két irány által bezárt szöget. A gyakorlatban azonban itt is több nehézséggel kell szembenéznünk.

Az első nehézség abban áll, hogy szemben a bolygók vagy csillagok szögtávolságainak mérésével, mely égitestek pontszerűnek látszanak, itt kiterjedt objektumok látóirányát kell megállapítani. Mindkét égitest látszó kiterjedése körülbelül fél foknyi, úgyhogy a középpontjuk nem célozható be magától értetődő módon, márpedig fent láthatuk, hogy akár néhány ívpercnyi tévedés is jelentős torzulást okoz a végeredményben. Ráadásul a Nap esetén további problémát jelent annak fényessége,

amely megakadályozza, hogy direkt módon, közvetlenül rábámulva célozzuk be a látszó irányát, legalábbis a komoly látássérülés kockázata nélkül. Ehelyett valamilyen közvetett, óvatos módszerrel érdemes rámérni, amely mindenképpen időigényes — ami átvezet bennünket a következő bonyodalomhoz.

Igen súlyos nehézséget jelent az égbolt (pontosabban a Föld) napi forgása. Ennek eredménye az égi objektumok keletről nyugatra történő mozgása, melynek maximális sebességét az égi egyenlítőn található objektumoknál tapasztalhatjuk: ez percenként egynegyed fok (hiszen a  $360^\circ$  24 óra alatt fordul körbe, ami óránként  $15^\circ$ -ot jelent). Az égi egyenlítőtől távolabbi (tőle északra vagy délre lévő) objektumok esetén ez a mozgás lassabb, ám az esetünkben elérhető legkisebb sebesség — amely az ekliptika legészakibb és legdélibb pontjait jellemzi — is csak  $10\%$ -kal kevesebb a maximálisnál. Tehát még ha igaz is volna, hogy egy-egy objektum pozícióját pontosan be tudjuk célozni, de mondjuk egy perc eltéréssel tudnánk megcélozni a két égitestet, akkor az irányaik által bezárt szögben legalább  $10'$  hiba jelentkezne, ami használhatatlanná tenné a mérést. Ahhoz, hogy az időeltérésből származó hibát a bűvös  $1'$ -es határon belül tartsuk, a két égitest irányát gyakorlatilag 4 másodpercen belül kellene pontosan megmérnünk, ez pedig enyhén szólva komoly kihívást jelent.

Ezen a ponton ismét csak felmerülhet a táblázatok iránti igény: ha ugyanis léteznek elég pontos modelljeink a Nap és a Hold égi mozgására, akkor elegendő pusztán a félhold időpontját meghatározni, majd ezután a további mérések helyett a táblázatokból kiolvashatjuk (vagy esetleg a modellekből kiszámíthatjuk), mik voltak a két égitest koordinátái a kérdéses időpontban — ezek alapján a szögtávolság már szférikus geometriai ismeretekkel megadható. Bár ez az eljárás ígéretesnek tűnik, de az

3. ábra. A mérési hiba hatása a kapott N/H arányra.  
A szög alapértéke:  $89^\circ 51'$ , az arányé 389.

Mérési hiba	Mért alsó szög	Mért felső szög	Kapott alsó érték	Kapott felső érték	Alsó hibaszázalék	Felső hibaszázalék
1'	$89^\circ 50'$	$89^\circ 52'$	344	430	13	11
3'	$89^\circ 48'$	$89^\circ 54'$	286	573	36	47
5'	$89^\circ 46'$	$89^\circ 56'$	246	859	58	121
10'	$89^\circ 41'$	$90^\circ 01'$	181	E	115	$\infty$
30'	$89^\circ 21'$	$90^\circ 21'$	88	E	342	$\infty$
1°	$88^\circ 51'$	$90^\circ 51'$	50	E	678	$\infty$
2°	$87^\circ 51'$	$91^\circ 51'$	27	E	1441	$\infty$
3°	$86^\circ 51'$	$92^\circ 51'$	18	E	2161	$\infty$



4. ábra. A Hold animált képei. Bal oldal: éppen félholdkor (időpont: 2019. 08. 23 – 17:50, elongáció:  $89^\circ 51'$ , megvilágítottság: 50,0%). Jobb oldal: „arisztarkhoszi” helyzetben (időpont: 2019. 08. 23 – 22:19, elongáció:  $87^\circ 00'$ , megvilágítottság: 47,5%). (Forrás: Stellarium)

elérhető táblázatok vagy modell pontossága itt is erősen kétséges. Közvetlenül ellenőrizhetjük Ptolemaiosz fél évezreddel későbbi modelljeinek pontosságát, és láthatjuk, hogy bizony az  $1^\circ$ -nál nagyobb hiba is megjelenhet a pozíciók leírásában. Az Arisztarkhosz korában rendelkezésre álló modellek és táblázatok ennél csak pontatlanabbak lehettek, így a táblázatokra hagyatkozás ötlete ismét járhatatlannak bizonyult. Ráadásul az időpont megmérése is nehézségekbe ütközik, hiszen a görög időmérő eszközök – napóra és vízóra – nem voltak annyira pontosak, mint amire szükség lenne a mérés ilyen módon történő kivitelezéséhez.

Végezetül érdemes megjegyezni, hogy ebben az időben még jórészt ismeretlenek voltak azok az effektusok, melyek jelentős mértékben torzítják az égitestek látszó pozícióit. Ezek egyike a refrakció, azaz légköri fénytörés, amely a horizonton található objektumok helyzetét mintegy fél fokkal torzítja felfelé, és a magassággal csillapodik (többnyire a zenittávolság tangensével arányos). A másik ilyen hatás a geocentrikus parallaxis, vagyis az abból származó torzulás, hogy a földfelszíni megfigyelő más irányban látja az égitestet, mint amerre az a Föld középpontjából látszana. Ez az effektus a Nap esetében elhanyagolható, viszont a horizont közeli Hold pozícióját körülbelül egy fokkal torzítja lefelé, és feljebb a zenittávolság szinuszával arányosan csökken. A két kérdéses égitest sosem emelkedhet olyan magasra (a mérsékelt égövről észlelve), hogy eltekinthessünk a refrakciótól és (a Holdnál) a parallaxistól, hiszen ezek mértéke bőven meghaladja a mérés számára kritikus nagyságrendű hibát,

és ráadásul kölcsönös helyzetük garantálja, hogy minél magasabban tartózkodik az egyikük, annál alacsonyabban lesz a másik.

## Tanulságok

Összefoglalásként tehát elmondhatjuk, hogy a holdfelezés módszere mérési eljárásként igen rossz. Már apró mérési hibák is halmozottan jelentkeznek a végeredményben, miközben magát a mérést csak jelentős hibával lehetséges elvégezni, akár a félhold időpontjának megállapítását tekintjük, akár a szögmérés lehetőségeit. Ezek után szinte csoda, hogy Arisztarkhosz mérése akár csak ennyire is pontos tudott lenni – bár sokkal valószínűbbnek tűnik, hogy a „mért” szög inkább egy kényelmes, számára hihető értéként került elfogadásra, mint az elfogulatlan mérés pontos eredményeként. A mérés eltervezőjeként és kivitelezőjeként ugyanis pontosan tisztában kellett lennie a számos nehézséggel és az eredmény szinte ad hoc jellegével.

Mielőtt azonban teljesen elítélnénk a dichotómia módszerét, néhány záró megjegyzéssel szeretnénk árnyalni a képet. Először is sokan érvelnek amellett, hogy a korabeli technikai művek, és általában a görögség „alkalmazott matematikai” írásai sokkal inkább tűnnek l'art pour l'art jellegű szellemi tevékenységnek, mint gyakorlati igényű mérnöki munkáknak. Mintha csak a görögök kimagasló élvezetre leltek volna abban, hogy a felmerülő problémákat geometriai szituációkká absztrahálják, majd ezeket a feladatokat teljesen elméleti síkon, csakis a matematika örömetől hajtva minél elegánsabban megoldják. A ránk maradt matematikai szövegek jelentős része alátámasztja ezt a nézetet, és ezek között is kiemelkedik

Arisztarkhosz értekezése A Nap és a Hold méretéről és távolságáról. Eszerint tehát a szerzőnket nem a kvantitatív kozmológia kérdéseinek megválaszolása ösztönözte, hanem e kérdések apropóján egy frappáns matematikai gyakorlatot kívánt elvégezni. Ekkor pedig nem csoda, ha a mérés praktikus pontossága csak sokadrangú szempontként jelentkezett a számára.

Másfelől azt mondtuk, hogy ha mennyiségileg nem is, de minőségileg hasznos mérésről van szó: azt ugyanis megtudjuk általa, hogy a Nap jóval messzebb van tőlünk, mint a Hold, hiszen bármennyi is legyen a félhold elongációja, az azért világos, hogy közel van a derékszöghöz. (Egyébként tegyük hozzá, hogy ha ez nem így volna, akkor a módszer is pontosabb lehetne, hiszen a távolságarány kevésbé lenne érzékeny az elongáció kis hibájára...). Az adott kor kontextusában ez amiatt jelentős eredmény, mert rámutatott arra, hogy amennyiben a többséggel együtt elfogadjuk a geocentrikus világképet, akkor az ún. Hold feletti világ, vagyis az égi szférák világa sokkal nagyobb, mint a Hold alatti világ, azaz a földgolyó és a körülötte található légkör birodalma. Az Arisztarkhosz korában uralkodó, főleg Arisztotelész-től (Kr. u. 384–322) származó kozmológiai modell szerint a szférák olyan közös középpontú gömbhéjak, amelyek az égitesteket hordozzák, és szorosan (értsd: hézagmentesen) egymásra simulnak a kozmosz szélén. A dichotómia eredményéből viszont az következik, hogy vagy óriási hézagok vannak az egyes szférák között (hiszen a Nap szférája hússzor nagyobb, mint a Holdé), vagy pedig az egyes szférák igencsak vastagok, a középpontban a hozzájuk képest eltörpülő földi világgal.

Az utókor e második megoldást választotta, amely az ún. ptolemaioszi rendszerben csúcsosodott ki: a szférák olyan vastagok, hogy magukba foglalhassák az egyes égitestek mozgását modellező excentrikus köröket és epiciklusköröket is, vagyis Ptolemaiosz Összefoglalásának geometriai technikáit. Ha az így felduzzasztott szférákat egymásba ágyazzuk, akkor kiderül, hogy a Merkúr és a Vénusz szférája igen jól beilleszkedik a Hold és a Nap szférái közé, ezzel kialakítva a klasszikus geocentrikus sorrendet a legbelső Holdtól a legkülső Szaturnuszig, sőt azon túl az állócsillagok szférájáig. Ez a kozmológiai modell alapjaiban érvényben maradt egészen Kopernikusz koráig, és vele együtt a nagyjából hússzoros távolságarány is, melyet elfogadott mind Ptolemaiosz (lásd az Összefoglalás V/5. fejezetét), mind Kopernikusz (a főműve IV/19. fejezetében) — az utóbbinál már a heliocentrikus elmélet keretei között.

Így Arisztarkhosz eredményét a csillagászati hagyomány egészen a XVI. század végéig érvényesnek tartotta, bár jobbára inkább tekintély alapon, mintsem a független mérések egybecsengő eredményeinek

köszönhetően. Ennek örökségét csak a XVII. század egyre pontosabb elméletei számolták fel, immár a forradalmian új eszköz, a távcső segítségével. Ekkor azonban az is kiderült — pl. Johannes Kepler (1571–1630) vagy Giovanni Battista Riccioli (1598–1671) erőfeszítéseinek köszönhetően —, hogy a holdfelezés módszere még távcső használatával sem képes megnyugtató pontossággal kecsegtetni. Így az eljárás elvesztette gyakorlati jelentőségét és tudománytörténetté vált, majd a nehézségek feledésbe merültével egyfajta romantikus, idealizált patinát kapott. Ebben az írásban igyekeztünk pontosabb és realisabb képet festeni róla.

KUTROVÁTZ GÁBOR

## IRODALOM

- [1] Barlow, C. — Bryan, G. 1900. *Elementary Mathematical Astronomy*. 2nd edition. University Tutorial Press, London.
- [2] Britton, J. 1992. *Models and Precision: The Quality of Ptolemy's Observations and Parameters*. Garland Publishing Inc., New York and London.
- [3] Dobrzycki, J. 1978. *Nicholas Copernicus on the Revolutions*. The Macmillan Press, London and Basingstoke.
- [4] Goldstein, B. 1967. *The Arabic Version of Ptolemy's Planetary Hypotheses*. *Transactions of the American Philosophical Society* 57/4: 3-55.
- [5] Heath, T.L. 1913. *Aristarchus of Samos. The Ancient Copernicus*. Clarendon Press, Oxford. (Ez a mű tartalmazza Arisztarkhosz értekezésének szövegkiadását angol fordítással kísérve.)
- [6] Helden, A. van. 1985. *Measuring the Universe: Cosmic Dimensions from Aristarchus to Halley*. University of Chicago Press, Chicago.
- [7] Netz, R. 2009. *Lucid Proof. Greek Mathematics and the Alexandrian Aesthetic*. Cambridge University Press, Cambridge.
- [8] Pedersen, O. 2011. *A Survey of the Almagest*. Springer, Dordrecht.
- [9] Toomer, G.J. 1984. *Ptolemy's Almagest*. Duckworth, London.

## E SZÁMUNK SZERZŐI

**BAUER NORBERT:** Magyar Természettudományi Múzeum, Budapest; **BENKŐ ZSOLT:** tudományos főmunkatárs, Atommagkutató Intézet, Izotóp Klimatológia és Környezetkutató (IKER) Központ, Debrecen; **BÓDIS JUDIT:** Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Növénytudományi és Biotechnológiai Tanszék, Keszthely; **CSABA GYÖRGY:** professor emeritus, az MTA doktora, Budapest; **CSIGE ISTVÁN:** tudományos főmunkatárs, Atommagkutató Intézet, Izotóp Klimatológia és Környezetkutató (IKER) Központ, Debrecen; **FARKAS CSABA:** tudományos újságíró; **FUTÓ PÉTER:** Debreceni Egyetem, Ásvány- és Földtani Tanszék, Kozmokémiai Kutatócsoport, Debrecen; **HÉRINCZ DÁVID:** meteorológus, HungaroControl, Budapest; **HUDOBA GYÖRGY:** fizikus, Székesfehérvár; **KUTROVÁTZ GÁBOR:** egyetemi docens, BME Filozófia és Tudománytörténet Tanszék, Budapest; **MOLNÁR KATA:** tudományos munkatárs, Atommagkutató Intézet, Izotóp Klimatológia és Környezetkutató (IKER) Központ, Debrecen; **PALCSU LÁSZLÓ:** tudományos főmunkatárs, Atommagkutató Intézet, Izotóp Klimatológia és Környezetkutató (IKER) Központ, Debrecen; **TÓSZEGI ZSUZSANNA:** PhD, c. egyetemi docens, ELTE BTK Könyvtár- és Információtudományi Intézet, Budapest.



VERSENYBEN A VEGYI ANYAGOKKAL

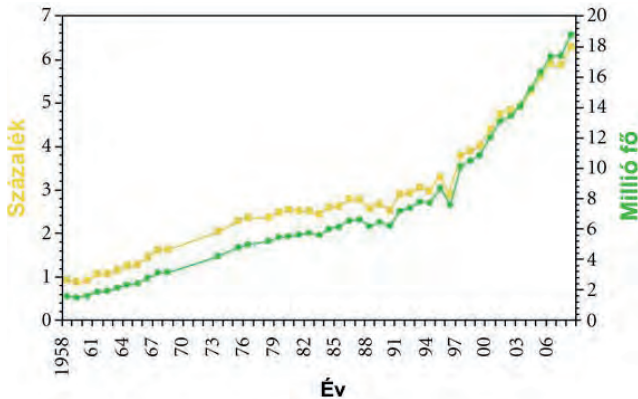
## Hormonális rombolók

Létezik egy igen hatékony, ám kétélű fegyver az emberiség kezében, ami pillanatnyi célzott hatását tekintve sikeres, de veszedelmes is lehet, figyelembe véve hosszú távú következményeit.

A hormonális (endokrin) rendszer az emberi (állati) szervezet vegyi szabályozását végzi el, a központi idegrendszer irányítása alatt. A belső elválasztású mirigyek, illetve mirigysejtek termelik a hormonokat, melyek a szabályozási üzeneteket hordozzák és rendszerint a vérkeringésen keresztül érik el célsejtjeiket. A célsejteken, illetve célsejtekben jelfogók (receptorok) helyezkednek el, melyek a hormonokat felismerik, megkötik és üzenetközvetítők segítségével váltják ki az adott sejt (szerv) reakcióját. A rendszer két alapvető eleme tehát a hormon (a jel), mely rendszerint a szervezet minden részébe eljut és a hormonnal specifikus receptor, mely veszi a jelet és továbbítja az üzenetet oda, ahová az célozva volt. A hormonnak tehát csak ott van hatása, ahol a receptor jelen van. E két tényező és együttműködésük génszinten kódolt és normál esetben biztosítja a szervezet egészséges működését. A hormonok megjelenhetnek aminosavak átalakulása révén (adrenalin, tiroxin), aminosav lánccikként (polipeptid hormonok, például az inzulin; az agyalapi mirigy hormonjai), szteroidokként (nem hormonok, például az ösztrogének, a tesztoszteron; mellékvesekéreg hormonok) vagy mindezeketől eltérő módon (prosztaglandinok).

### Endokrin diszruptorok

Bár a receptorok specifikusak a genetikailag meghatározott hormonokra, a szervezetben mindig előfordulnak olyan molekulák, melyek a célhormonhoz való hasonlóságuk miatt kapcsolódhatnak a receptorhoz, elfoglalva a célhormon helyét, így meg nem engedve annak bekötődését és hatását, vagy éppen ellenkezőleg, hibás információt továbbítanak. Ilyenek egy bizonyos hormoncsalád egyéb tagjai (például átfedés a szteroid hormonok között, vagy az agyalapi mirigy hormonjai között), de ez rendszerint beépített módon helyreáll, például a hormon-szintézisek időeltolódása miatt. Ezen túlmenően az emberi környezetben mindig voltak olyan molekulák, melyek a hormonokhoz hasonlítottak és ezek be is kerülhettek az emberi szervezetbe a levegővel, vízzel, táplálékkal, vagy élelmezési szerekként. Ilyenek voltak a vulkánkitörések termékei (például benzpirén, dioxin), gomba-toxinok, illetve a szójabab fitoösztrogénjei, vagy a dohányfüst, azonban az emberi evolúció évezreidei alatt ezekhez hozzászokott a szervezet és szabályozását látszólag nem zavarta meg. Az utóbbi időben azonban az emberi (ipari, mezőgazdasági és medicinális) tevékenység hatalmas mértékű



1. ábra. Cukorbetegséggel diagnosztizáltak száma az Egyesült Államokban 1958 és 2008 között. Hatalmas mértékű a növekedés, különösen 1997 óta.

felgyorsulása miatt sokkal többféle és sokkal nagyobb mennyiségű hormonjellegű anyag jelent meg a környezetben és jutott be az emberi szervezetbe, mint korábban, és mindez igen rövid idő alatt. Ezek a molekulák megzavarták a normális receptor–hormon kapcsolatot és korábban is ismert, vagy újszerű betegségek fellépéséhez vezettek. Ezeket a hormonszerű környezeti anyagokat nevezzük hormonális rombolóknak és hatásuk valóban megfelel elnevezésüknek.

A mostanáig azonosított hormonális rombolók túlnyomórészt szteroid hormon jellegűek, így elsősorban a szexuális (reproduktív) szférában és a pajzsmirigy hormonok (tiroxin, trijód-tironin) által befolyásolt területen hatnak (mivel a pajzsmirigy hormonjai is a szteroid receptor családban tartják receptoraikat). A szexuális szférában befolyásolják a születéskori nemi arányt (most a korábbiaktól eltérően több lány, mint fiú születik), nagyobb mértékben jelennek meg nemi fejlődési rendellenességek (rejtettheréjűség, mikropénisz, pénisz-hasadék), ami már a születéskor észlelhető, és a felnőttkori ondóban a spermiumok számának és mozgásképesységének nagymértékű csökkenéséhez, akár férfimeddséghez is vezethet. Mint közismert, a szellemi képességek kifejlődéséhez és fenntartásához a pajzsmirigy hormonjai szükségesek (súlyos hiányukban lép fel a kretinizmus), ezért egyes kutatók a pajzsmirigyre ható hormonális rombolók hatását tételezik fel, ami az intelligencia quotiens (IQ) általános csökkenésében fejeződik ki.

### Korunk hormonális rombolói

Az ember biológiai evolúciója mintegy 40 000 éve, a Homo sapiens megjelenésével gyakorlatilag leállt. Bár kifinomult vizsgálatokkal minimális (mikro) változások bizonyos indexekben megfigyelhetők, az ember

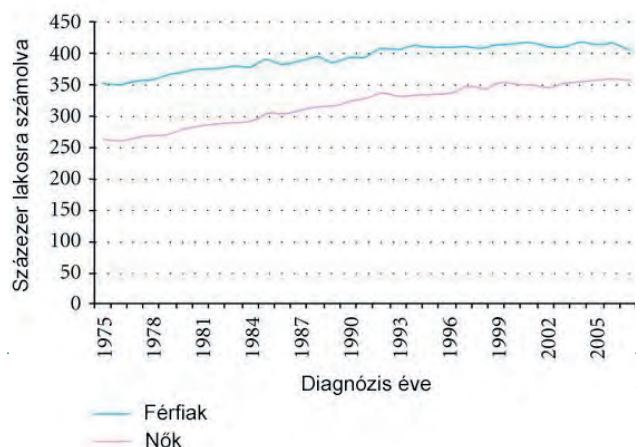
kulturális evolúciójának keretében további fejlődését tárgyakra ruházta át, melyek segítségével biológiai funkcióit is sikeresebben tudja ellátni, azaz nagyítóval és mikroszkóppal jobban lát, autóval gyorsabban közlekedik, illetve szert tett olyan funkciókra, melyekkel biológiailag nem rendelkezett (például repülés). E sikeres fejlődés következtében jöttek létre azok a vegyianyagok is, amelyek hasonlítanak a hormonokra, ugyanakkor felhasználhatók az iparban, mint az ember által kedvelt tárgyak komponensei, a mezőgazdaságban, mint a haszonnövények károsítóinak pusztítói és nem utolsósorban, mint az embert győtrő betegségek gyógyítói, vagy életfunkciók módosítói (például a fogamzásgátlók). E molekulák szerkezete hasonló egyes hormonokéhoz, így a szervezetbe kerülve levegővel, vízzel, táplálékkal, vagy bőrön át szándékosan, vagy melléktermékként a már említett receptor–hormon mechanizmusok révén, károsítóként lépnek fel. Terhesség alatt a méhlepény (placenta) többségüket nem tudja kiszűrni, mindenesetre átenged olyan mennyiséget, ami kóros fejlődés vagy hibás imprinting kiváltására elegendő.

Az iparban használt hormonális rombolók között a legismertebb a biszfenol A, egy ftalát, melyet műanyagok lágyítására használnak fel, és hasonlít az ösztrogénekre, a női nemi hormonokra. Mivel a műanyagok elterjedtsége világszerte hatalmas és növekvő, a biszfenol szolgál mintapéldaként a hormonális rombolók egészségügyi hatásaira. Az agrotechnikában használt rovarölők és növényvédők szerek (vinclozolin, atrazin) ugyancsak nemi hormon jellegű hatással rendelkeznek és hoznak létre betegségeket.

### Rombolás kritikus periódusokban

Az általános felfogás szerint a hormonális rombolók mindig ártalmasak, azonban tudjuk, hogy vannak olyan kritikus életszakaszok, amikor az ártalmas hatás fokozott. A káros vegyi hatások az egyedfejlődés legelején

2. ábra. Rosszindulatú daganatos esetek Nagy-Britanniában (nem-melanoma bőrrákokon kívül) 1975 és 2008 között



## NEGATÍV CSODA

A kóros fejlődést okozó tényezők orvosi elnevezése: teratogén – ógörög eredetű: a teras csodalényt jelent, azonban a csoda itt negatív értelmű és a kóros kinézetű csecsemőket a spártai szülők a vének tanácsával történő tanácskozás után kirakták a Taigetos hegység elvadult területére, elvileg halálra ítélve. Ugyanakkor megvolt a lehetőség, hogy a csecsemőket gyermektelen családok megtalálják és magukhoz vegyék, tehát volt egy kiskapu, a lelkiismeret megnyugtatója. A funkcionális teratogenitás felismerése és besorolása viszont új keletű, de egyre inkább elismerést nyer.

(korai embrió, a terhesség első 3 hónapja) látszanak a legártalmasabbnak, el is pusztíthatják a fejlődő embriót, vagy szervrendszeri károsodást okoznak. A 3-6 hónapos korban általában egyedi szervkárosodások jönnek létre, de erről nincsenek adatok a hormonális rombolókkal kapcsolatban. A magzati korban (utolsó 3 hónap) és röviddel a születés után (perinatális időszak) lép fel a funkcionális teratogenezis, amikor az ekkor történő hormonális romboló hatások eredményeként felnőtt korban jelennek meg a korai károsodás funkcionális következményei.

A fejlődő receptor és a magzati célhormon első találkozása hozza létre a hormonális imprintinget, ami által életre szólóan beállítódik a receptor kötési képessége. Ez tehát a receptor–hormon szabályozási rendszer élettani alakulásához tartozik. Ugyanakkor azonban ebben a kritikus receptorfejlődési periódusban lehetőség van a hormonokhoz hasonló molekulák kapcsolódására is, ami – ugyancsak életre szóló – hibás imprintinget alakít ki. Ennek hatása is csak jóval később, rendszerint felnőttkorban észlelhető, ami megnehezíti az ok és okozat kapcsolatának felismerését, de az állatkísérletek ezt bizonyítják. A hibás korai imprinting hibás késői funkciókat hív elő, melyek betegségekre való hajlamban, akut vagy krónikus betegségekből (például diabétesz, férfimeddség)

vagy működési zavarokban – mint például keringési rendellenességek, autoimmunitás, idegrendszeri problémák – mutatkoznak meg.

Bár a receptor–hormon rendszer beállítódása a perinatális kritikus periódusban történik meg, az átállítódás (a program átírása) későbbi időpontban is létrejöhet. Ilyen későbbi kritikus periódusok a csecsemő elválasztása és különösen a serdülés (pubertás) időszaka, de bizonyos, folyamatosan osztódó sejtekben (mint a csontvelő vérképző sejtjei, immunsejtek) az élet bármely időszakában, akár öregkorban is megtörténhet.

A hibás imprinting epigenetikai folyamat. Ez azt jelenti, hogy nem a DNS bázissorrendjében okoz zavart (mutáció, tehát a bázissorrend megváltoztatása révén), hanem annak meghatározódásában, hogy mely gének nyilvánuljanak meg és milyen erősséggel. Egy adott személy génjei ugyanis szervezetének minden sejtjében azonosak, miközben a sejtek eltérő formát és funkciót nyilvánítanak ki (például eltérő a retina és az izomsejt megjelenése, tevékenysége) azaz eltérő a gének expressziója. Ezt elsősorban a DNS-nek a metiltranszferáz enzim általi metilációja határozza meg, a metilált gén (DNS) nem nyilvánul meg, miközben demetilációja segíti az általa hordozott információ átadását. Az epigenetikai szabályozás éppúgy átöröklődik az utódsejtekre és az adott egyed későbbi generációira, mint a mutáció általi változás, tehát a hibás imprinting is öröklődik és (mint ahogy ez állatkísérletekben bizonyítást nyert) egysejtű modellrendszerben akár 1000 generáció után is megfigyelhető.

A fentiek értelmében tehát nem mindegy, hogy melyik életszakaszban hat a hormonális romboló és bár sohasem látszik hatása közömbösnek (a kritikus időszakokon kívül sem), mégis leginkább veszedelmesnek a perinatális periódusban tűnik. A későbbi kritikus időszakokban történő hatás részben rövidebb utóhatású, részben inkább a perinatális hatás átírásaként minősíthető, miközben a perinatális korban történő hatás a sorsdöntő. Korábban a terhesség első hónapjaiban volt ajánlott különösen figyelni a kóros fejlődést kiváltó molekulákra, illetve ezek elkerülésére, mert ezek hatására jöttek létre azok a torzulások, amelyek már születéskor megfigyelhetők voltak. A hormonális rombolók és a hibás imprinting ismeretében a fokozott figyelem a terhességi időn túl is ki kell, hogy terjedjen. Nem lényegtelen, hogy a hormonális rombolók fel tudnak dúsulni az anyatejben (és természetesen a tehénanya tejében is), és éppen a legérzékenyebb (perinatális) periódusban kerülnek a csecsemő szervezetébe. Azt is érdemes figyelembe venni, hogy létrejött a funkcionális teratogenitás (kóros fejlődés) fogalma,

3. ábra. A biszfenol már a cumisüvegből is beoldódik a tejbe





mely jelentőségében egyáltalán nem biztos, hogy kisebb, mint az alaki (morfológiai) teratogenitásé. A hibás imprinting miatt fellépő terméketlenség, diabétesz, vagy autoimmunitás (funkcionális kóros fejlődések) például biztosan inkább sújt egy férfit, vagy nőt, mint a kisujj hiánya (morfológiai teratogenitás).

### Mi, mennyi és mennyiért?

Hormonális romboló mindenütt lehet, és mindenütt van. Jelen vannak (mint lágyítók) a cumisüvegekben és műanyag palackokban éppúgy, mint a fémpalackok bélésében, az égésgátlókban (például bútorok és házak gerendái esetében), a detergenszekben (például mosogatószerekben), az orvosi eszközökben, tabletták buborékfóliáiban, mint mindenki által használt tárgyakban, a kozmetikumokban, de hormonális romboló a növényvédő és rovarirtó szerek gyakorlatilag mind egyikének hatóanyaga is. Az általuk kiváltott (feltételezett) kóros állapotok (néhány példát kiragadva) az intelligencia quotiens (IQ) veszteség (az Egyesült Államokban 11 millió IQ-pont veszteség/év, debilitással bezárólag), az elhízás, a hererák (általában a nemzőszervi daganatos ártalmak száma nő, amiért a daganatgátló gének metilációja és a sejtosztódást szabályozó gének demetilációja elsőrendűen felelős), és terméketlenség, gyerekek esetében az egyre szaporodó figyelemhiányos hiperaktivitás (ADHD) és autizmus, az endometriózis (mely esetében a biszfenol egymagában 86 000 esetért és 47 milliárd dollár kiadásért felelős az Egyesült Államokban) és a korai szív-keringési halálozás, valamint nem utolsó sorban a diabétesz népbetegséggé válása.

### ELVESZŐ IQ-PONTOK

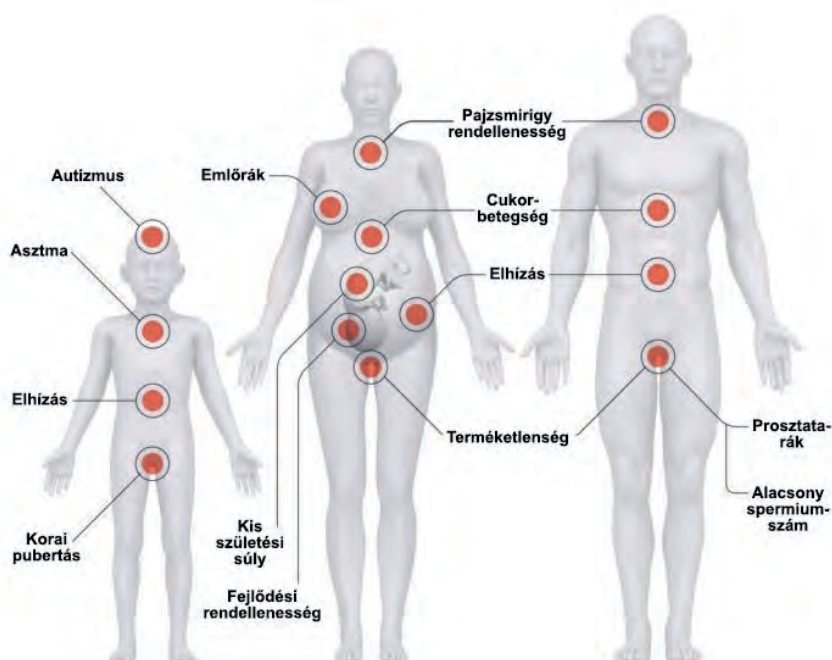
A hormonális rombolók idegrendszeri hatásának vizsgálata csak mostanában kezdődött el. Annyi azonban máris kiderült, hogy sem a magatartásra, sem a gondolkodásra hatásuk nem közömbös, elsősorban ha a perinatális imprinting hatást veszünk tekintetbe. A veszteség egyaránt mérhető IQ pontokban és anyagilag. Főleg az organofoszfátok (elsősorban növényvédő szerek és rovarirtók) felelősek a gazdaságilag fejlettebb országokban a következményekért. Ha ehhez hozzávesszük a ftalátok által befolyásolt, figyelemhiányos hiperaktivitás szindrómát (ADHD) és az autizmust is, az Európai Unióban a költség megközelíti a 150 milliárd eurót évente. Ugyanakkor jelentős különbség mutatkozik a fiúk (inkább) és lányok (kevésbé) magatartási veszteségeiben. Mivel a pajzsmirigy hormonjai alapvető szerepet játszanak az intelligencia fejlődésében és fenntartásában, hormonális rombolóik közreműködnek az intelligencia területén mutatkozó veszteségekben, felfogásunk lassulásában, kevésbé tapintatosan kifejezve: elbutulásunkban.

Mindez nemcsak egyéni tragédiákhoz vezet, de elképesztő mértékű kiadást is ró a társadalomra: az Egyesült Államokban mintegy 340 milliárd dollár/év, az Európai Unióban 217 milliárd dollár/év, ami 2,3 %-a, illetve 1,28%-a a GDP-nek. A férfi és női meddőség (infertilitás) súlyos demográfiai problémákhoz vezethet, melynek egyes jelei már most felismerhetők.

### Homo quaedam deus

Iuval Noah Harari írt 3 szenzációs könyvet (Sapiens; Homo Deus, 21 lecke a XXI. századra) melyekben a Homo Sapiens törekvése az istenné válásra és ennek várható pozitív következményei vannak elemezve, de a negatív következmények csak hézagosan. E hiányosság pótlását is igyekszik betölteni ez a cikk. A hormonális rombolók a szinte (=quaedam) isten–ember kiemelkedő munkálkodásának eredményei, melyek sikeresek pillanatnyi célzott hatásukat tekintve, de veszedelmesek figyelembe véve hosszú lejáratú hatásaikat és ennek következményeit. Nem tudjuk megítélni, hogy a jelenlegi endokrin (hormonális) rendszerre milyen hatással volt a korábban is jelenlévő hormon jellegű környezeti molekulák receptorokhoz kapcsolódása, mert az ezt mérő (kimutató) eszközök is a

4. ábra. A hormonális rombolókkal való kis dóziszú, de mindennapos találkozás nagyon sok szervet érint, és rengetegféle károsodást okoz





5. ábra. Harari idézett könyvei

quaedam deus munkájának eredményei, és korábban nem lehettek alkalmazásban. Ezért azt sem tudjuk, lehetnek-e pozitív hatásai a jelenlegi tömeges hormonális romboló aktivitásnak. Elképzelhető ugyanis, hogy a jelenlegi vegyi szabályozási rendszer is bizonyos hormonális rombolók hatása alatt alakult ki, a vulkanikus eredetű aromás szénhidrogének (benzpirén, dioxin), a fitoösztrogének (szója-genistein és -diadzein), valamint a mikotoxinok, illetve a dohányzás jelenlétében, és attól lett olyan ideális, amilyennek most tartjuk. Ha így volt, akkor lehet, hogy a jelenlegi hormonális rombolók tömegében is vannak olyanok, amelyek pozitív hatással vannak (lesznek) az ember vegyi szabályozására, de e hatás tömeges mivoltában mindenképpen károsnak látszik, mert míg korábban a hatások fokozatosan léphettek fel és volt idő alkalmazkodni hozzájuk, most tömegesen és a legkülönbözőbb változatokban zúdulnak a receptorokra, melyek nem valószínű, hogy adaptálódni tudnak. Az emberi mohóság, ami az új felismerések minél

gyorsabb felhasználását igényli, nem engedi meg a fokozatosság érvényesülését, így az sem tudható, hol a tűréshatár, illetve mikor lépjük (vagy léptük) át azt. Itt most az endokrin rendszer toleranciájának kipróbálása folyik, előben és rajtunk. Az emberiség evolúciós fejlődése alatt sok ismert és ismeretlen tényezőnek volt kitéve és élte túl azokat. Most egyszerre zúdul rá az éghajlatváltozás és a hormonális rombolók hatása, el kell viselnie ezek következményeit, miközben szabályozási rendszere folyamatosan súlyos sérüléseket szenved. De vajon kibírja-e a kettős terhelést? Ennek megválaszolásához természetesen figyelembe kell venni, hogy az emberiség nem egységes. Vannak populációk, melyek előre futottak az istenné válás útján, míg mások még közel vannak a vadászó-gyűjtögető életmódhoz. Azonban ez utóbbiak is követik a mintát, az elől haladókhöz hasonlóak kívánnak lenni. Kétségtelen, hogy érdekes időszak következik az emberiség történetében, csak lehet, hogy ezt jobb lenne kívülről szemlélni, mint benne lenni.

CSABA GYÖRGY

## IRODALOM

- [1] Csaba G.: Thoughts on the cultural evolution of man. Developmental imprinting and transgenerational effect. Riv Biol 2007, 100, 461-474.
- [2] Csaba, G.: Faulty hormonal imprinting as functional teratogen. Curr Ped Rev 216, 12, 222-229.
- [3] Branchi I, Bignami G, Allava E.: Overview of behavioral teratology. Curr Protoc Toxicol 205, doi: 10.1002/0471140/0471140856.tx1307s25
- [4] Preau L, Morvan-Dubois G., Demeneix B.: Thyroid hormone signaling during early neurogenesis and its significance as a vulnerable window for endocrine disruption. Biochim Biophys Acta 2015, 1849, 112-121.
- [5] Mughal BB, Fini JB, Demeneix BA.: Thyroid-disrupting chemicals and brain development: an update. Endocr Connect 2018, 7, R160-186.
- [6] Csaba G.: The role of endocrine disruptors in the present and future human endocrine evolution: The ED-exohormone system. J Transl Sci 2019, doi: 10.15761/JTS/10000352.



2019 NYARÁNAK IDŐJÁRÁSA

## Meleg, zivataros nyár

2019 nyara hasonló időt hozott, mint az előző nyár. Bár az évszak összességében meleg volt, gyakran 25–30 °C közötti, olykor 30 °C feletti csúcstértékekkel, tartós és erős kánikula nem alakult ki. A csapadék pedig ezúttal is túlnyomórészt záporokból, zivatarokból hullott, így területileg nagy eltéréseket mutatott.

### Június

A hűvös májust követően napra pontosan a meteorológiai nyár első napján érkezett meg hazánkba az igazi nyári idő. A május végi esős, hűvös napokat követően 1-jén már többfelé átlépte a maximum-hőmérséklet a 25 °C-ot, a hajnal ugyanakkor még hűvös volt, a hónapban egyedülként kiterjedten 10 °C közelében, helyenként az alatt alakultak a minimumok. Ekkor mérték a legalacsonyabb júniusi értéket is, mely 5,8 °C volt Zabaron.

A következő napokban lassanként fokozódott a meleg, egészen a hónap közepéig. 8-ától már 30 °C körüli, feletti csúcstértékek is előfordultak, előbb keleten, majd országosan. Délkeleten a 15-e körüli napokban 35–36 °C-ot is mértek. Mindennek egy nyugat-európai ciklonrendszer volt az oka, melynek előoldalán főként délnyugati áramlással folyamatosan érkezett a meleg légtömeg. Ez eleinte még mérsékelt nedves volt, így 7-éig minden nap kialakultak elszórt záporok, zivatarok, lokálisan jelentős csapadékösszegekkel, 8-ától 15-éig azonban zömmel száraz idő következett, csupán 11-én és 14-én volt keleten néhol kisebb csapadék. 16-án egy hidegfront vonult át, mely néhány napra kissé mérsékelte a meleget, de keleten, délkeleten még a következő napokban is előfordultak 30 °C körüli maximumok. A front mentén 16-án több helyen pattantak ki heves zivatarok, melyeket jégeső és felhőszakadás kísért. Rakamazon 144,4 mm csapadék hullott, mely

új napi rekordnak számított. A hidegfront mögött egy sekély ciklonális mező maradt hátra térségünkben, melyet viszonylag meleg és labilis légtömeg töltött ki, így mindennapossá váltak a záporok, zivatarok, és ezeket helyenként ismét jégesők, szélviharok, valamint nagyobb felhőszakadások kísérték. 19-én Fonyódon dőlt meg a napi csapadékrekord 117,8 mm-es összeggel, míg 23-án Terpesen 154,9 mm csapadékot mértek, mely nem csak napi rekord lett, hanem a legmagasabb júniusi napi összeg is.

A csúcshőmérséklet ezekben a napokban jellemzően 27 és 31 °C között alakult, de nyugaton 22-én és 23-án előfordultak 25 °C alatti maximumok is. 25-én és 26-án délnyugat felől ismét száraz és meleg levegő áramlott fölénk, így ezek a napok csapadékmentes idővel és fokozódó hőséggel teltek, az utóbbi napon ismét mértek 34–35 °C-ot is. A legmelegebb azonban 27-én volt, amikor többfelé elérte a legmagasabb hőmérséklet a 34–36 °C-ot. Zagyvarékason volt a legmelegebb 36,4 °C-kal, mely egyben a júniusi maximum lett. Délután északnyugat felől egy markáns hidegfront érte el hazánkat, mely főként északkeleten és nyugaton okozott heves zivatarokat, nagy méretű jéggel és szélviharokkal. Északkeleten több helyen is előfordultak 100–120 km/h-t elérő vagy meghaladó széllesek, melyek súlyos károkat okoztak. A front mögött 28-án és 29-én több fokkal mérséklődött a meleg, 30-ára azonban visszatért a kánikula, több helyen 30 °C feletti csúcstértékekkel.

Június összességében 3,6 °C-os pozitív anomáliával zárt, mellyel a legmelegebb lett a mérések kezdete (1901) óta. A csapadékot nagy térbeli változékonyság jellemezte, melyet jól mutatott a két szélsőérték is: 5,2 mm (Tésa) és 248,8 mm (Terpes). Az Ipoly völgye mellett különösen száraz idő volt még a Kisalföldön, de emellett a Mezőföldön, a Duna-Tisza köze északi felén és a Tiszántúl középső részén is többfelé elmaradt a havi csapadékösszeg az átlagostól.

### Július

A június utolsó napján kezdődő rövid, de erőteljes melegedés július 1-jén érte el csúcspontját, és ez lett egyben a hónap legmelegebb napja is. A maximum-hőmérséklet ismét több helyen elérte a 34-37 °C-ot, a legmelegebb pedig Tiszaalpáron volt 37,5 °C-kal. A melegnek egy 2-án érkező hidegfront vetett véget, de délkeleten még ekkor is előfordultak 35-36 °C körüli csúcsértékek. A frontból csak helyenként fordult elő zápor, zivatar, de a hőmérséklet 4-ére már országsszerte 30 °C alá csökkent. Igaz, csak egy napra, mivel 5-én, 6-án és 7-én újból kánikulai napok következtek. Az utóbbi napon érkezett egy újabb hidegfront, mely már markáns és tartós változást hozott.

A front előtt már 6-án is előfordultak szórványos záporok, zivatarok, 7-én pedig sokfelé esett. Ekkor néhol ismét voltak hevesebb zivatarok is, felhőszakadással, jégesővel. A front mögött tartósan északnyugatra fordult az áramlás, mely hatására a hónap közepéig a szokásosnál hűvösebb idő volt, és többször előfordult csapadék is eső, zápor, időnként zivatar formájában. A maximum-hőmérséklet több napon is 25 °C alatt

**1. ábra.** Június 21-én, naplemente után szokatlanul magasra nyúló és fényes éjszakai világító felhőket lehetett megfigyelni az északnyugati égbolton – a jelenségről bővebben itt lehet olvasni: <http://legkoroptika.hu/vilagitofelho> (A szerző fotója)



**2. ábra.** A nyár ezúttal nem fukarkodott a hosszú életű, forgó zivatarokban, azaz szupercellákban sem, minden hónapban előfordult jó pár példány. Így például július 12-én is, melyek közül az egyik Siófoktól északra vonult el, éppen egy látványos kettéválást produkálva. (Szilágyi Eszter fotója, Országos Meteorológiai Szolgálat, Siófoki Viharjelző Observatórium)

maradt, éjszakánként pedig a derültebb, mélyebben fekvő helyeken több napon is előfordultak 10 °C körüli vagy alatti minimumok. 10-én reggel Zabaron mindössze 3,5 °C-ot mértek, mely a hónap legalacsonyabb értéke lett. 15-étől lassanként melegedni kezdett az idő, a hőmérséklet egyre többfelé 25 °C fölé, majd 20-ától már 30 °C fölé emelkedett. Emellett a csapadékhajlam is csökkent, de 18-án és 19-én átmenetileg ismét több helyen alakultak ki záporok, zivatarok. Ezt követően a hónap végéig kitartott a kánikula, csak 28-án és 29-én mérséklődött kissé a meleg egy korábban átvonult hullámzó frontálzóna mögött.

A frontrendszerhez kapcsolódva 26-án és 27-én többfelé voltak záporok, zivatarok, melyek között ismét akadtak heves példányok is, felhőszakadás és jégeső kíséretében, 31-én pedig egy hidegfront mentén volt példa ugyanerre. 27-én Bátorligeten 111,2 mm csapadékot mértek, mellyel ismét napi csapadékrekord dőlt, és ez lett egyben a legnagyobb napi csapadékösszeg is a hónapban. Július végül összességében átlag körüli havi középhőmérséklettel zárt, ezen belül a Dunántúlon kissé melegebb, míg a Dunától keletre kissé hűvösebb volt a hónap a megszokottnál. A csapadékeloszlás a



júniushoz hasonlóan szélsőségesen alakult, de ezúttal is a Kisalföld volt a legszárazabb, emellett pedig a Dél-Dunántúlon és a Duna-Tisza közén fordultak elő kiterjedtebben száraz területek. A két szélsőérték 12,8 mm (Hegyeshalom) és 158,5 mm (Bátorliget) volt.

### Augusztus

A nyár utolsó hónapja változékony idővel indult. 1-jén még 30 °C körül alakult a csúcshőmérséklet, és csak északkeleten fordultak elő záporok, zivatarok, igaz ott intenzívek is. Bükkzsércen 110,6 mm csapadékot mértek ezen a napon. Másnap egy hidegfrontnak köszönhetően már sokfelé hullott csapadék – helyenként ismét hevesebb zivatarok, felhőszakadások formájában, és előbb a Dunántúlon, majd a következő napokban keleten is visszaesett kissé a hőmérséklet.

4-étől összességében szárazabb és egyre melegebb idő következett, de elszórtan még több napon is kialakultak záporok, zivatarok, melyeket lokálisan kiadós csapadék kísért. A maximumok 6-ától ismét sokfelé elérték a 30 °C-ot, főként délkeleten, keleten pedig gyakran meg is haladták azt. Sőt, 11-én, 12-én és 13-án egy rövid hőhullám keretében a Tiszántúlon 35 °C feletti csúcsokat is mértek. 12-én volt a legmelegebb, akkor Derekegyház Kéktó meteorológiai állomáson 38,0 °C-ig emelkedett a hőmérséklet, mely egyben az augusztusi országos maximum is lett. 13-án egy markáns hidegfront érkezett, melyet heves zivatarok kísérték, északkeleten helyenként 5 cm feletti átmérőjű, károkozó jéggel és felhőszakadással. Varbón 126,1 mm lett a napi csapadékösszeg, mely új napi rekordnak és egyben a havi legmagasabb összegnek számított.

A frontot markáns lehűlés követte, néhány napra 25 °C köré estek vissza a csúcserkékek, éjszakánként pedig helyenként 10 °C alá hűlt a levegő. 16-ára virradóan Nyírlugoson 6,8 °C-ot mértek, mely az augusztusi minimum lett az országban. Ezt követően déliesre fordult az áramlás, mellyel visszatért a meleg idő, és már ki is tartott a hónap végéig, nyugaton többnyire 27 és 32, míg keleten 32 és 37 °C közötti maximumokkal. Egy érintőleges front hatására északnyugaton, nyugaton 21-én és 22-én azonban kissé hűvösebb volt. A front az ország nagyobb részén nem okozott számottevő csapadékot, mögötte azonban egy sekély ciklonális mező maradt hátra térségünkben, melyhez kapcsolódva különösen 24-én, de néhol még 25-én és 26-án is előfordultak kiadósabb záporok, zivatarok. A hónap utolsó napjai már nagyrészt száraz időt hoztak, csak elvétve volt egy-egy frissítő zápor, zivatar. Augusztus végül 2,2 °C-os pozitív



3. ábra. Augusztus 13-án heves, szupercellás zivatarok pusztítottak északkeleten felhőszakadással és nagy méretű jéggel, melyek közül ezt a példányt Szikszónál kapta lencsevégre egy viharvadász (Vityi Nándor fotója, MetNet)

hőmérsékleti anomáliával zárt, a csapadék tekintetében pedig ezúttal is igen nagy különbségek adódtak, melyet jól mutatott a két szélsőérték is: 3,1 mm (Fehérgyarmat) és 171,0 mm (Szőlősdárdó). Összességében a Tiszántúl, azon belül is kiemelten a Nyírség volt a legszárazabb, míg Borsod-Abaúj-Zemplén megye és a Dunántúl délkeleti része a legcsapadékosabb.

HÉRINCS DÁVID



NEMESGÁZOK A KUTATÓK SZOLGÁLATÁBAN

## Csillagközi portól a mofettáig

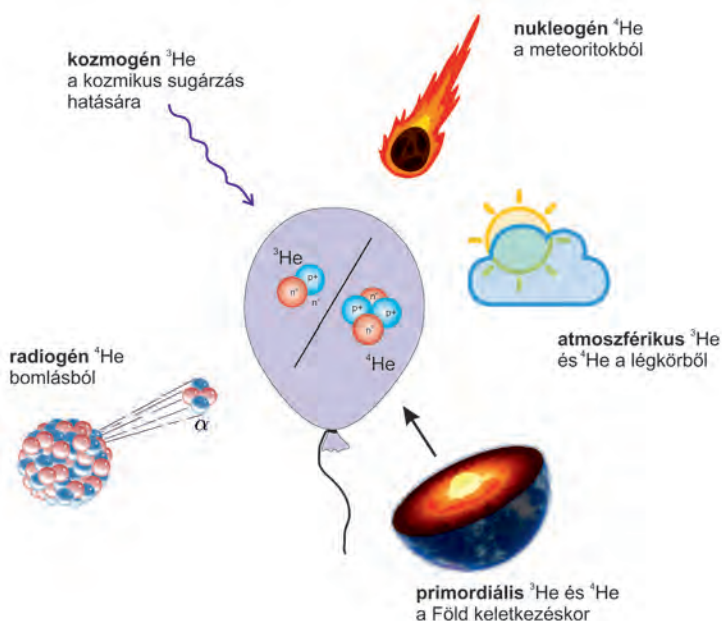
Mindannyian emlékszünk kémiaóráról a periódusos rendszer utolsó, nyolcadik oszlopára: ott tanyáznak a nemesgázok, amelyekből kémiaórán felelni a leghálásabb feladat. Szintelenek, szagtalanok, többnyire nincsenek vegyületeik és felhasználási területük is nagyon korlátos; szinte csak a színes fénycsövekre korlátozódik. Ha viszont egy kicsit jobban megvizsgáljuk ezt a csoportot, kiderül, hogy a fizikusok, geológusok számára ők egy kulcsfontosságú elemcsoport. Ők a kulcs a paleoklíma változásainak, a kőzetek korának és számos kozmokémiai folyamat megértéséhez és meghatározásához. Ebbe a világba engedünk most betekintést, mint a téma magyarországi egyedüli művelői.

Mielőtt elmerülnénk a nemesgázok tudományos célú felhasználásának rejtelseiben, érdemes röviden feleleveníteni iskolában tanult ismereteinket a periódusos rendszer VIII. főcsoportjáról. A hélium (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), xenon (Xe) és Rn (radon) gázok „nemes” jelzője kémiai viselkedésükből fakad. Telített külső elektronhéjuknak köszönhetően – néhány ritka kivételtől eltekintve – nem lépnek reakcióba más kémiai elemekkel és a természetben mindig atomos formában vannak jelen, azaz nem lépnek kapcsolatba a „köznéppel”, vagyis az összes többi elemmel. Műtán légneműek és a földi atmoszférában is csak nagyon kis mennyiségben (<1%) vannak jelen, az élethez nem alapvetően szükségesek, szintelenek és szagtalanok, azt gondolhatjuk, hogy igazán nagy jelentőségük nincs is. Tudjuk ugyan, hogy van neonéó vöröses-narancssárga fényvel, kriptonfénycsó törtf fehér fényvel és a xenonizzó, amelyik kis pontból nagyon erős fényt bocsát ki, de további felhasználási területeiket általában nem ismerjük.

Van azért néhány furcsaság a nemesgázok tulajdonságaiban, ami mégis érdekessé teszi őket a tudósok számára. Az egyik a gyakoriságuk: amíg a neon például a Földön főleg csak a légkörben van jelen nagyon kis mennyiségben (18,2 ppm), addig a világegyetem ötödik leggyakoribb eleme. A hélium mennyiségének is sokkal

nagyobbnak kellene lennie a Föld légkörében, ő azonban pont kis atomtömege és inert gáz állapota miatt, a Föld belsejéből kigázosodva elhagyja a legkülső geoszférát, az atmoszférát is. A Napban (és így a többi csillagban is) viszont ő a hidrogén „égésterméke”. Tömege 27,4%-a a Nap teljes tömegének, a világegyetemben pedig egyenesen ő a második leggyakoribb elem. Mennyiségük tehát csak Földi szemmel jelentéktelen.

A másik érdekes tulajdonságuk, hogy – hasonlóan más elemekhez – számos, a természetben is előforduló izotópjuk ismert. Ezek az izotópok változatos módokon képződhetnek (**1. ábra**). Részben lehetnek a világegyetem képződésével egyidős vagy annál később, a Naprendszer születésekor a bolygókba bezáródott (primordiális) izotópok, részben pedig azután képződöttek. A Föld keletkezése után születő nemesgázizotópok eltorzítják az eredeti, primordiális izotóparányokat és ezekből számos érdekes következtetést lehet levonni. Képződhetnek *kozmoóén* módon, azaz kozmikus sugárzás hatására a felszín közelében, például a hélium 3-as izotópja ( $^3\text{He}$ ) vagy a neon 21-es izotópja ( $^{21}\text{Ne}$ ). Egy másik út egyes instabil kémiai elemek felhasadása (*fissioóén eredet*). Erre példa az urán 238 bomlása, amelynek során  $^4\text{He}$  keletkezik. Egy, a Föld belső hőjét is szolgáló folyamat a *radióóén* bomlás, melynek során például a



1. ábra. A nemesgázok eredete

kálium 40-es izotópjából az argon 40-es izotópjá keletkezik. A felsorolt folyamatok mindegyike felhasználható valamely kőzet korának vagy hőtörténetének meghatározására, ha a kiinduló és a termelődő izotópok arányát és abszolút tömegét megszámloljuk. *Nukleogenezishez*, azaz több elem egyesüléséhez egy új kémiai elemmé, ugyanakkor nagyon jelentős hő és tömeg szükséges, ezért ezek a folyamatok csak csillagokban vagy laboratóriumokban (lásd az oganeszonról szóló keretes írásunkat) játszódnak le. Szerepük nem kevésbé jelentős: a legtöbb nehezebb elem több elem egyesülésével, nukleogenezissel képződik. A meteoritokban csapdázódó csillagközi por izotóparányai a szupernóvákban, törpecsillagokban lejátszódó elemképződési folyamat egyetlen kézzel fogható hírnökei [2].

Az emberiség kárára, de a tudósok öröme, maga az ember is termel nemesgáz-izotópokat. Atomrobbanásakor vagy nukleáris balesetek során (Csernobil) az urán bomlásából származó  $^{81}\text{Kr}$  és  $^{135}\text{Xe}$  kerül a levegőbe, ami így nyomjelzője lehet eltitkolni szándékozott nukleáris balesetnek vagy atomrobbantásnak. A  $^{135}\text{Xe}$  mennyiségének növekedése az atomreaktor hűtővizében magára a reaktorra is veszélyes lehet: nagy neutronbefogó képessége miatt korlátozhatja a reaktor teljesítményét, így ennek monitorozása is fontos az atomenergia-ipar számára.

### Nemesgázok a kozmokémiában

Mint azt már említettük, a nemesgázok gyakorisága a teljes világegyetemre vonatkoztatva sokkal nagyobb, mint a Földön. Legnagyobb forrásaik és rezervoárjaik a csillagok; fehér törpék, szupernóvák, vörös óriások.

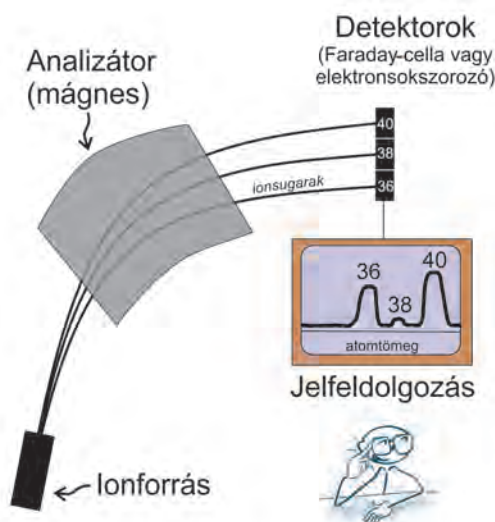
Izotóparányaik és gyakoriságuk így információt hordoz a szülő égitestben lejátszódó magfizikai reakciókról, elsősorban a nukleogenezisről. De hogyan lehet őket közvetlenül megmérni? A szupernóvából lökéshullámokkal kiáramló anyag nagyon finom 0,01-0,1  $\mu\text{m}$  méretű port lök ki magából, amely nanogyémántot, szilícium-karbidot, Mg-Al-oxidot, szilikátokat, nitrítetket stb. [2] tartalmaz. Ez a por a Föld légkörébe érve elég, így a Földön csillagközi port találni nem lehet. John Reynoldsnak és Grenville Turnernek 1964-ben ugyanakkor sikerült meteoritokban olyan nemesgázizotóp-arányokat (Xe, Ne) mérniük, amelyek nem voltak összeegyeztethetőek a Naprendszer képződéséből levezethető arányokkal. Megállapították, hogy a meteoritok csillagközi port csapdázhatnak, és azok így már egy közvetítőn keresztül le tudnak jutni a Földre. Kiderült erről az anyagról az is, hogy idősebb a Naprendszerénél, így csillagászati értelemben ugyan fiatal, de heliocentrikus világtérképünk szempontjából nagyon idős, primitív anyagról van szó.

További információkat hordoznak a nemesgázok magáról a meteoritról is. Ha megmérjük a meteorit He ( $^3\text{He}/^4\text{He}$ ) és Ne ( $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  és  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ ) izotóparányait és abszolút mennyiségét, a meteorit világűrbeli utazási idejét is megkaphatjuk. Ugyanezekből az arányokból a meteorit ablációs veszteségét, így a meteorit légkörbe érkezése előtti méretét is ki lehet számolni. A leghíresebb magyar meteoritban, a Kabaiban Ott és munkatársai 2018-ban publikált cikkükben 12,1 millió éves utazási időt és 30 cm-es eredeti átmérőt határoztak meg, 70% ablációs veszteség mellett.

### Földi geoszféra

A nemesgázok fontos szerepet játszanak a Föld belsejében (a földkéregben, illetve a földköpenyben) lezajló folyamatok nyomon követésében, valamint pontosabb megértésükben is. Gázok, vízminták, valamint különböző ásványok folyadék- és olvadékszárványainak

2. ábra. A nemesgáz-izotópok mérésének elvi ábrája

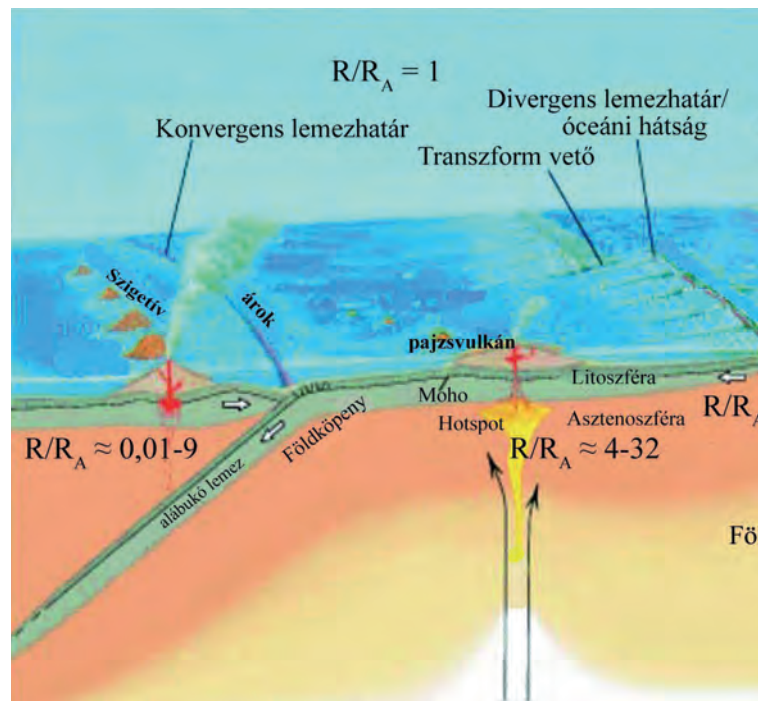


nemesgáz elemi- és izotóp-összetétele (pl.  $^3\text{He}/^4\text{He}$ ,  $^{20}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$ ,  $^{21}\text{Ne}/^{22}\text{Ne}$  és  $\text{He}/\text{Ar}$ ) fontos információt szolgáltat az adott szállítóközeg eredetéről, származási helyéről. A különböző izotóparányok együttes vizsgálatának segítségével elkülöníthetők a földköpenyből, a földkéregből, valamint a felszín közeléből (csapadék/levegő) származó fluidumok. A következőkben a különböző, elsősorban magmás, vulkáni eredetű kőzetminták segítségével mutatjuk be a nemesgázok jelentőségét.

A kőzetek bolygónk szilárd anyagát alkotó, kémiaiilag heterogén ásványtársulások. A magmás, vulkáni kőzetek különböző összetételű kőzetolvadékok hűlése során megszilárdult képződmények. Ezek a kőzetolvadékok különböző mélységekben keletkeznek, jellemzően a földköpeny részleges megolvadásával, és összetételüktől függően, különböző magmás, vulkáni kőzeteket, ásványgyűtéseket hoznak létre. Ezekben a kőzetekben megtalálható ásványok (jellemzően szilikátok) gyakran tartalmaznak apró (<0,1 mm) folyadék-, illetve olvadékszárványokat. Mindkét típusú zárvány a folyadék, illetve olvadék mellett (amelyet kőzetüvegként láthatunk) gyakran tartalmaz gázfázist is (buborék formájában jelenik meg). Ebben a zárványban található gázfázisban csapódhatnak a nemesgázok is. Az, hogy mennyi, illetve milyen összetételű nemesgáz kerül a zárvány gázfázisába, az elsősorban a keletkezési körülményektől függ, vagyis hogy milyen mélyen, milyen összetételű olvadékból kristályosodott a zárványt tartalmazó ásvány. A földköpeny mélyebb részéről származó olvadékok, valamint a belőlük keletkező ásványgyűtéseket nemesgázizotóp-összetétele jobban közelíti a Föld eredeti, primordiális összetételét (pl. nagyobb  $R/R_A$  arány, azaz a Föld mélyére jellemző és az atmoszférikus  $^3\text{H}/^4\text{He}$  aránya, **3. ábra**). Ezzel szemben a sekélyebb mélységben keletkező olvadékok – amelyek keveredhettek a földkéreggel, vagy akár meteorikus eredetű fluidumokkal – jellemzően radiogén izotópokban (pl.  $^4\text{He}$ ,  $^{40}\text{Ar}$ ,  $^{129}\text{Xe}$ ,  $^{136}\text{Xe}$ ) dúsult összetételt mutatnak (pl. kisebb  $^3\text{He}/^4\text{He}$  arány/ $R_A$  érték). Tehát ha meg tudjuk határozni a különböző környezetből származó kőzetek nemesgázizotóp-összetételét, akkor azal alaposabban meg tudjuk ismerni a Föld mélyében lezajló folyamatokat.

Jelentős földköpeny-eredetű olvadék kerül például a felszínre az óceáni/óceánközépi hasadékrendszerek (MORB) mentén, ezeknek a bazaltoknak a hélium izotóparánya 6 és 16  $R/R_A$  között változik, a leggyakoribb értékek azonban csupán egy szűk tartományba, 7 és 9  $R/R_A$  közé esnek (**3. ábra**). Elmondható tehát, hogy a felső köpenyből származó olvadékok egy jól körülírható, egységes hélium-összetétellel jellemezhetők. Ezzel

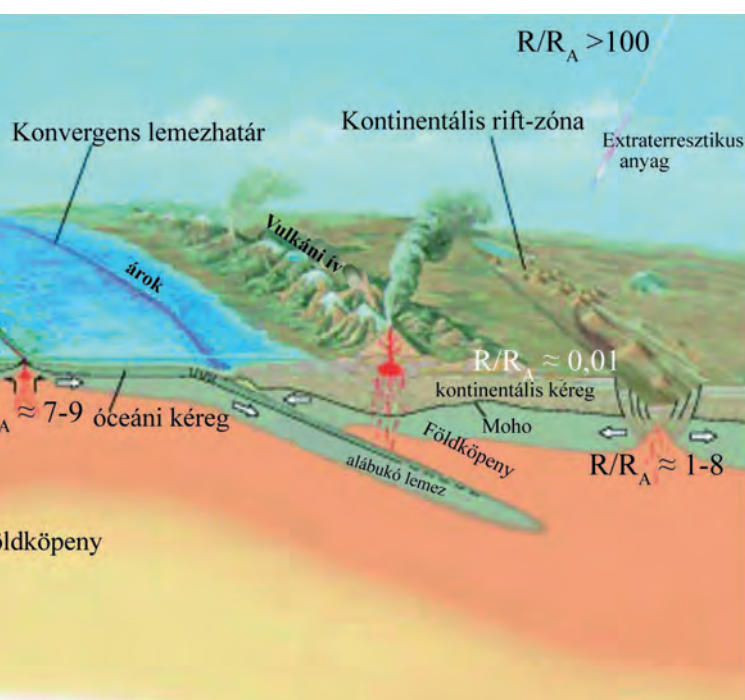
szemben az óceáni szigetek bazaltjai, amelyek jóval kisebb mennyiségben fordulnak elő (pl. Hawaii-szigetek, Azori-szigetek, Izland), sokkal szélesebb tartományt fednek le a héliumizotóp-arányokat tekintve (4 és 32  $R/R_A$  között), ráadásul nem is jelölhető ki egy érték, amely kiemelkedne a többi közül. Ezek az olvadékok jellemzően nagyobb mélységben keletkeznek: a felsőköpeny mélyebb részén, az alsó-felsőköpeny határán, vagy akár az alsóköpenyben. Ha meg tudjuk becsülni az olvadék keletkezési mélységét, abból következtetni tudunk az adott zóna nemesgázizotóp-összetételére. Azonban itt nem olyan egyszerű a kép, mint az óceáni/óceánközépi hasadékrendszerek bazaltjai esetén, ugyanis a meghatározott  $R/R_A$  értékek nem követik azt a szabályt, hogy



minél mélyebbről származik az olvadék, annál nagyobb  $^3\text{He}/^4\text{He}$  aránnyal jellemezhető. Az azonos mélységből származó olvadékok eltérő izotópösszetétele jelentheti, hogy a forrásrégió heterogén, vagyis a földköpeny mélyebb része nem egységes összetételű. Így az egyes részei a földköpenynek még jobban jellemezhetővé válnak a nemesgázizotópok segítségével. Fontos azonban szem előtt tartani, hogy az  $R_A$  értékek nagy változékonyságát (főleg az eltolódást a kisebb értékek felé) okozhatja az is, hogy a keletkező olvadék keveredett más, sekélyebb mélységből származó olvadékkal, a földkéreg anyagával, vagy akár meteorikus/csapadékvizekkel. Ezeket a tényezőket egyéb, kőzettani, geokémiai vizsgálatokkal meg lehet állapítani az adatok minél pontosabb értelmezése érdekében.



Az óceáni szigetek bazaltjaihoz képest egy még szűkebb, kisebb mennyiségben előforduló csoport a kontinentális rift területek magmás kőzetei. Ezeken a területeken olyan különleges kőzetek képződnek, mint a karbonatit (>50% karbonátásványokat tartalmazó magmás kőzet), az ultraalkáli lamproit, vagy a gyémánt-tartalma miatt híres kimberlit. Ezek az olvadékok is, hasonlóan az óceáni szigetek bazaltos olvadékaihoz, jellemzően nagyobb mélységben (>150 km) képződnek, és kőzetekből származó héliumizotóp-összetételek is egy hasonlóan széles tartományt fednek le, mint az óceáni szigetek bazaltjai. Különleges ebben a csoportban az elsősorban kratoni területeken előforduló (ősaszszívumok, amelyek a Föld felszínén/kérgén előforduló



3. ábra. Héliumizotóp-arányok az egyes geoszférákban

legidősebb kőzetek alkotnak) kimberlit, amely nevét a dél-afrikai Kimberley-ről kapta. Az olvadék, amelyből ez az ultrabázisos kőzet képződött, akár több mint 200 km-es mélységből is származhat. Maga a név talán nem cseng ismerősen mindenkinek, a Föld elsődleges gyémánt előfordulásai ehhez az extrém szilíciumszegény magmás kőzethez kapcsolódnak. E gyémántoknak a vizsgálata során több olyat is találtak, amelyek  $^3\text{He}/^4\text{He}$  aránya extrém nagy volt, közelített a Föld kezdeti (primordiális) összetételéhez. Ezek a nagy értékek arra engednek következtetni, hogy bizonyos gyémántok, melyeket a kimberlites olvadék felszínre hozott, nem sokkal a Föld kialakulását követően képződtek.

### Talajvízhőmérséklet meghatározás

A Föld köpenye után tekintsünk most egy kicsit sekélyebbre, a pár száz méteres mélységtartományba. A fizika törvényeinek megfelelően, ha tekintünk egy folyadékot – legyen ez egy, a környező levegővel érintkező szabad vízfelszín –, akkor benne oldódni fognak a levegőt alkotó gázok. A Henry-törvény alapján az oldott gáz mennyisége (koncentrációja) lényegében a víz hőmérsékletétől, a gáz fajtájától és a gáz levegőbeli parciális nyomásától függ. Minél hidegebb a víz, annál több gáz fog oldódni benne. Mindez persze a környezetben található vizekre is igaz. Nézzünk egy felszín alatti, viszonylag sekély, termikus hatásoknak még nem kitett víztartó réteget! A beszivárgási területen lehulló csapadék átszivárog a talajt alkotó kőzetszemcsék között, és a talajgázokat magába oldja az akkori talajhőmérsékletnek megfelelő mennyiségben. A talajgázok összetétele persze különbözik a levegőtől. Ha azonban csak a nemesgázok parciális nyomását figyeljük, akkor a talajgáz nemesgáz-összetétele (legtöbb esetben) megegyezik a levegőével. Tehát ha meg tudjuk határozni a beszivárgó víz nemesgáz-koncentrációit, akkor meg tudjuk mondani a víz hőmérsékletét. A 4. ábra mutatja, hogy hogyan függenek az egyes nemesgázok oldhatóságai a hőmérséklettől. Látszik, hogy a nehezebb nemesgázok egyrészt jobban oldódnak, másrészt koncentrációinak hőmérsékletfüggése erősebb, mint a könnyűeké. Tehát, ahogy a víz halad tovább az áramlási pályája mentén a mélyebb rétegek felé, a nemesgázok mennyisége (a hélium kivételével) nem fog megváltozni, mivel nem vesznek részt sem biológiai, sem kémiai folyamatokban, így a kiindulási nemesgáz-koncentráció még több ezer évvel később is fennmarad a vízben.

Hangsúlyozni kell, hogy ez persze nem igaz minden víztartóra. Mély, termásvizet tartalmazó víztartók esetén a gázképződés, az olaj/gáztelepek közelsége és hatása a vizek nemesgáz-tartalmát jelentősen befolyásolja. A maximum néhány száz méter mély üledékes víztartó rétegek azonban alkalmasak arra, hogy a belőlük származó víz nemesgáz-koncentrációit megmérve meg tudjuk határozni a beszivárgási hőmérsékletét. Ha az adott helyről vett vízmintha korát is – azaz azt az időt, ami a beszivárgás óta letelt – meg tudjuk állapítani, akkor rekonstruálni lehet azt, hogy hogyan változott a hőmérséklet az adott térségben. Ez az időintervallum a felszín alatti vizek korolhatóságának korlátai miatt néhány tízezer év, ami lehetővé teszi a holocén–késő pleisztocén (0–2,5 millió évvel ezelőtti) hőmérsékleti viszonyainak tanulmányozását.

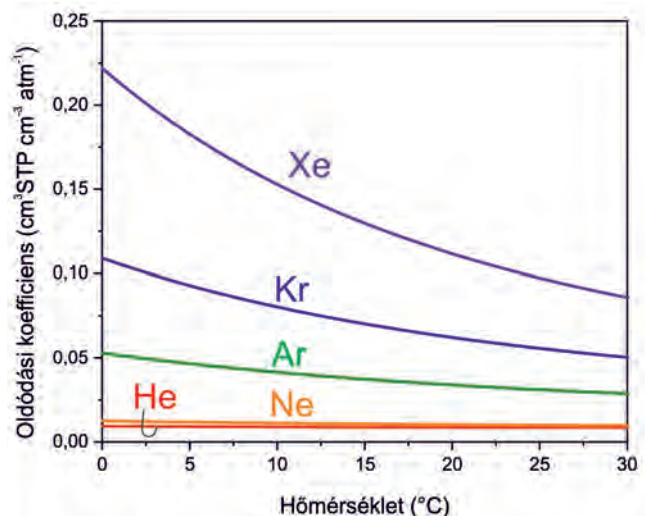
## A NEMESGÁZIZOTÓPOK MÉRÉSE

A legtöbb kémiai elem mennyiségének mérése reakciók vagy más fizikai-kémiai tulajdonságuk segítségével viszonylag könnyű feladat. A nemesgázok viszont ebből a szempontból is különböznek: nem elég, hogy kevés van belőlük, még a mérésük sem egyszerű, mert inerte. De mindenre van megoldás és az erre a feladatra kifejlesztett berendezés a nemesgáz-tömegspektrométer (2. ábra). A mérés elve, hogy a nemesgázok külső elektronhéjáról egy elektront le kell választani, ezáltal máris töltése van (egyszeresen pozitív) és így kölcsönhatásba lép a mágneses térrel. Ha egy határozott pályán egymással párhuzamosan sok ionizált nemesgázt ionnyalábbá alakítva bevezetjük egy mágneses térbe, akkor a Lorentz-törvény alapján töltésük és tömegük függvényében az addig egységes ionnyalábot szét lehet választani. Mivel az ionizálás minden atomra azonosan hat, az egyetlen változó a tömeg marad, így az ionnyaláb párszámú ugyanazon nemesgáz különböző tömegű izotópjait fogják képviselni. Az elv egyszerű, a kivitelezés nehezebb.

Első viszonylag könnyebb feladat a mintavétel: legegyszerűbb és mintavevő csövekkel, vízből a víz folyamatos rázásával lehet a gázokat felszabadítani. Nehezebb a feladat kőzetekből, mert azokat vagy össze kell törni nagyon finomra, vagy fel kell olvasztani, hogy a gázok kiszabaduljanak a kristályrácsból vagy az apró zárványokból.

Az első komolyabb nehézség, hogy a tömegspektrométer védelme és a zavaró hatások kiküszöbölése érdekében a felszabadított nemesgázt meg kell tisztítani az egyéb aktív gázoktól ( $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ , stb.) és egymástól is el kell választani őket. Ezt magas hőmérsékletre fűtött fémötvezetekkel (pl. Cu, Zr-Al;  $400^\circ C$ ) és/vagy fagycsapdák segítségével lehet elérni, nagyvákuum térben. A megtisztított gáz ezután mehet a tömegspektrométerbe.

A mérés a gázok ionizálásával kezdődik az ionforrásban. Egy anódra és egy katódra 4-5 kV feszültséget kapcsolnak, ami az elektronsugárba tévedő nemesgázokat ionizálja. Ezeket az ionokat szintén töltéssel rendelkező lemezek – mint fókuszáló lencsék – egy nyalábbá rendezik, fókuszálják és felgyorsítják. A nyaláb egy óriási, 600-800 kg-os mágnessel létrehozott mágneses térbe kerül, ezt nevezik analizátornak. Az analizátorban megtörténik az izotópok szétválasztása és a nemesgáz izotópjainak számától függően 2 (He), 3 (Ne), 5 (Ar), 6 (Kr), 7 (Xe) ionnyaláb jön létre. Az egyes nemesgázok mennyiségétől függően lehet megmérni az ionnyalábokat különböző detektorokkal. Ilyen detektor az elektronszorzó, amely egyenként méri meg az ionokat vagy a Faraday-cella, amely ionnyaláb által leadott töltések számával arányosítva hoz létre elektromos jelet. Ezzel a módszerrel megkapjuk az egyes izotópok arányait. Ha abszolút mennyiségükre vagyunk kíváncsiak, mondjuk mólbán, térfogatban vagy darabszámban kifejezve, akkor az egyes izotópok által a detektoron létrejött jelet kalibrált sztenderdekhez kell viszonyítani.



4. ábra. Az egyes nemesgázok oldódási együtthatói a hőmérséklet függvényében

## Jégbe zárt légbuborékok

Napjaink egyik legégetőbb társadalmi kérdése a globális felmelegedés, annak bizonyítása és megértése. A múlt kulcsa jelenhez, azaz ha a jövőt akarjuk megérteni, a közelmúlt éghajlati változásaival kell tisztában lennünk. Tíz-százezer éves viszonylatban az egykori globális légkör kis zárványai őrződtek meg a folyamatosan képződő szárazföldi jégtakarókban, így az Antarktison és Grönlandon. Ezek a kis zárványok közvetlenül a valamikori légkör összetételét hordozzák és izotópos összetételük segít az egykori hőmérséklet-változások megértésben.

A módszer lényege a termális diffúzió, melyet elméletben már 1917-ben kidolgozott Chapman és Dootson a Boltzmann-egyenlet alapján. A zárványok képződése a firngyújtóban történik, ahol a felhalmozódó hó folyamatosan saját súlya alatt összetömörödik és jéggé válik. A tömörödés sohasem tökéletes, kisebb-nagyobb levegőzárványok mindig csapdázódnak a levegőből. A levegő egy kifogyhatatlan gáztartály, amelyből a nehéz nemesgázok izotópjai (Kr, Xe) a jégbe diffundálnak a hőmérséklet függvényében. Hideg és meleg időszakokban más és más izotóparányú buborékok jönnek létre. Ha a jégmagokból vett buborékminták izotóparányában változás áll be, abból tehát hűlésre vagy melegedésre lehet következtetni. A nemesgázok viszonylag gyors diffúziója miatt azonban ez a módszer csak 10–100 éves hőmérsékletváltozások kimutatására alkalmas.

A paleohőmérséklet mérését bonyolítja, hogy a nemesgázok nem csak a hőmérséklet, hanem tömegük szerint is frakcionálódnak a gravitáció hatására.

Magyarán a nehéz izotópok mélyebbre diffundálnak, ezáltal kissé módosítva a könnyű/nehéz izotópok arányát. E hatásnak a kiküszöbölésére sohasem csak egy izotóprendszert, hanem különböző, könnyű és nehéz izotópokat hasonlítanak össze ( $^{86}\text{Kr}/^{82}\text{Kr}$  vs.  $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ).

### Nyomjelzés természetes eredetű gázokkal

A természetes és épített környezetünkben egyaránt előforduló természetes eredetű radioaktív anyagok között különleges helyet foglalnak el a radon nemesgáz egyes izotópjai. Különösen az urán 238-as tömegszámú izotópjának a bomlási sorában keletkező 222-es tömegszámú radonizotópról (amit a továbbiak nemes egyszerűséggel csak radonnak hívunk) hallhatunk sokat, de egyre nagyobb érdeklődés kíséri a tórium 232-es izotópjának a bomlási sorában keletkező 220-as tömegszámú radonizotópot is (amit ezentúl itt most toronnak fogunk hívni). Ennek a nagy tiszteletnek az a magyarázata, hogy főleg a radon, de néha a toron is olyan nagy koncentrációban fordulhat elő a környezetünkben, hogy a belőlük keletkező, szintén radioaktív bomlástermékeiket belelegezve, azok sugárzása jelentősen megnövelheti a tüdőrák kialakulásának kockázatát. Átlagosan is igaz, hogy az emberek természetes forrásokból eredő sugárterhelésének körülbelül a fele írható a radon számlájára, de nagyobb baj az, hogy a radon gázok előfordulása környezetünkben borzasztóan egyenetlen. Az átlagos értékekhez képest nem ritka a több tízszeres vagy százszoros koncentráció sem, de előfordulnak helyek, ahol több ezer, vagy tízezerszeres koncentrációk is mérhetők.

Ehhez persze az kell, hogy közel legyünk a radon forrásához, vagyis az uránhoz, pontosabban az urándúsuláshoz. Az urán bomlási sorában keletkező bomlástermékek (pl. tórium, rádium) fémek, ezek nem könnyen vándorolnak el keletkezési helyükről a kőzetekben. Amikor viszont a radonra kerül a sor, akkor megváltozik a helyzet. A radon nemesgáz, nem (nagyon) lép kémiai reakcióba semmivel, nem (nagyon) kötődik meg a kőzetszemcsék felületén sem. Ha (a rádiumatomok bomlása során való) keletkezésekor egyszer kikerül a kőzetszemcsék közötti pórusterbe, akkor a pórusteret kitöltő levegővel vagy vízzel, vagy ami éppen kitölti a pórusteret (pl. lehet közel tiszta szén-dioxid gáz is) együtt szállítódik ez a radongáz is. Így ha ez az áramlás a felszín felé irányul, akkor a talajfelszínen kilépő gázok és folyadékok radontartalmának vizsgálatával információt kaphatunk a radon forrásának dúsulására is. Annak idején, a mecseki uránlelőhelyek megtalálására dolgozott ki egy

ilyen radonnyomjelzéses módszert Várhegyi András, a Mecseki Ércbányászati Vállalat és Somogyi György, a debreceni Atomki munkatársa.

A radonatomok azonban nem túl hosszú életűek, egy 222-es radonatom például átlagosan 5 és fél napig él (egy toronatom átlagosan meg csak másfél percig). Ez azt is jelenti, hogy ha a felszín alatti áramlások nem elég nagyok, akkor a radon csak viszonylag rövid távolságon belül tudja jelezni az urándúsulást. Ezzel a módszerrel tehát inkább csak a felszínközeli dúsulások mutathatók ki, hacsak nincs valami törésvonal éppen a közelben, amelynek mentén jelentős lehet a felszín alatti gázok és folyadékok áramlása a felszín felé.

Nos, ez a lehetőség viszont akkor már felvetette azt az alkalmazási lehetőséget is, hogy a felszínközeli talajrétegek radontartalmának feltérképezése esetleg kirajzolja az amúgy rejtett törések hálózatát. Különösen, ha e törések mentén felfelé irányuló áramlások vannak. Márpedig ilyen felszín felé tartó áramlások elég hétköznapiak, gondoljunk csak a számtalan természetes ásványvízforrásra, melyek felszínre hozhatnak csapadék eredetű fiatal vizeket, de akár sok ezer éve beszivárgott, a felszín alatt hosszú utat megtett, és sokszor kellemesen meleg vizeket is. E források vi-

## OGANESZON – A LEGFIATALABB ÉS A LEGNAGYOBB

A legkésőbb, 2002-ben felfedezett nemesgáz az oganeszon (Og), amelynek rendszáma 118, tömegszáma pedig 294. Nevét, rendhagyó módon a ma is élő Jurij Oganyeszjanról, a felfedezést vezető kutatócsoport vezetőjéről kapta. Bár Niels Bohr 1922-ben elméletben felvetette a 118-as rendszámú elem létezésének lehetőségét és később megjósolták az új elem tulajdonságait is, a természetben megtalálni nem sikerült. És hogy miért nem találták meg? Az oganeszon egy mesterséges, transzurán elem, amely hatalmas atommagjának instabilitása miatt nagyon gyorsan bomlik (radioaktív), felezési ideje 0,89 milliszekundum. Már előállítás sem volt egyszerű: kalifornium (Cf) atommagokat kellett kalcium (Ca) atommagokkal ütköztetni 1080 órán keresztül, míg végül 3 darab atommagot előállítottak.

Egy érdekesség: már 1999-ben sikerült az oganeszon előállítása a Lawrence Berkley Laboratórium-ban, Kaliforniában, azonban a kísérlet megismétlése, azaz a bizonyítás akkor nem sikerült. Az ismétlés végül a dubnai Egyesített Atomkutató Intézetben (Oroszország) és a Lawrence Livermore Nemzeti Laboratórium együttműködésében sikerült 2002-ben. Sokáig egyszerűen a 118-as ként emlegették, a periódusos rendszerben pedig „Uuo”-ként jelölték. Végleges nevét a Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémia Szövetség (IUPAC) 2016-ban hagyta jóvá.



5. ábra. Szén-dioxid gyógygázfürdőzők a mátraderecskei mofettában

zének radontartalma is árulkodó lehet a felszín alatti áramlási útvonal mentén található urándúsulásokról. De nem csak víz áramolhat a felszín felé, számos esetben – főleg egykori aktív vulkánok környezetében – tapasztalható, hogy a talajfelszínen intenzív gázszivárgás figyelhető meg, amely főleg szén-dioxidból áll. Ezeket a kigőzölgéket mofettáknak is hívják, és igen gyakori jelenség a Kárpátok belső vulkáni vonulatának mentén, de különösen Székelyföldön. Azt már évszázadokkal ezelőtt felfedezték az ott élők, hogy az így kiszivárgó gázok egyrészt borzasztóan veszedelmesek, mert belélegezve őket könnyen végzetes légzésbénulás léphet fel, ugyanakkor viszont kellő óvatossággal fürdőzve a medenceszerűen kialakított mélyedésekben összegyűlő gázban igen jótékony hatást tud kifejteni az érszűkületes betegségben szenvedőkre. Napjainkban csak Székelyföldön több tucat ilyen természetes eredetű gázszivárgáson alapuló száraz szén-dioxid fürdő működik, többnyire kellő orvosi felügyelet mellett. Az egyszerűség kedvéért ezeket a fürdőket is mofettának hívják.

De nem kell ahhoz feltétlenül a borvizek földjére utazni, hogy ilyen helyet találjunk. Az 1990-es évek elején Mátraderecske határában is magára vonta a figyelmet az ottani gázszivárgás. Felbuzdulva az erdélyi példákra, többek között a kovásznai mofettafizikus, Gyila Sándor szakmai segítségével aztán úgy egy-két évtized alatt Mátraderecskén is felépült a Mofetta, vagyis a Szén-dioxid Gyógygázfürdő, mert hogy azóta már az illetékes hatóság gyógygázzá minősítette a föld eme lehetőségét (5. ábra). Különös

a mátraderecskei gázszivárgásban, hogy a gáz radontartalma mintegy több tízszerese az erdélyi mofettafúrtakban megszokottaknak. Ez a nagy radontartalom lehetővé tette azt is, hogy a falu ásott kútjainak vizében (volt vagy 100 ilyen kút), és a talajgázban végigmérve a radontartalmat kimutassuk a falut átszelő törésvonalakat, melyeknek metszéspontjában mutatkozott a legintenzívebb gázszivárgás. De ugyanezt a radongázt használtuk a szén-dioxid fürdőmedencékben magának a szén-dioxid gáznak a nyomjelzésére is. Radonkoncentrációt ugyanis egyszerre akár több tucat, akár száz pontban is tudunk mérni, és minthogy a radont a szén-dioxid szállítja, így következtetni tudtunk a medencetérben való áramlási útvonalakra is. Mi több, e vizsgálatok eredményei alapján terveztük meg a medencetér kontrollált gázáramlási rendszerét is. Annak a nem nyilvánvaló kihívásnak kellett ugyanis megfelelnünk, hogy miközben a medencében fürdőzők derékmagasság alatt lehetőleg tömény szén-dioxidban fürdőzzenek, addig belégzési magasságban már lehetőleg 1% alatti szén-dioxid-koncentráció legyen csak.

És végül eddig nemigen ejtettünk szót a toronról. Pedig igencsak hasznos nyomjelzőnek bizonyult az is. Méghozzá nem másnak, mint öregtestvérének, a radonnak a nyomjelzőjévé. A lakásokban szerencsére ritkán, de néha kimagaslóan nagy koncentrációban előforduló radongáznak a lakótérbe való belépési pontját például leginkább toronnal lehet megkeresni. A radon, viszonylag hosszú élete miatt ugyanis egyenesen tölti ki a lakóteret, a toron ezzel szemben csak a belépési pontja körüli néhány centiméteres környezetben mutatható ki. Ilyen módon bizonyítottuk, hogy a toron, és akkor következésképpen a radon egyik fő belépési pontja is a padló és a falak közötti hézag, továbbá a falakba vájt konnektorok, víz- és gázcsövek falakon való átvezetési pontjai.

BENKÓ ZSOLT – MOLNÁR KATA –  
CSIGE ISTVÁN – PALCSU LÁSZLÓ

#### IRODALOM

- [1] Farley, K.A. és Neroda, E. (1998). Noble gases in the Earth's mantle. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 26(1), 189-218.
- [2] Ott, U., Benkó Zsolt (2015): Csillagközi por: a Naprendszer előtti világ hírmondói. Természet Világa 146/4, 156-159.
- [3] Ott, Ulrich, Petó M., Pécskay Z., Benkó Zs. (2017): Noble gas study of the Kaba meteorite. Acta Geosciencia Debrecina. 1, 151-158.
- [4] Ozima, M. (1989). Gases in Diamonds. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 17, 361-384.
- [5] Ozima, M. és Podosek, F. A. (2004). Noble Gases in the Earth, Noble Gas Geochemistry. Cambridge University Press, 217-280. ISBN 0-511-00761-2 eBook.



INTERJÚ KONCZ-BISZTRICZ TAMÁSSAL, AZ ÉV IFJÚ TERMÉSZETFOTÓSÁVAL

## Madártávlatból az élet bölcsője

Óvodás korában vett először fényképezőgépet a kezébe, tízévesen készítette első természetfotóit, és fél évvel később már helyezéseket ért el a Varázslatos Magyarország pályázat havi eredménylistáján. 2019-ben beindult a nyereségesítő: a világ legrangosabb fotópályázatai nyert díjakat. Az ÉTF-en első díjat nyert felvételét kiválasztották az angol miniszterelnök rezidenciáján rendezett minikiállításra, melynek megnyitóján a 15 éves fotós személyesen vehetett részt.

– *Mikor kezdett fotózni? Hányadszor indult a naturArt pályázatán?*

Egész kisgyermekkoromtól fogva fotózok, eleinte buszokat, vonatokat. 2014-ben kezdtem a természetfotózást, egy évvel később már küldtem be képeket a Varázslatos Magyarország pályázatra. A naturArt pályázatán harmadszor indultam, tavaly három képem került a kiállításra. A *Szem* című kép, amelyen egy művelésből kihagyott kunhalom látható, második helyezést ért el a kategóriában. Az *élet bölcsője* és a *Jégtörők* című képeimet beavagották a 2018. évi kiállításra.

– *Ez utóbbi két, 2019-ben világsikert aratott felvételére még visszatérünk – most maradjunk még a 2019. évi ÉTF-nél, ahol az ifjúsági kategória mindhárom díját elnyerte, és további két fotója dicséretben részesült. Mesélje el a kiállított képek történetét!*

Az egyik magasra értékelt képem a *Jégvirág* lett, amelyiket egy téli reggelen, a tiszalpai Nagy-tónál készítettem. A tóba folyó csatorna fagyott felszíne alatt jól látszódtak az algák. A képet körülbelül két méter magasságból, drónnal fotóztam.

A *Uniqball Kft.* különdíját a *Szerelem* című képemért kaptam, ez egy gólyatöcspár romantikus nászát ábrázolja. A fotó a mórahalmai Nagyszék-sóstónál, késő

délután, álcahalóval, szivacson fekvé készült, és az az érdekessége, hogy 2019-ben az év madarának a gólyatöcstöt választották.

Harmadik helyezést ért el a *Tél és a kiszáradt fa* című fotóm. A Csongrádhoz közeli Bokros-pusztán, hóesésben készült a kép egy kis termetű fáról, melyen megmaradtak a rozsdaszínű levelek. A felvételt alacsony perspektívából készítettem, hogy a háttérben ne legyen semmilyen zavaró elem, a hópelyhek a vaku fénye miatt látszódnak.

A második helyezett képem címe *Levél alatt lapul a béka*. Egyik zselici nyaralásunk alkalmával a sasréti szállásunk melletti árokban párosodtak a barna varangyok, melyek estére enyhén lelassultak, így gumicsizmában óvatosan meg tudtam őket közelíteni. Szerencsére nem bújtak el azonnal. A fényképezőgépet az előtétlencsével felszerelve akváriumba raktam, a világítást pedig egy nagy teljesítményű LED-es lámpával édesapám biztosította.

A kategórianyertes képem a *Köd* címet viseli. Egy késő délutánon édesapámmal Ópusztaszerre látogattunk, hogy dámszarvasokat fotózzunk. Az erdőre hirtelen átláthatatlan köd és sötétség ereszkedett, ezért kimentünk a közeli mezőre, ahol egy öreg tölgy

áll. Erről készítettem a gép beépített vakujával a fényképet, melyen a vaku fénye által kirajzolt ködcseppek fehér karikaként rajzolódnak ki.

— *2019-ben nemcsak az Év Természetfotósa pályázaton, de több elsősorú külföldi megmérettetésen is komoly helyezéseket ért el. Meséljen ezekről!*

A *Bird Photography of the Year (BPOTY)* pályázaton elnyertem az *Év Ifjú Madárfotósa* címet *Az élet bölcsője* című képpel. Ez volt az első nemzetközi eredményem. Rendkívül nagy siker, mert sokan pályáztak, több mint 15 ezer fotó közül választották ki a díjazott felvételeket. A 2018-as ÉTF-en már kiállított, ezen a pályázaton nyertes képem drónnal készült Pálmonostora közelében, ahol a sekély vizű, szikes tavon tókés récék úszkáltak, felkavarva az iszapot.

A *Golden Turtle* nevű, a természet szépségeire koncentráló természetfotós és művészeti pályázaton *A természet az ifjúság szemével* kategória első díját kapta a *Jégtörők* című fotóm. A tavalyi ÉTF-en kiállított felvétel a Csongrádhoz közeli Holt-Tiszán, drónnal készült, amikor néhány réce feltörte a vékony jeget.

Nagyon örültem, hogy a MILVUS pályázaton a *Tájképek, növények és gombák* kategóriában első helyezett lett a *Jégvirág* című képem, itt ugyanis nem volt ifjúsági kategória, a felnőttekkel együtt versenyeztünk. Ezt a felvételt az ÉTF pályázaton is nagyra értékelték.

Nem számítottam rá, hogy a világ legnagyobb természetfotós pályázatán, a *BBC Wildlife Photographer*-en is bekerülök a legjobbak közé. Itt több mint 48 ezer képből választották ki a kiállításon szereplő 100 legjobbat. Az én korosztályomban, a 11-15 évesek között összesen három képet emelt ki a zsűri, köztük az ÉTF-en is kategóriagyőztes képemet. A sűrű ködben készült *Köd* (One Foggy Night) című felvétel a BBC pályázaton magasra értékelt minősítést kapott.

— *Úgy tudom, a külföldi díjátadókra személyesen is eljutott. Mi fogta meg leginkább ezeken a nagyszabású rendezvényeken?*

Örülök, hogy ott lehettem ezeken az eseményeken. Leginkább a személyes találkozások tetszettek a világ minden tájáról érkező fotósokkal. Nagy lehetőség megismerkedni, kapcsolatot építeni a legjobb természetfotósokkal — hogy csak egy példát mondjak, kaptam egy meghívást Dél-Afrikába.

Angliában két díjátadón is voltam, az elsón augusztusban, a *Rutland Water Nature Reserve* vízi rezervátumban, ahol egy háromnapos fesztivált tartottak a madarászoknak és madárfotósoknak. Itt nem a négy fal között, hanem a terepen felállított sátrakban rendezték meg a fotókiállítást és a szakvásárt. A nagy esők miatt hatalmas sár volt, többnyire gumicsizmában közlekedtünk. Volt egy kiépített torony, ahonnan a halászsasokat lehetett megfigyelni. A díjátadóra szüleimmel együtt mentünk ki,

a szervezők nagyon örültek, és meg voltak lepődve, hogy ilyen messziről odautaztunk. Ehhez képest egészen más volt a BBC-gála hangulata Londonban, ahol hatalmas showműsort rendeztek. A Természet tudományi Múzeumban tartott fogadásra az előírt dresszkód miatt csak a klasszikus fekete-fehér öltözékben, csokornyakkendőben lehetett elmenni. E pályázat kapcsán ért a legnagyobb meglepetés: a múzeumban kiállított 100 kép közül kiválasztottak 18 fotót, hogy bemutassák a miniszterelnök rezidenciáján. Hihetetlen élmény volt belépni a *Downing Street 10.* szám alatti világhírű épületbe.

Moszkvában édesapámmal és a pályázat fődíját elnyert Daróczi Csabával voltunk kint. Az eredményhirdetés és a kiállítás nagyon jól szervezett volt, és igazán szép lett a díjnyertes képekből összeállított könyv. Nagy örömömmre elutaztunk a MILVUS marosvásárhelyi



díjátadójára is, előtte pedig Sepsiszentgyörgyre, ahová meghívtak előadást tartani. Rendkívül nagy élmény volt eljutni Erdélybe, oda még biztosan sokszor visszamegyek. — *Említette, hogy óvodás korában már fotóztatott. Később miért éppen a természetfotózás iránt kezdett érdeklődni?*

A természet szeretete és a fényképezés iránti kíváncsiságom kora gyermekkoromtól jelen van. A természetfotózást nem tudatosan választottam. Sokat kirándultam szüleimmel, és vittem a fényképezőgépet magammal. Amikor megtetszett valami, lefotóztam, de tény, hogy most már egészen másképp, sokkal tudatosabban látok mindent.

A természetfotózás annyira megtetszett, hogy azóta minden szabadidőmet ezzel töltöm. Őszintén megvallva, ha lehetne, még sokkal több időt fordítanék a fényképezésre. Nagyon szeretek kint lenni a természetben. Olyan pillanatokat lehet ott megélni, amit egyébként sehol, olyan látványban van ott részem, amit máshol nem láthatnék. Nagy öröm, ha az átélt különleges élményt le tudom fotózni, másoknak meg tudom mutatni, hogy ők is láthassák, milyen csodák vesznek bennünket körül. Ehhez persze, az alvás helyett kint kell lenni esőben, hóban, hidegben, melegben.



A Varázslatos Magyarország pályázat szerintem nagyon jól van kitalálva, engem nagyon inspirált. Egyrészt, hogy 9-10 hónapon keresztül kell minden hónapban beküldeni új fotókat, másrészt, hogy igen sokat lehet tanulni a többiek által készült képekből. Alaposan meg szoktam nézni a helyezést elért képeket, és elgondolkodom azon, melyik kép miért, mitől jó. Ide küldtem be az első fotóimat, és körülbelül fél év múlva már voltak helyezést elért képeim, aminek nagyon örültem. Tizenegy éves voltam akkor.

— *Van kedvenc fotótémája, kedvelt fotós helyszíne?*

Kedvenc témáim a tájak és a vadvilág, különösen a madarak, az emlősök. Van makróobjektívem, de úgy érzem, az nem az én világom — legalábbis egyelőre nem. Kedvenc helyeim, ahová a leggyakrabban kijárunk, Tiszaalpár és Pusztaszer, ezek közel találhatóak a lakóhelyemhez, Csongrádhoz. Nagyon szeretek időnként máshová is elmenni, főleg nyáron, amikor ezen a környéken szinte uborkaszezon van. A Kiskunság szuper jó hely, nagyon jó adottságai vannak, különösen ősztől tavaszig, de nyáron néha ki kell törni innen. Kimozdulni nagyon jó, elmenni a Mecsekbe, Somogyba, a Zselicbe. Édesanyám Pécsről származik, oda 2-3 havonta elmegyünk. Az erdős, hegyes vidékeken egy hétvége alatt feltöltődöm, és utána itthon is jobb képeket tudok készíteni. A pályázatok kapcsán idén kétszer voltam Erdélyben, az a vidék valósággal lenyűgözött.

— *Vannak fotós példaképei? Kinek a pályafutását tartja a legvonzóbbnak?*



Természetesen vannak olyan természetfotósok, akiknek a képei nagy hatással vannak rám. Kovács Sándor, Potyó Imre, Máté Bence, Krizák István, és nem utolsósorban Daróczy Csaba, akinek pályafutása a legvonzóbb számomra sokszínűsége és kreativitása miatt. Azt viszont el kell mondanom, hogy Csaba nagyon magasra tette a lécet, mellette nagyon nehéz igazán jó képet készíteni a Kiskunságról. Máté Bence pályafutása, különösen a róla készült film rendkívüli hatást gyakorolt rám, és biztosan nemcsak engem, hanem nagyon sok fiatalot ösztönzött a természetfotózásra.

— *Segíti valaki a fejlődésben? Vannak fotós oktatói, barátai?*

Szerencsére egyre több fotós ismerősöm van. Az előzőekben említettek segítenek, különösen Kovács Sándortól és Krizák Istvántól kaptam és kapok nagyon sok segítséget, jó tanácsot.

A legtöbbet természetesen szüleimnek köszönhetek, a fotózásban főleg édesapám segít nagyon sokat. Ő kísér, visz el mindenhol, a fotózás egy igazi apa-fia program lett nálunk. Tudom, hogy kevés szülő tölt annyi időt a gyerekével, mint velem az én apám. Ő is fotózgat, és mikor hazamegyünk a terepről, otthon kidolgozzuk a képeinket. Eleinte a képfeldolgozást is együtt végeztük, de mostanában már inkább külön-külön dolgozunk a felvételeken. Az eredményt összehasonlítjuk, megbeszéljük, és gyakran kettőnk megoldása között találjuk meg az arany középutat.

— *Milyen eszközökkel fényképez?*

A szüleimtől karácsonyra kapott DJI Phantom Standard drónnal készítem a légi felvételeimet, emellett egy pályázaton nyert Canon EOS 7D MKII fényképezőgépet használok, különféle objektívekkel.

— *Hol lehet látni a képeit?*

December végéig Csongrádon, a Csemegi Károly Könyvtárban lehet megtekinteni a képeimet. December 12-én Kiskunfélegyházán, a Petőfi Sándor Könyvtárban nyílik kiállításom, ott előadást is fogok tartani. A jövő évben Pécsen, az Őrségben és Szentesen tervezek még önálló kiállításokat. Örülök annak, hogy felkértek a naturArt februári természetfotó fesztiválján előadás tartására. Akit érdekelnek a fotóim, a közösségi oldalamon <https://www.facebook.com/tamas.konczbisztricz.3> tud nyomon követni, és ha van időm, az élményeimet megírom a blogomra: <http://kbtamas.blogspot.com/>.

— *Milyen tervei vannak a tanulás, illetve a fotózás terén?*

Most elsős gimnazista vagyok a csongrádi Batsányi János Gimnázium humán tagozatán. Felnőtt koromban mindenképpen a természettel szeretnék foglalkozni, talán egyszer vadgazda-mérnök vagy erdészmérnök leszek. A fotózást folytatom, de nem ebből akarok megélni, ez megmarad hobbinak.

TÓSZEGI ZSUZSANNA



SZEMELVÉNYEK AZ IDŐMÉRÉS ÉS A NAPTÁR TÖRTÉNETÉBŐL

## Kalendáriumok és órák

Az idő mérése társadalmi szükségszerűség. Minél fejlettebb egy társadalom, annál nagyobb rá az igény, és annál nagyobb az elvárás a mérés pontossága iránt. Életünket, tevékenységeinket alapvetően két dolog, a nap-palok és éjszakák váltakozása, valamint az évek múlása, a természet ciklikus megújulása határozza meg. Ennek megfelelően a folyamatosan múló idő mérésére is két eszközt használunk, az órát és a naptárt.

Mindkettő a Nap látszólagos égi mozgásán alapul, amely valójában a Föld tengely körüli forgásának, illetve Nap körüli keringésének tükörképe. Egyszerűen fogalmazva az év az az időtartam, ami alatt a Föld egyszer megkerüli a Napot, a nap pedig az az időtartam, ami alatt a Föld egyszer megfordul a tengelye körül. Pontosabban fogalmazva, amennyi idő a Nap két egymást követő delelése között eltelik. Alaposabban megvizsgálva, a helyzet még tovább bonyolódik, aminek számos oka van. Példaként megemlítünk néhányat:

- Amíg a Föld megfordul a tengelye körül, ez alatt pályáján is tovább halad. Mivel egy év durván 365 napból áll, egy nap alatt körülbelül egy fokot. Ebből következően a Földnek is még ennyit tovább kell fordulnia, így a Nap két delelése közti idő mintegy 4 perccel hosszabb, mint a tengely körüli forgás.
- A földpálya nem kör, hanem ellipszis alakú, ezért mind a Föld–Nap távolság, mind a Föld keringési sebessége változik, így az év folyamán a napok hossza is változik.
- A Föld forgástengelye nem merőleges a földpálya síkjára (ekliptika), hanem attól 23,5 fokra eltér. Ebből következően a Nap az év folyamán csupán kétszer, a tavaszi (március 21.) és az őszi (szeptember 22.) napéjegyenlőségkor található az Egyenlítő felett, egyébként nyáron attól északra, télen délre helyezkedik el.

Az iménti, és még egyéb okok miatt az idő múlását így ma már nem a Nap mozgásával, hanem atomórákkal mérjük.

További érdekességként megemlíthető, hogy az idő esetében a többszörösök és a tört részek kezelése nem egységes. Az alapegység a másodperc, a tört részeket 10-es, a többszörösöket 60-as számrendszerben váltjuk. Tehát így beszélünk tized, század, ezred másodpercről, míg egy perc 60 másodperc, 60 perc egy óra, továbbá 24 óra egy nap.

A történelmi hűség kedvéért megjegyezzük, hogy az SI mértékegységrendszer (mely az 1790-es francia forradalmi nemzetgyűlés határozatán alapul) kialakításakor eredetileg az idő egységének többszörösöit is a 10-es számrendszer szerint szándékozták kezelni, de a francia forradalom bukását követő Bourbon-restauráció ezt a kezdeményezést eltörölte, s visszaállította a korábban megszokott rendszer használatát. A francia forradalmi napórán a római számok a hagyományos, az arab számok a 10-es számrendszer szerint mutatják az időt. (1 nap = 10 óra, 1 óra = 100 perc, 1 perc = 100 másodperc)

A naptárkészítés során gondot jelent az, hogy az év hossza (amely pontos megállapításához szintén, de itt nem részletezendő finomításokkal jutunk) nem egész számú többszöröse a nap hosszának. Mai naptárunk a többszörösen módosított, eredetileg a Hold járásához igazodó régi római naptáron alapul, amit a hagyomány



szerint Kr. e. 753-ban a Rómát megalapító Romulus vezetett be, és 10 hónapból állt. Ez a Hold járásához igazított év márciussal kezdődött és 304 napból állt. A tíz hónap közül csak az első négynek volt neve (martius – Mars, a hadisten hónapja; aprilis – Apru, aki megfelel a görög Aphrodite-nek, a szerelem, szépség, öröm istene; maius – Maia, a növekedés istene; és junius – Juno, az állam védője és tanácsadója). A többit csak sorszám szerint említették: quintilis (5.), sextilis (6.), september (7.), october (8.), november (9.) és december (10.). Az évet később, i. e. 713-ban Numa Pompilius király 355 napossá egészítette ki úgy, hogy az év végéhez illesztett 51 napot két részre osztotta, januariusra (Janus, a kétarcú isten, akinek egyik arca hátra néz, értéke-li az elmúlt esztendő, míg a másik előre, az új esztendőre tekint) és februariusra (a latin februum a rituális megtisztulás, valamint az ősökre való emlékezés és a határkövek tisztelésének – beleértve az időbelit, az év végét is – hava).

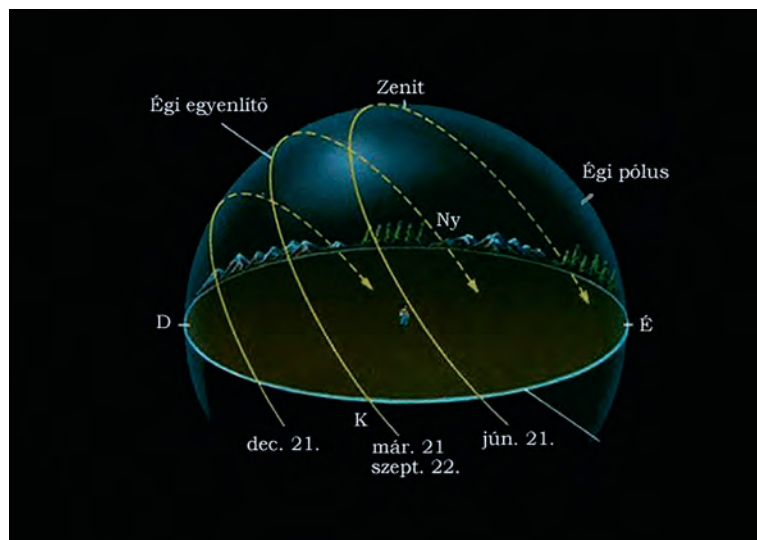
Mivel a naptár még így is tíz nappal rövidebb volt az év valódi hosszánál, i. e. 190-től kezdve – hogy az istenek elől elrejtésük – február 23. és 24. napja közé két évenként beiktattak egy szerencsétlen tizenharmadik, hol 22, hol 23 napból álló szökőhónapot (mercedonis, vagy intercalaris), amivel viszont túlkompensálták az eltérést. A korrekciókat a papok gyakran szükségük és érdekeik (pl. adóbeszedés) szerint önkényesen állapították meg, így Julius Caesar idejére a tavaszi napéjegyenlőség naptár szerinti időpontja már 90 nappal eltolódott a csillagászatitól.

Julius Caesar a pontatlanságok és visszásságok megszüntetésére naptárreformot határozott el. Az új naptárt Szoszigenész, alexandriai csillagász dolgozta ki, az (egyik) egyiptomi naptár alapján. A Holdat, mint időmérőt teljesen mellőzte, és az év hosszát 365,25 napnak vette. Az évenként negyednapnyi eltérést úgy kompenzálta, hogy három 365 napos év után egy 366 napos szökőév következett. Az ún. szökőnapot a korábbi mercedonis helyére, tehát február 23. után iktatta be. (A közhiedelemmel ellentétben, a ma használt naptárunkban sem február 29, hanem 24. a szökőnap.)

Az Kr. e. 46-ban bevezetett, később Caesar-ról elnevezett Julián-naptár főbb tulajdonságai:

- az év kezdete januárra tevődött
- a hónapok hossza kiegyensúlyozott, szökőévben váltokozva 31 és 30 napos, egyébként a február egyvel rövidebb, 29 nap volt
- Julius Caesar (akit Kr. e. 44 március idusán meggyilkoltak) emlékére a római szenátus döntése alapján ekkortól az eredetileg ötödik hónapot (quintilis) júliusnak nevezték

1. ábra. A Föld keringése a Nap körül



2. ábra. A Nap járása az égen a Földről nézve

- a többi számmal jelölt hónap neve változatlan maradt, de most már csak címkék, mert a januári évkezdés miatt eredeti értelmüket veszítve két hónappal hátrább tolódtak
- a naptári év már csak 11 perc 14 másodperccel hosszabb a valódi évnél
- a tavaszi napéjegyenlőség időpontja visszakerült március 25-re, ahogy az Numa Pompilius idejében volt

Caesar meggyilkolása után a papok a szökőév szabályt 36 éven keresztül rosszul alkalmazták. A hibát – zseniális módon – Augustus császár küszöbölte ki, és a következő hónapot, a sextilist, amelyben született, magáról nevezte el. De hiúsága és a római babona (mí szerint a páros szám szerencsétlen) miatt megkövetelte, hogy ez a hónap is 31 napos legyen. A szükséges napot a már úgy is csonka februártól vette el. Viszont mivel így három 31 napos hónap következett volna egymás után, az ezt követő hónapok hosszát megcserélte, kialakítva a ma is használatos, megbontott szimmetriájú rendszert.

A 306-ban császárrá koronázott Nagy Konstantin véget vetett a keresztényüldözésnek, és ez a vallás is legitimmé vált a római birodalomban. A keresztény vallásban Jézus feltámadásának megünneplése kiemelt jelentőségű. Ez egy ún. mozgó ünnep, amely a katolikus egyház esetében legkorábban március 22-re, legkésőbb április 25-ére eshet. A húsvét dátumának meghatározása a 325-ben, Niceában megtartott zsinat döntése alapján a következő: a tavaszi napéjegyenlőséget követő holdtölte utáni első vasárnap.

A naptári év azonban, mint már korábban volt róla szó, 11 perc 14 másodperccel hosszabb a valódi évnél, ami az évszázadok alatt kezdett felhalmozódni, és 325 év alatt a tavaszi napéjegyenlőség időpontja már hat



3. ábra. Francia forradalmi napóra

nappal előbbre, azaz március 21-re került. A problémát észlelték ugyan (a tavaszi napéjegyenlőség időpontját március 25. helyett 21-ében határozták meg) de nem tettek ellene semmit, így az időpontja a naptárhoz képest továbbra is évről évre tolódott. Az 1500-as évek végére már újabb 10 nappal. A hibát XIII. Gergely pápa rendelettel korrigálta:

- 1582. október 4. után október 15. következzen. (Kimaradt 10 nap, ezzel a tavaszi napéjegyenlőség időpontja visszakerült március 21-re.)
- A szökőév kiszámítására új szabályt kell alkalmazni: minden negyedik év szökőév, de a százzal oszthatók közül csak az, amelyek négyszázzal is osztható. (Így pl. 1700, 1800 és 1900 nem volt szökőév, de 1600 és 2000 igen. Ezzel a módosítással az eltérés 26 másodpercre csökkent, ami csupán 4915-re halmozódna fel egy napra.)

Az így érvénybe lépett és mai is használt naptárt Gergely-naptárnak nevezik.

Az új időszámításra való áttérés azonban nem történt meg mindenütt egyszerre. Nyilvánvaló módon először a katolikus államok vezették be, a protestáns országok később csatlakoztak, a pravoszláv egyház viszont megakadályozta a naptárreformot, arra hivatkozva, hogy ez veszélyeket rejt magában, és „zavart keltethet az elmékben”. Oroszországban Lenin rendelte el a naptárreformot, hogy „egyezzünk a világ valamennyi kultúrországával”.

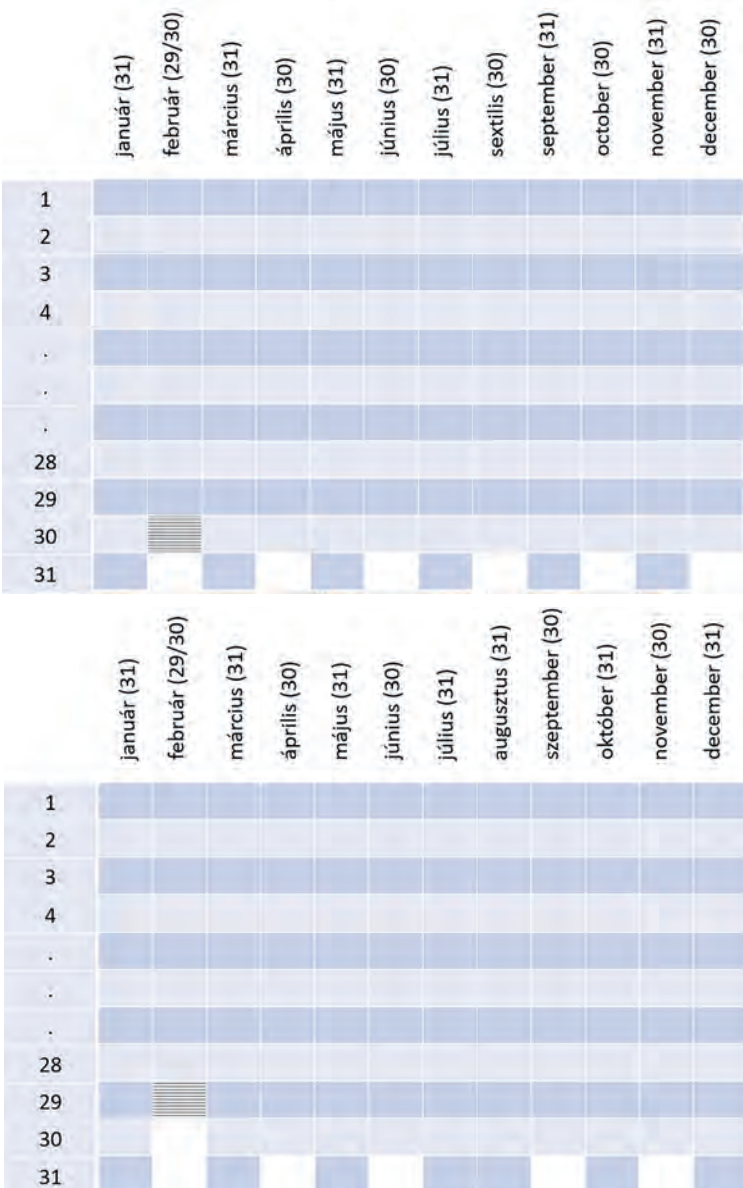
Itáliában azonnal bevezették az új naptárt.

Ami Magyarországot illeti, a pápai naptárreform a török megszállás idejére esett (Buda felszabadítása csak 1686-ban történt).

A Habsburg-birodalomban Rudolf császár nevéhez fűződik a naptárreform, amit 1584-ben egyszerű királyi rendelettel vezetett be Cseh- és Morvaországban csakúgy, mint Magyarországon. A rendelet a magyarok között erős ellenállást váltott ki, ugyanis egy ilyen fontos kérdésben való döntést az országgyűlés határozata nélkül nem tartottak elfogadhatónak. (A Felvidéken a szepesi káptalan viszont már 1582-ben a megreformált naptár szerint állította ki iratait, bár a királyi rendelet szerint csak 1587-ben lépett volna életbe a Gergely-naptár.) Végül a magyar rendek nyomására az 1588. évi országgyűlés 26. törvénycikke így foglalt állást: *„Ámbár a karok és rendek inkább óhajtanák, hogy az annyi éven át használt régi naptár, melyhez szegények és gazdagok hosszú használat által hozzászoktak, régi érvényében megmaradna; mégis ő Felsege kegyes intésére hajolva, nem ellenzik ugyan, hogy ezután az új, javított naptár használtassék”,* vagyis egyedül a király kívánata folytán, és nem a pápai döntésnek engedelmessé. A határozat azonban további vallási vitákat váltott ki, és még 1599-ben is (a 45. törvénycikkben) kénytelen volt leszögezni az országgyűlés, mi szerint: *„Szükséges, hogy az új és reformált naptár minden honlakos által megtartassék, a régi pedig érvényen kívül helyeztessék.”*

Báthory István (1533–1586) erdélyi fejedelem és lengyel király már 1582. augusztus 17-én rendelkezett az új naptár bevezetéséről, de még 1586-ban is a naptárvihar lecsillapításával kellett foglalkoznia. Az erdélyi országgyűlés csak 1590-ben követte Magyarország példáját: *„Az új kalendárium ez országban is bevetetett, azért, mivelhogy más szomszéd közelebb való keresztyén országokban is acceptáltatott”* – ami azért koránt sem csillapította le a kedélyeket, a protestánsok ellenkezését. Végre az 1623. június 18-i debreceni zsinat határozta el az új naptár elfogadását, amit Bethlen csak két év halogatás után tett magáévá; 1625-ben Huszton már az új naptár szerint tartotta meg a húsvéti ünnepeket.

A nyomdák hosszú ideig „ó és új kalendárium” címmel mind a két naptárt közölték egymás mellett. Így a régi naptár az újjal párhuzamosan használatban volt még a következő század első negyedében, sőt a török hódoltság területén még tovább is. A jezsuitákkal, és furcsa módon a Pápával is szembe szállva 1640 végén, majd 1641-ben pont a magyar katolikusok követelték újra a régi naptár használatát, s azt hangoztatták, hogy a jezsuiták csak kémkedni „jönnek” a török részekbe, s a bíraskodást a pogány törökökre bízták. A bég karóba húzásra ítélte az új naptár használatának szószólóit, akik csak nagy nehézség árán szabadultak: *„Szomorú szívvel kell megjegyeznünk, hogy maguk a törökök irgalmasabbak voltak e jezsuiták iránt, mint keresztyén elleneik. Törökök folyamodtak megkegyelmeztesökért a bég előtt, s törökök adták nekik a tőlük követelt ezer forintot.”*



4. ábra. Római naptárrendszerek

Nagy-Britanniában 1752-ben tétek át a Gergely-naptárra, szeptember 2. után 1752. szeptember 14. következett (kimaradt 11 nap). A Szovjetunióban 1918. január 31. után 1918. február 14. jött (kimaradt 13 nap).

A különböző helyeken különböző időkben bevezetett naptárreform ad magyarázatot néhány furcsaságra. Például ismeretes, hogy Newton ugyanabban az évben született, amelyben Galilei meghalt. Galilei 1642. január 8-án halt meg, Newton pedig 1642. december. 25-én született. Viszont Itáliában akkor már a Gergely-naptár volt érvényben, Newton születését pedig még a Julián-naptár szerint anyakönyvezték.

A Gergely-naptár szerint ez a dátum 1643. január 4., vagy egy másik példa: a „Nagy Októberi Szocialista

Forradalom” (október 25. a Julián-naptár szerint) évfordulója miatt esett november 7-re (ami ugyanaz a nap, de már a Gergely-naptár szerint).

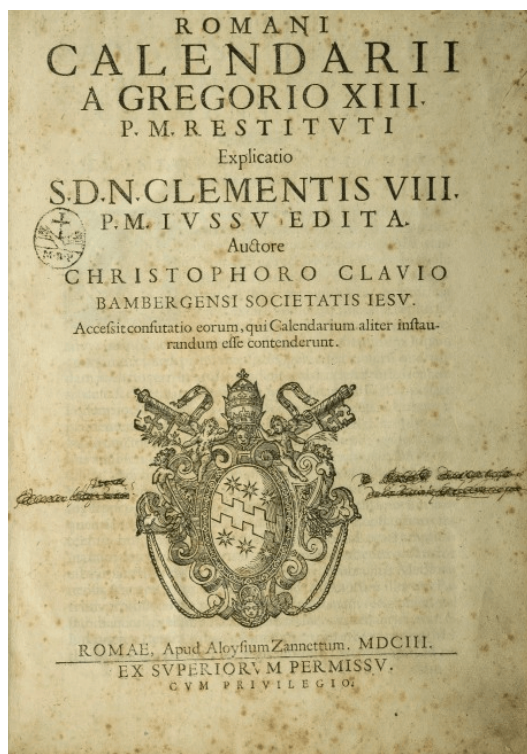
A pontos idő meghatározásán és a kalendáriumkészítésen túl a csillagászok feladata volt még a csillagok állásából való jóslás, a horoszkóp felállítása. Ez abból a téves elképzelésből adódott, hogy az égitestek (Nap, Hold, bolygók, csillagok) közvetlenül befolyásolják az egyén vagy az országok sorsát: „meg van írva a csillagokban”. A horoszkóp felállításához meg kellett határozni, hogy a Nap, Hold és az öt szabad szemmel látható bolygó (Merkúr, Vénusz, Mars, Jupiter és Szaturnusz) egymáshoz képest hogyan és mely csillagképekben helyezkednek el.

Érdeemes itt egy kis kitérőt tenni, és ismét a naptárra vetni egy pillantást. A naptár hetes beosztása pont abból ered, hogy őseink a fenti hét objektumot isteneknek vélték, ráadásul a bolygók bonyolult hurkokat leírva mozognak az állócsillagok között. Mind-egyik isten kapott egy napot, ezért áll hét nappól a hét: hétfő – Hold; kedd – Mars; szerda – Merkúr; csütörtök – Jupiter; péntek – Vénusz; szombat – Szaturnusz; vasárnap – Nap.

Ennek nyomai megtalálhatók az angolban, (pl. Sunday), németben (Sonntag), de szinte teljes mértékben az olasz, francia vagy spanyol nyelvben. A hetes szám misztikája máshol is visszaköszön, mint a hét törpe, hét vezér, hét szűk esztendő, hétpróbás stb.

A Föld egy év alatt megkerüli a Napot, így ennek tükröképeként a Nap is tesz egy kört a csillagok között. E kör, vagyis az ekliptika mentén helyezkednek el az

5. ábra. A naptárreformot elrendelő pápai bulla címlapja



ún. állatövi csillagképek, melyek eredete több ezer évre, az ókori Babilonba nyúlik vissza. Egy állatövi csillagkép – lévén belőlük 12 – átlagosan 30 fokra terjed ki, és külön jelük is van. A valóságban az egyes csillagképek kiterjedése eltérő, ráadásul a Nap útja érint egy tizenharmadik csillagképet, a Kígyótartót is.

Azt a pontot, ahol a Nap március 21-én, azaz a tavaszi napéjegyenlőségkor látszik – pontosabban látszana, ha nappal is látnánk az égbolt csillagait – tavaszpontnak nevezzük, és a Kos szimbólumával (♈) jelöljük. Ez a pont a Föld égre vetített egyenlítője és az ekliptika egyik metszéspontja. A vele átellenben lévő pont az őszpont, jele a Mérleg (♎). Miközben a Föld kering a Nap körül, a forgástengely iránya változatlan marad – legalábbis emberi léptékkal mérve. Hosszú távon azonban (a Nap és a Hold hatására) a Föld úgy viselkedik, mint a bűgőcsiga, tengelye egy kúpfelület mentén mintegy 26 ezer év alatt körbejár (precesszió). Ennek következtében a tavaszpont helyzete folyamatosan eltolódik az égbolt látszólagos napi járásának irányába (tehát előre siet, ezért „pre“-cesszió), és 26 ezer év alatt bejárja az állatövi csillagképeket, vagyis egy-egy csillagképben körülbelül kétezer évig tartózkodik.

Az asztrológia kialakuláskor a tavaszpont még a Kos csillagképben volt (ezért jelölik még ma is a Kos csillagkép szimbólumával), és így az állatövi jegyek és az állatövi csillagképek megegyeztek. Azóta a tavaszpont a kosból a Halakba vándorolt, és közeledik a Vízöntő felé, így az állatövi csillagképek és jegyeik elcsúsztak egymástól.

6. ábra. Az állatövi csillagképek és jelölésük



7. ábra. Magyarország a naptárreform idején

Az állatövi jegyek elnevezése a babilóniaiaknál más volt, csupán néhány szerepelt a maiak közül náluk is. Pontos feljegyzéseket nem ismerünk eredetükről, de valószínűleg a következő: A három tavaszi hónap állatövi jegye, a Kos, Bika és Ikrék a természet teremtő erejére utal. A nyári hónapok első jegye a Rák arra emlékeztet, hogy a Nap elérve legmagasabb állását, ettől kezdve állandóan csökken a delelési magassága, tehát visszafelé mozog. Innen a Ráktérítő elnevezés is. Az Oroszlán a nyári hőséget jelképezi, a Szűz, kezében a kalással, a gabona érését. Az őszi hónapok első jele, a Mérleg, az őszi napéjegyenlőséget jelzi. A többi állatövi jegyre nem találunk írott magyarázatot, noha valószínű, hogy ezeknek is volt jelképes értelme.

Az időt fogalmilag meghatározni nagyon nehéz feladat, és jelenleg is kutatás tárgya. Például miért egyirányú az idő? Visszamehetünk-e a múltba? Volt-e idő az Univerzum keletkezése, az ősrobbanás előtt? Mi történik az idővel a fekete lyukban?

Befejezésül álljanak itt Szent Ágoston gondolatai az időről:  
 „Nem mondok-e igazat, mikor azt vallom neked, hogy az időt mérni tudom? Mert így van ez Uram, Istenem, mérem, mérem, de mit mérek, nem tudom.”

HUDOBA GYÖRGY

IRODALOM

- [1] Sky & Telescope, 1982. január
- [2] Knauz Nándor: A veteristák, Századok (1869), 17-37.o
- [3] <https://blogdatosdelahistoria.blogspot.com/2016/10/gregorio-xiii-y-los-dias-inexistentes.html>
- [4] <https://www.magyarKurir.hu/hirek/oktober-15-gergely-naptar-bevezetesenek-napja>



ÉLÉNKÜLŐ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS

## Jég veled!

Mozog a jég. Legalábbis az újabb és újabb time-lapse videók tanúsága szerint, melyek a Föld gleccsereinek és jégmezőinek olvadását mutatják be a világúrból nézve. A közel 50 évre visszanyúló felvételeket is tartalmazó összeállítások betekintést nyújtanak a kutatók számára bolygónk fagyott területeinek változásairól. Legfrissebb kutatásukban a szakemberek adatokkal is alátámasztották, hogy a probléma sebesebben növekszik, mint gondolnánk.

Grönland hétszer gyorsabban veszít jégtakarójából, mint tette azt az 1990-es években. Ez sajnos jól illeszkedik a folyamatot régóta, látszólag tehetetlenül nyomom követő kormányközi testület globális felmelegedési forgatókönyvébe, mely szerint 2100-ra a tengerparti régiókban mintegy 400 millióval több ember nézhet szembe elárasztott területekkel.

Eddig egy 50 nemzetközi szervezet 96 kutatójából álló kutatócsoport eredményei nyújtják a legteljesebb képet Grönland ijesztő méreteket öltő jégvesztéséről. Az *IMBIE (Ice Sheet Mass Balance Inter-comparison Exercise)* csapata 26 különálló felmérést vetett össze a Föld legnagyobb szigetének jégtömegében bekövetkezett változásokról az 1992 és 2018 közötti időszakra vetítve. Összesen 11 különböző műholdas küldetés adatait használták fel, ideértve a jégtakaró megváltozásának mérését, leginkább a változó térfogati és áramlási viszonyok tekintetében. A *Nature* tudományos folyóiratban közzétett eredmények alapján Grönland 1992 óta közel 3,8 billió ( $10^{12}$ ) tonna jeget veszített, mely elegendő a globális tengerszint 10,6 milliméterrel történő emelkedéséhez. A jégcsökkenés éves üteme az 1990-es évek 33 milliárd tonnájáról napjainkra 254 milliárd tonnára emelkedett, azaz három évtized alatt mintegy meghétszereződött.

A kutatási eredmények kiértékelését *Andrew Shepherd*, a *Leeds Egyetem* professzora, valamint *Dr. Erik Ivins*, a NASA kaliforniai Sugárhajtás Laboratóriumának munkatársa végezte az Európai Űrügynökség

(ESA), illetve a Nemzeti Repülési és Űrhajózási Hivatal (NASA) közreműködésével.

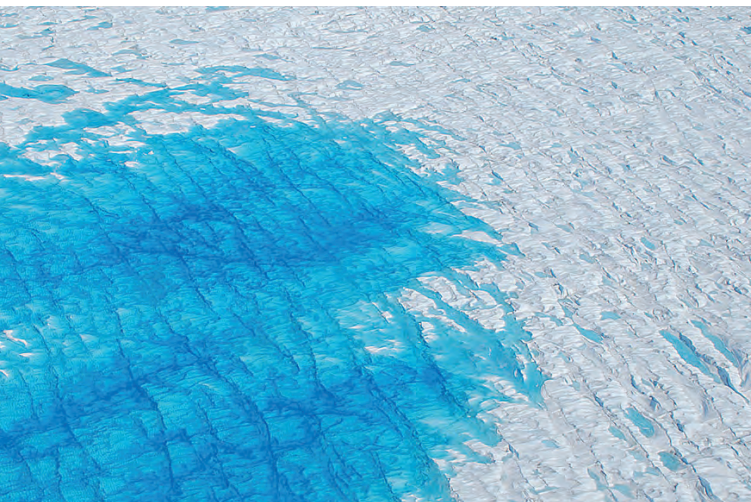
2013-ban az éghajlatváltozással foglalkozó kormányközi testület, az *IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change)* azt feltételezte, hogy a globális tengerszint 2100-ra 60 centiméterrel emelkedik, ennek következtében pedig mintegy 360 millió embert fenyegethetnek az évről évre jelentkező tengerparti áradások. Az új tanulmány ezzel szemben azt mutatja, hogy Grönland jégvesztése a vártnál gyorsabban növekszik, 7 centiméterrel tovább növelve a szervezet által korábban előre vetített tengerszint-emelkedés mértékét.

*„A globális tengerszint-emelkedés minden egyes további centimétere 6 millió fővel növeli a veszélyeztetett területeken élők számát bolygószerte. A jelenlegi tendencia szerint az évszázad végére a grönlandi jégolvadás mintegy 400 millió ember életét keserítheti meg. Ez a folyamat nem pusztán feltételezés, ez már most is zajlik, és a jövőben pusztító hatással lesz a part menti közösségekre”* – mondta Shepherd professzor.

A kutatócsoport a regionális éghajlati modelleket is felhasználta annak bemutatására, hogy a jégvesztés közel feléért a felszín megolvadása felelős, mely közvetlenül a léghőmérséklet emelkedésével áll kapcsolatban. Másik részéért a gleccserek áramlásában beállt változás okolható, amit pedig az óceánok hőmérsékletének növekedése váltott ki. Az éves jégmennyiség-csökkenés csúcspontját 2011-ben érte el

335 milliárd tonnával, melyet egy erős felszínolvadási időszak eredményezett. Bár azóta a jégvesztés évente átlagosan 238 milliárd tonnára esett vissza, ez továbbra is hétszeres különbséget jelent, pedig még nem is tartalmazza a teljes 2019. évi mennyiséget, melyet az idén is rendkívül intenzív nyári olvadási időszakból már sejthetünk, hogy nem lesz kevés.

*„A sarkvidéki jég műholdas megfigyelése elengedhetetlen annak felmérésére és előrejelzésére, hogy az éghajlatváltozás hogyan befolyásolja a jégolvadást, és a tengerszint-emelkedést. Míg a számítógépes modellezés lehetővé teszi, hogy megbecsüljük a jövőben lehetséges éghajlati történéseket, addig a műholdas mérések már szinte első látásra is megdönthetetlen bizonyítékokkal szolgálnak jelenünkről.*



*Projektünk kiváló példája a globális léptékű problémák nemzetközi együttműködés keretében történő kezelésének* — mondta Dr. Ivin.

*Guðfinna Aðalgeirsdóttir, az Izlandi Egyetem professzora, az IPCC hatodik értékelő jelentésének fő szerzője elmondta: „Az IMBIE-kutatócsoport által készített összehangolt felmérés naprakész információkkal szolgál a kormányközi testület számára a grönlandi jégvesztéssel kapcsolatban. Műholdas mérésekből származó részletes adatsoraik azt mutatják, hogy a megfigyelések kezdete óta mind az olvadás, mind a jégmennyiség csökkenésének mértéke nőtt az elmúlt évtizedekhez képest.”*

A változásokat a jégmezők mellett a gleccsereken is szemügyre vehetjük. Az AGU (American Geophysical Union) San Francisco-ban tartott éves találkozásán a kutatók bolygónk több területéről készült műholdas felvételeinek idősorait mutatták be, többek között a NASA Landsat földfigyelő műholdcsaládjától származó adatok segítségével. A különféle felvételek tanúsága szerint a gleccserjég visszahúzódásának üteme a 2000-es évektől kezdődően felgyorsult, emellett a gleccserek

felszínén az elmúlt évtizedben egyre nagyobb területet követelnek maguknak az ún. olvadékvíz-tavak, melyek potenciálisan felgyorsíthatják a jégáramlást.

A Landsat műholdak végzik a Föld leghosszabb folyamatos felvételét a világűrben. A USGS (United States Geological Survey) újra feldolgozta a Landsat felvételeit, a rendelkezésre álló műholdképek pedig lehetőséget biztosítottak a kutatók számára, hogy a lehető legtisztább felvételeket válogassák ki, melyeken a legjobban látszanak a gleccserek változásai. A később ezekből összeállított time-lapse videók sorozatát a Google Earth Engine szoftverének segítségével készítették el.

Michaela King, az Ohioi Állami Egyetem kutatója szintén a Landsat-küldetések során gyűjtött adatokat elemezte 1985-ig visszamenőleg, hogy a Grönlandon lefolyó több mint 200 nagyobb méretű gleccsert tanulmányozza. Megvizsgálta, hogy a gleccserfrontok milyen mértékben húzódtak vissza, mekkora sebességgel áramlik a jég, és mennyit veszítenek belőle az idő előrehaladtával.

Megállapította, hogy Grönland gleccserei átlagosan mintegy 5 kilométert hátráltak 1985 és 2018 között, a visszahúzódás sebessége pedig 2000 és 2005 között érte el maximumát. Az óceánba jutó jégmennyiség becslése során megfigyelte, hogy a vizsgált időszak első 15 évében ez az érték viszonylag állandó maradt, majd 2000 táján növekedni kezdett.

*„Jelenleg ezek a gleccserek több jeget szállítanak az óceánba, mint a múltban. Az 1985-től napjainkig tartó időszakban tisztán kirajzolódó kapcsolat mutatkozik a gleccserek visszahúzódása és a növekvő jégtömeg-vesztés között”* — mondta King.

Míg King a gleccserekből származó jégvesztésről elemezte, addig James Lea, a Liverpooi Egyetem munkatársa az olvadékvíz-tavakat létrehozó felszíni jégolvadás behatóbb tanulmányozására használta fel a műholdas adatsorokat. E képződmények akár néhány órán belül átfolyhatnak a jégen. Lea a Terra műholdra szerelt MODIS képalkotó berendezés felvételeinek segítségével az elmúlt 20 év olvadási időszakainak valamennyi napját elemezte. Ez összesen 18 ezer műholdképet jelent.

Megvizsgálták, hogy hány tó keletkezik évente a jégtakaró felszínén, és növekvő tendencia mutatkozott: az elmúlt 20 évben a tavak számában 27%-os növekedést figyeltek meg. Egyre több ilyen képződményt látni mind nagyobb tengerszint feletti magasságon, olyan területeken, ahol legalább 2050-2060-ig nem számítottak rá. A nagy magasságban lévő olvadékvíz-tavak idővel áthatolnak a vastag jégrétegeken, ennek hatására pedig a jégtömeg-vesztés erőteljesen gyorsulni kezd, mely már a nem oly távoli jövőben is beláthatatlan következményekkel járhat.

SZOUCEK ADÁM

## TRÓPUSI BETEGSÉGEK MIATT HALTAK VOLNA KI A NEANDERVÖLGYIEK?



A modern ember és a neandervölgyi ember Levante viszonylag kis térségében több tízezer éven át együtt élt, mielőtt a modern ember északra, Eurázsia felé indult volna, s ehhez képest azután igen rövid, pár ezer éves időszak alatt felváltotta a neandervölgyi népességet. A neandervölgyiek ennél a levantei régiónál délebbre eddigi tudásunk szerint sose mentek. A két emberfaj mintegy 800-500 ezer éve vált szét, ám a levantei közös tartózkodás alatt is bizonyára sokszor találkoztak, s időnként keveredtek is egymással. Számos vita övezi azt, hogy vajon mi vezetett a neandervölgyiek kihalásához, illetve gyakorlatilag a népességcseréhez. A kérdést tovább bonyolítja, hogy vajon miért nem mentek délebbre a neandervölgyiek, és miért álltak meg hosszú időre a modern emberek Levante térségében? Egy amerikai kutatócsoport ezzel kapcsolatban azt vizsgálta, hogy a két emberfaj immunitásában lévő különbségek miként alakulhattak. A kutatók modellezték a két emberfaj, a magukkal hordozott kórokozók, s az ezekkel szembeni immunitás kialakulásának dinamikáját a levantei kontaktus idejére.

A különböző élőhelyek különböző kórokozókat tartogatnak az adott helyszíneken élők számára, így az illető fajok az élőhelyükön előforduló betegségekkel szemben alakítják ki a védekezési stratégiáikat is. Hasonló lehetett a helyzet a több százezer év „különélés” során a neandervölgyi és a modern ember esetében is, mindkét fajnak megvoltak a saját kórokozói, s az ezek ellen felkészült immunitásuk. A modern ember afrikai eredetű trópusi kórokozó-csomaggal rendelkezett, a neandervölgyi pedig mérsékelt övivel, így a levantei találkozási területen megnyílt a lehetőség arra, hogy átfertőzzék egymást a másik faj számára ismeretlen kórokozókkal. Ez mindkét fajra jelentős terhet róhatott, fékezte a szaporodásukat. Az Afrikán kívüli modern emberekben ma 1-3% neandervölgyi gén van, így biztosan találkoztunk, és ahogy szaporodni volt lehetőségünk egymással, úgy a kórokozóinkat is át tudtuk adni. A neandervölgyi eredetű géneink közt ráadásul pozitív szelekció nyomait viselik az immunrendszer szabályozásáért felelős fő hisztokompatibilitási génkomplex (MHC) génei, s ez is arra utal, hogy a két faj közti

kórokozó-átadás evolúciós nyomást fejtett ki. Különbőség volt azonban abban, hogy a két faj mekkora terhet rótt a másikkra kórokozók terén.

A kórokozók sokfélesége az Egyenlítőtől a sarkok irányába csökken, így a modern ember több betegséget hozhatott magával Afrikából, mint amennyivel a neandervölgyiek mérsékelt övi „kórokozó-csomagja” révén ő maga találkozott a levantei területen. A kezdeti találkozások során mindkét faj egyedeit sújtotta a másiktól átvett számos betegség. Ekkor egy hosszú, egyaránt alacsony egyedszámmal és szaporodási aránnyal járó korszak következett. Miközben a modern ember már immunissá vált a kisebb számú neandervölgyi kórokozóra, a neandervölgyi még mindig sorra küzdött a trópusi afrikaiakkal. Ennek hatására a neandervölgyi populáció nem tudott a betegségek miatti szaporodási hátrányból kimászni, a modern ember pedig könnyedén sokasodott és terjedt át a többlet népessé-



gével a neandervölgyi régiókba. Ráadásul, minél mélyebbre hatolt az eurázsiai területekre, annál nagyobb nyomást fejtett ki a saját betegségei révén az ott élő, s ezekkel korábban nem találkozott neandervölgyiekre, ez pedig tovább növelte az előnyüket.

A kutatók szerint egymagában a betegségek aszimmetriája képes megmagyarázni azt, hogy miért tartott több tízezer évig a levantei kontaktus, majd ezt követően miért váltotta fel a modern ember a neandervölgyi népességet. A vizsgálatokban nem vettek figyelembe számos más tényezőt, mint pl. a két faj eltérő vadászati stílusát, vagy a kulturális különbségeket, a genetikai sokszínűség különbségeit, egyedül a betegségek és az immunitás dinamikája alapján modellezték a változásokat.

*(Nature Communications, 2019. november)*

## TÚLÉLHETTE EGY BOLYGÓ A CSILLAGA VÖRÖS ÓRIÁSSÁ VÁLÁSÁT?

THE  
ASTROPHYSICAL  
JOURNAL

Amikor egy csillag az életútja végére ér, és vörös óriássá válik, a felfúvódása során a bolygókat, amelyek „túl” közel keringenek hozzá, felfalja. Ez a jövő vár Földünk-re is néhány milliárd év múlva. Egy nemrégiben megjelent tanulmány egy olyan exobolygó esetét tárta fel, amelyről meglehetősen ellentmondásos módon úgy tűnt, túlélte az anyacsillaga vörös óriás korát, ugyanis túl közel kering a csillagához.

A TESS exobolygó-vadász űrszonda nemcsak bolygókat képes keresgélni, hanem olyan mérések is végezhetőek a felvételei alapján, amelyekből egy-egy csillag rezgései tárulnak fel. E rezgések a csillag belső működéséről árulkodó jelek, amelyek a fényességváltozás formájában válnak láthatóvá, és az asztroszeizmológia nevű tudományág foglalkozik velük. A rezgések, oszcillációk során a csillag kissé összehúzódik és kitágul, ez pedig hőmérséklet-, és így fényességváltozással is jár, s bár ennek mértéke csekély, ám a precíz megfigyelések alapján számításokat lehet végezni velük, amelyek az adott csillag számos tulajdonságát feltárják.

A portugál Asztrofizikai és Űrtudományi Intézet kutatói vezette csoport a TESS felvételei alapján két vörös óriáscsillag, a HD 212771 és a HD 203949 vizsgálatát végezte el, ezek esetében ugyanis észlelhető volt az asztroszeizmológiai vizsgálatokhoz szükséges oszcilláció, és már korábban exobolygót is találtak körülöttük. Így ez azt is lehetővé tette, hogy a csillagfejlődés és a bolygórendszerük fejlődése közti kapcsolatot megvizsgálják.

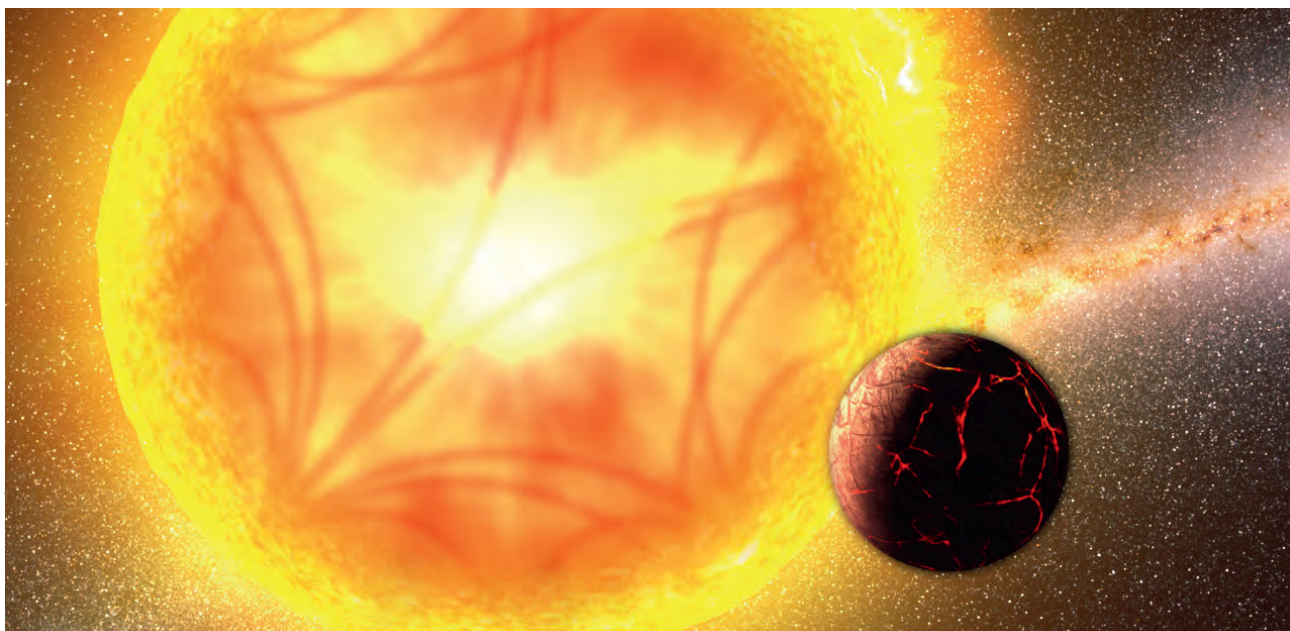
A két vizsgált csillag alapvető fizikai tulajdonságainak (mint pl. méret, életkor, tömeg) megállapítását, illetve pontosítását követően e tulajdonságok alapján

a HD 203949 további, tüzetesebb vizsgálatára került sor. E csillag esetében kulcsfontosságú kérdés volt, hogy pontosan mely életszakaszát járja, ugyanis bolygójának jelenlegi pályája jelen tudásuk szerint belül esett azon a régióban, amekkorára a csillag korábban már felfúvódott, így nem szabadott volna léteznie. Nyilvánvaló kérdés volt, hogy miként élhette túl a bolygó a csillaga e fázisát?

A HD 203949 adatai alapján szimulációkat végeztek, amelyekben a csillag korábbi életszakaszának, felfúvódásai alapján valószínűsíthető méretét is megbecsülték, és ez alapján kiderült, hogy valószínűleg már túlvan a legnagyobb elérhető méretén. A csillagról és a bolygójáról korábbi, a Kepler űrtávcső kissé eltérő típusú adataira épült vizsgálatok során készült tömegbecsléseket is pontosították a TESS adatainak köszönhetően. A szimulációkat a bolygójára is kiterjesztve az is kiderült, hogy a szó klasszikus értelmében egyáltalán nem élte túl a bekebelezést a bolygó, hanem egy „trükköt használt”. Ugyanis csak akkor került a csillagához közeli, jelenlegi pályájára, amikor az már összehúzódóban volt. Erre a számítások alapján a csillag és a bolygó közti árapály-kölcsönhatások adtak lehetőséget, a már csökkenő méretű csillag a bolygót ekkor húzta közelebb csak magához, korábbi, jóval távolabbi, „biztonságos” pályájáról. Összehasonlításképpen: az exobolygó jelenleg 0,63 CSE (csillagászati egység) távolságban van a csillagától, ez mindenképp közelebbi pálya, mint ahol a felfúvódás külső határa volt; a korábbi, távolabbi pálya a számítások alapján 3,1 – 3,5 CSE távolságú lehetett, ez pedig kívül esett a csillag felfúvódásakor elért maximális méretén.

A kutatásnak nem az volt az elsődleges célja, hogy kiderítse, miként élte túl a HD 203949 bolygója a felfúvódást, hanem az, hogy a TESS felvételei alapján az asztroszeizmológia nyújtotta lehetőségeket a csillag-exobolygó rendszerek együttes vizsgálatában is felmérje, és ehhez kiváló alany volt a kérdéses rendszer.

*(The Astrophysical Journal, 2019. október)*





## HOGYAN ÚSZNAK A HÁZIMÉHEK?

Nyári melegben a háziméhek, ha vizet gyűjtenek, időnként beleesnek a vízbe, s ilyenkor igyekeznek kijutni belőle. A méh hasa és a szárny alsó felülete nedves lesz, és a rátapadó cseppek miatt nem tud felszállni. Amerikai kutatók háziméheket ejtettek kb. 5 centi mély medencébe, ahol a mozgásukról nagy sebességű kamerákkal készítettek felvételt, hogy megvizsgálják, miként juthatnak ki a vízből.

A méhek úszáshoz a vízben lévő szárnyaikkal „evezve” hátrafelé mozgó hullámokat hoznak létre, s ezeken haladnak előre. Érdekes az, hogy az evező szárnymozgás során, míg a szárny alsó felülete végig vizes maradt, a felső oldal száraz. Hasonlóan haladt a méh a vízen, mint egy szárnyashajó.

A vizsgálatokban mérték többek közt a méh szárnycsapásának frekvenciáját is, ami evezéskor jóval alacsonyabb volt (átlag 71,6 Hz), mint a repülés (200-250 Hz)



vagy egy helyben lebegés során használt. A méh mozgása is mintegy 2 nagyságrenddel lassabb volt, mint a levegőben, úszva másodpercenként 3,1 cm-t tettek meg átlagosan.

A méhekről rögzített felvételek elemzésével a kutatók számítógépes modelleket is készítettek, így pontos számításokat tudtak végezni a méh által kifejtett erőhatásról. A háziméh úszása olyan mozgástípus, amit vízfelszíni rovaroknál eddig nem figyeltek meg, a legtöbb rovar a vízen lábain járva halad, kihasználva a víz felületi feszültségét, s nem hasonlít a tipikus úszó rovarokéra sem, amelyek a lábaikkal hajtják magukat előre, mint például a keringőbogarak. Hatékonyságában a háziméh szárnyashajókéhoz hasonlító úszása nem túl jó, s csupán néhány percig képes így úszni, azonban a legtöbb esetben elegendő az így megtett 5-10 méter ahhoz, hogy a vízbe pottyant méh

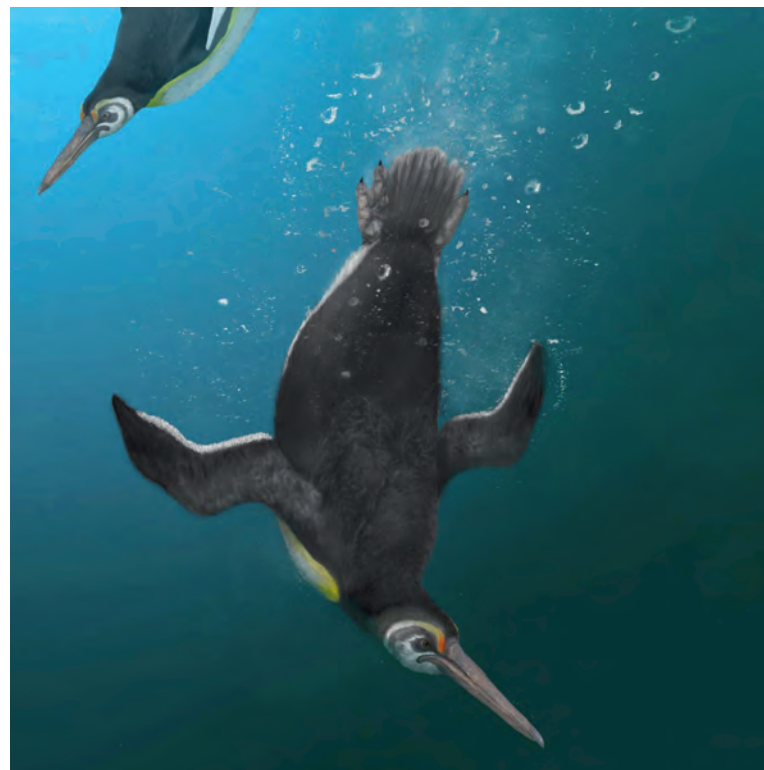
kiússzon a partra. A legmelegebb nyári napokon a méhek 10-14 százaléka vízgyűjtéssel foglalkozik a család hőmérsékletének csökkentése céljából, így óhatatlanul elfordulnak balesetek, tehát van evolúciós értelme is annak, hogy kialakult a háziméhek körében ez a speciális mozgásforma.

(PNAS, 2019. november)

## ÚJ PALEOCÉN FAJ TÖLTI KI A PINGVINEK TÖRZSFÁJÁN LÉVŐ HIÁNYT

A paleontológusok Új-Zélandon fedezték fel egy kihalt pingvinfaj csontjait, mely 60-62,5 millió éve úszkált az óceánokban. Ez a pingvin a paleocénben élt, amikor még nem volt jégsapka a Déli-sark környékén, és Új-Zéland körül trópusi-szubtrópusi meleg tengerek hullámoztak. Már korábban is több fosszilis pingvinmaradvány került elő az Új-Zéland partjaitól 860 km-re lévő Chatham-szigeteken. A közelmúltban leírt embermagasságú *Crossvallia waiparensis*-hez képest a mostani lelet viszonylag kicsi, nem nagyobb, mint az 1,1 m magas mai királypingvin. A lábai szintén rövidebbek voltak, mint a többi korai pingvinnek. A *Kupoupou stowellii* névre keresztelt faj a legidősebb ismert pingvin, melynek testarányai már a mai fajokhoz hasonlóak voltak. Ez a felfedezés is megerősíti, hogy a pingvinek Új-Zéland keleti régiójában alakulhattak ki, a Chatham-szigetektől a Déli-sziget keleti partvidékéig, ahol szintén kerültek elő korai pingvinmaradványok. A kutatók szerint a pingvinek ősei még a késő-krétában elkülönültek legközelebbi rokonaiktól, az albatroszoktól és a viharmadaraktól. A kréta végi kihalási esemény után elveszítették repülési képességüket, és nagyon gyorsan változatosá váltak a kainozoikum elején.

(*Palaeontologia Electronica*, 2019. december)



## REPÜLŐ ŐSHÜLLŐ LIBANONBÓL

A Pterosauriák sikeres repülő őshüllők voltak, melyek a dinoszauruszokkal egyidejűleg éltek, körülbelül 210 millió éve jelentek meg és 65 millió éve haltak ki. *Michael Caldwell*, az *Albertai Egyetem* paleontológusa szerint a csoport jóval diverzebb volt, mint eddig gondolták



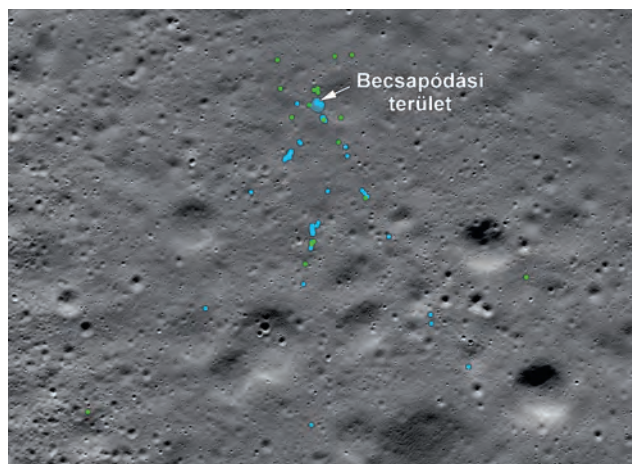
és valószínűleg nagyságrendekkel változatosabb, mint amit a kutatók valaha is képesek lesznek feltárni az ősmaradványanyag alapján. A paleontológusok most egy eddig ismeretlen, kiváló megtartású leltre bukkantak Libanonban a kréta időszak üledékeiben. A *Mimodactylus libanensis* a viszonylag kisebb méretű fajok közé tartozott 130 centiméteres szárnyfesztávolságával (a legnagyobbaknál ez elérhette a 10-12 métert). A csaknem teljes csontvázat, mely tartalmazza a koponyát és az alsó állkapcsot is, Hjoûla város közelében fedezték fel. Az őshüllő mintegy 95 millió évvel ezelőtt röpködött az Európát és Afrikát elválasztó Tethys-óceán sekélytengeri zátonyai és lagúnái fölött. A fogakkal rendelkező repülő hüllő valószínűleg rákokkal táplálkozott, melyeket úgy vadászott le az óceán felszíni vizeiből, mint ahogy a mai madarak közül az albatroszok és a fregattmadarak táplálkoznak repülés közben. A most leírt faj különbözik a többi afrikai és arab Pterosauriától, és meglepő módon a Kínából ismert *Haopterus gracilis* fajjal van a legközelebbi rokonságban.

(*Scientific Reports*, 2019. december)

## MEGTALÁLTÁK A BECSAPÓDOTT INDIAI HOLDSZONDÁT

A Vikram sikertelen landolása óta megtalálták a helyszínt, ahol a szonda Holdat ért, az LRO (Lunar Reconnaissance Orbiter) holdszonda nagy felbontású felvételein sikerült azonosítani a Hold déli sarkától 600 km távolságban. A Csandraján-2 keringő egységről szeptember elején különvált landoló egység szeptember 7-én kísérelte meg a leszállást, ám a fékező manőverekbe valami hiba csúszott, s ennek következtében a Vikram a felszínbe csapódott. Szeptember 17-én készült felvétel a területről, melyet 26-án hozott nyilvánosságra a NASA azzal a céllal, hogy bárki nekiláthasson összehasonlítani a terepet ábrázoló korábbi képekkel.

Végül egy űrkutatórajongó és érdeklődő indiai laikusnak, Sanmuga Szubramaniannak sikerült rábukkannia a szonda maradványaira egyetlen világos pixel formájában a felvételek tüzetes összehasonlításával. Eztán az LRO csapata is igazolta a maradványok megtalálását, majd további képeket készített az LRO az



első felvétel idején rossz megvilágításban lévő régióról október 14-15-én és november 11-én. Ezek alapján pontosan be lehetett határolni a becsapódási pontot is 70.8810° D, 22.7840° K koordinátákkal, 834 m magasságban. Az utolsó, novemberi felvétel kiváló (72 fokos) szögben érkező fénynél és 0,7 m felbontással készült. A darab, amelyet Sanmuga Szubramanian elsőként kiszúrta, 750 méterre északnyugatra fekszik a fő becsapódási ponttól, a novemberi felvétel azonban jól mutatja a becsapódási krátert, a törmelékek kiterjedt szórási mezőjét, s a felkavart regolitot. A három legnagyobb törmelék 2x2 pixeles, és 1 pixelnyi árnyék is látszik mellettük. A felvételen zöld pontok jelölik a törmelékdarabokat, kék pontok a felkavart regolitot, és S betű az indiai űr-rajongó által elsőként felfedezett darab helyét.

(*NASA*, 2019. december)

# Telefonok láthatatlan töltése

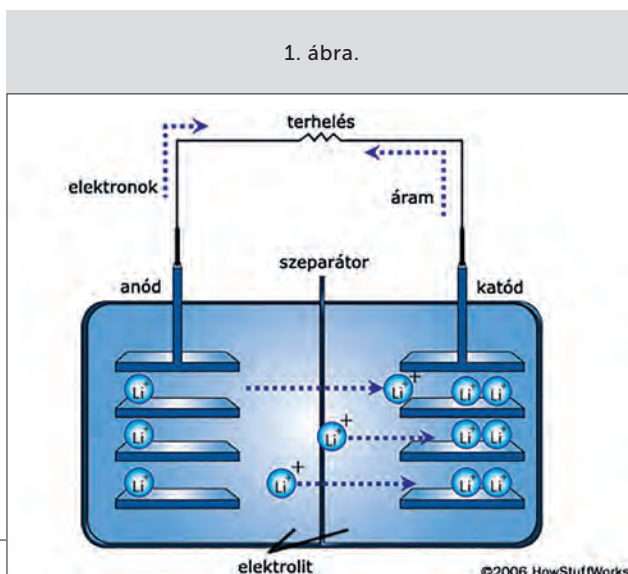
*“Fontos, hogy az emberek tisztában legyenek a természettudományok alapvető kérdéseivel, mert csak így hozhatnak megfontolt döntéseket a tudomány és a technika eredményeivel egyre jobban átszőtt világunkban.”*

*Stephen Hawking*

A vezeték nélküli energiaátadással először Nikola Tesla foglalkozott, aki 1891-ben bemutatta az első vezeték nélkül működő lámpát. Mondani sem kell, hogy ez már-már csodának számított akkoriban. Ennek ellenére a közönségnél aratott hatalmas sikere után ez a felfedezés hosszú időre feledésbe merült. Egy évszázaddal később újra felelevenítették, s eleinte olyan mindennapi háztartási eszközökbe építették be, mint például az elektromos fogkefe, az elektromos borotva és a vízforraló. 2011-re fejlődött odáig ez a technológia, hogy már az okostelefonok gyártásában is felhasználták.

Az energia tárolása a telefonokban akkumulátorok segítségével történik. Kisütéskor a kémiai energiából lesz villamos energia, míg töltéskor fordítva. Az akkumulátorokat más területeken is alkalmazzák, a legismertebb ezek közül az ólomakkumulátor, de mérete és szerkezete miatt telefonokban ez nem alkalmazható. A mostani modern telefonok energiaellátásának szerepét a lítiumionos akkumulátorok töltik be. Az **1. ábrán** láthatjuk egy olyan kivitelezését, mely ennek az akkumulátorcsaládnak a legfiatalabb generációjához tartozik. Nevét onnan kapta, hogy Li-ionok vándorolnak benne, töltéskor a negatív, szénalapú elektróda felé, kisüléskor pedig a pozitív Li fém-oxid elektróda felé. Az akkumulátor cellafeszültsége 4V, rendkívül előnyös, kis súllyal rendelkezik, és akár egyetlen cellával képes táplálni a legtöbb modern telefont.

1. ábra.

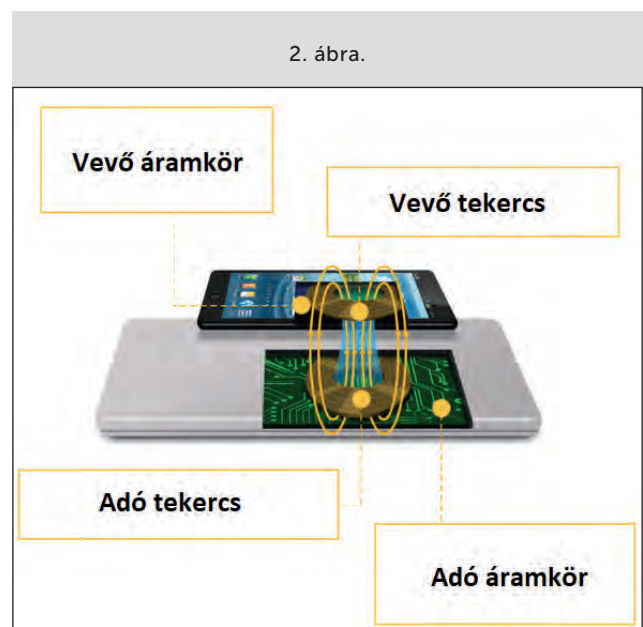


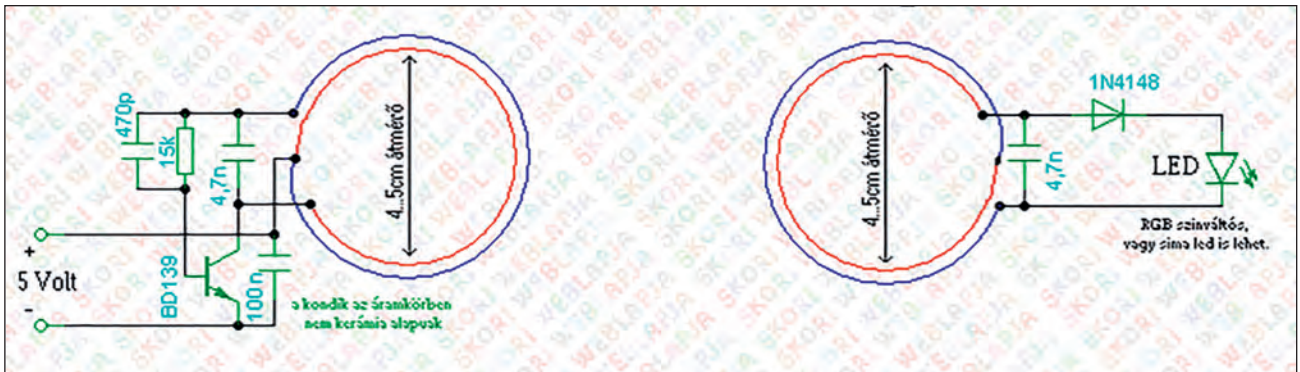
Hogyan is működik a vezeték nélküli töltés?

Az okostelefonok vezeték nélküli töltése nagyrészt a Qi (Wireless Power Consortium) csatlakozási szabvány szerint működik, amit a Nokia kezdeményezett 2008-ban. Ez garantálja az elektromos energiát kiadó és fogadó eszközök közötti együttműködést. Ezt alkalmazza a Microsoft, a Samsung, a Sony és a legtöbb nagy gyártó. A technológia még mindig fejlődik, hiszen mostanában terjesztették elő a Qi 1.2-es szabványt, ami még nincs is használatban.

Ezen belül a telefonok feltöltésére kétféle vezeték nélküli töltés létezik: a *standard indukciós*, és a *rezonáns indukciós* töltés. A standard indukciós töltés esetében

2. ábra.



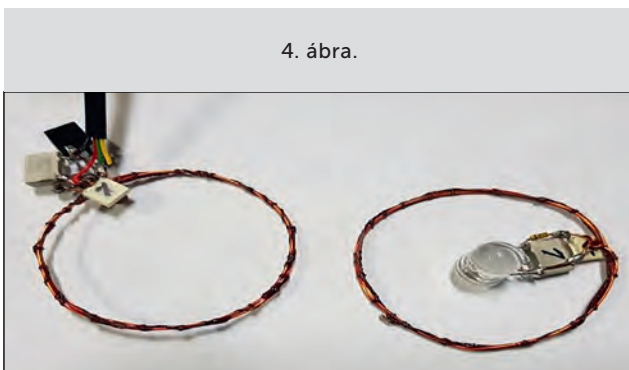


3. ábra.

az adó tekercs egy kis hatótávolságú mágneses teret hoz létre a vevő tekercs köré, és az elektromágneses indukció jelensége alapján képes az elektromos áram átadására, mint ahogyan azt a **2. ábra** szemlélteti. Az ilyen vevő tekercsokat építik be a gyárak a telefonok és más elektronikai cikkek akkumulátorába, hogy képesek legyenek az energia fogadására, ez által tölteni tudnak vezetékek nélkül. E típusnak a hatótávolsága mindössze 5 mm, tehát pontosan rá kell helyezni a készüléket az adó tekercsre, hogy töltsön. Ezt a technológiát alkalmazza a Qi szabvány. A Qi 1.2-es szabvány rezonáns indukciós töltést használ (ebben az esetben a gerjesztés frekvenciája a rezgésre kényszerített rendszer sajátfrekvenciájával megegyezik), a hatótávolság és a hatékonyság növelése érdekében. Így a hatótávolság elérheti akár az 5 cm-t is. Ehhez azonos frekvenciára hangolt tekercsekből készült rezonáns rezgőkörökre van szükség. A nagy *jósági tényezőjű* rezgőkörökben a periodikusan változó elektromos áram azonos frekvenciájú oszcilláló mágneses teret hoz létre, ezért az energia szinte veszteség nélkül továbbítható a vevő tekercsbe, ezáltal nagyobb hatásfokot biztosítva.

Hogyan tudnánk ezt gyakorlatban vizsgálni?

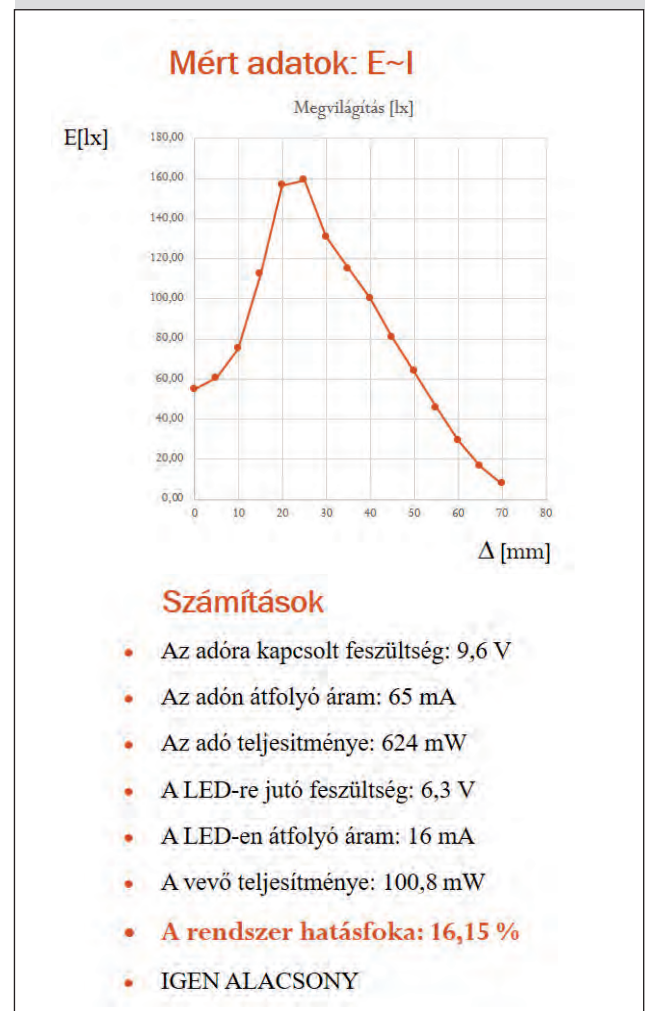
A jelenség tanulmányozására egy klasszikus *Skori* (rezonáns kapcsolóüzemű tápegység) vezeték nélküli LED-meghajtását választottuk, a **3. ábrán** megadott kapcsolási rajz szerint. Az általunk készített adó és



4. ábra.

vevő rezgőkörök a **4. ábrán** láthatók. Az adó rezgőkört egy átalakított 5V-os akkumulátortöltő látja el árammal, amit egy tranzisztor irányít, és így a rezgőkör váltakozó áramot generál, és elektromágneses hullámot bocsát ki. Ez a hullám a vevő tekercsben váltóáramot gerjeszt, amit a dióda egyenirányít, és így a LED világít. A kísérlet során a LED által egy felület megvilágítását mértük, a *LightMeter* telefonos alkalmazás

5. ábra.



A töltés típusa	Vezetékes töltés	Vezeték nélküli töltés
A töltés időtartama	120 min	180 min
A töltő kapocsfeszültsége	5,2 V	5V
A töltőn átfolyó áram/bemeneti áramerősség	2 A	2 A
A töltő teljesítménye	10,4 W	10 W
Az akkura jutó feszültség	4,09 V	4,02 V
Az akkun átfolyó áram	1,269 A	0,919 A
Az akku teljesítménye	5,19 W	2 W
A rendszer hatásfoka	49,9 %	20 %

6. ábra.

segítségével. Az alkalmazás a telefonban lévő fotocella felhasználásával képes a rájuk eső megvilágítást meghatározni, ami egyenesen arányos a LED által kibocsájtott fényerősséggel. Méréseinkhez változtattuk az adó és vevő rezgőkörök közötti távolságot, és az így kapott megvilágítás értékeit az **5. ábrán** megadott grafikonon tüntettük fel. Ebből jól látható, hogy a rezgőkörök optimális távolsága, ami a legnagyobb energiaátadást adja 2,2-2,5 cm közé esik. Ebben az esetben kiszámoltuk a rendszerünk hatásfokát is, ami elég alacsonynak bizonyult, mindössze 16,15%-os.

Melyik töltéstípust válasszuk?

A továbbiakban a telefonok vezetékes és vezeték nélküli töltési módjait hasonlítottuk össze, mindezt az AMPER APP alkalmazás segítségével hajtottuk végre. Ez az applikáció lehetőséget ad arra, hogy a telefon töltése közben olyan adatokat mérjünk, mint az áramerősség, a kapocsfeszültség, az akkumulátor hőmérséklete és az akku töltöttségi szintje. Ezeket az adatokat manuálisan rögzítettük, minden öt percen egy képernyőfotót készítettünk (**7. ábra**). Az adatokat egy táblázatban összesítettük, aminek alapján később összehasonlításokat tudunk végezni a különböző töltési formák között.

Eleinte különböző telefonok töltését is vizsgáltuk, de hamar rájöttünk, hogy ahány telefon, annyiféle töltés, a töltő áramerőssége valamint a töltéshez szükséges idő is eltér, ezért a továbbiakban egy adott készülék töltését vizsgáltuk mindkét töltési módszer esetében. Egy Samsung

Galaxy S8+, 3500 mAh-ás akkuval rendelkező telefont teszteltünk két héten keresztül. Mivel a kétféle töltési módszer hatásfokát akartuk összehasonlítani, elsősorban a töltő áramerősségét, az akkumulátor kapocsfeszültségeinek változásait, valamint az akkumulátor hőmérsékletét mértük meg. A fontosabb adatokat a hatásfok kiszámításához a **6. ábrán** megadott táblázatban tüntettük fel. A feszültséget mV-ban, az áramerősséget mA-ben mértük. A mérésekből adódó pontatlanság 0,2 százalékos. A töltés közben a telefon működik, tehát az energia egy része itt használódik el. A számításokból látszik, hogy

a vezeték nélküli töltés hatásfoka sokkal kisebb. Itt nemcsak az energiaszórás nagyobb, de amint látni fogjuk, az energia egy része hővé alakul, hiszen a töltés közben az akku hőmérséklete megnő, ahogy azt a **8. ábra** is mutatja. A grafikonból kivehető az is, hogy a vezeték nélküli töltés esetében melegszik fel jobban az akkumulátor. A **9. ábrán** a telefonakkumulátor kapocsfeszültségének változása látható mindkét töltéstípus során, az idő függvényében. Innen is leolvasható, hogy a vezetékes töltés bizonyult gyorsabbnak.

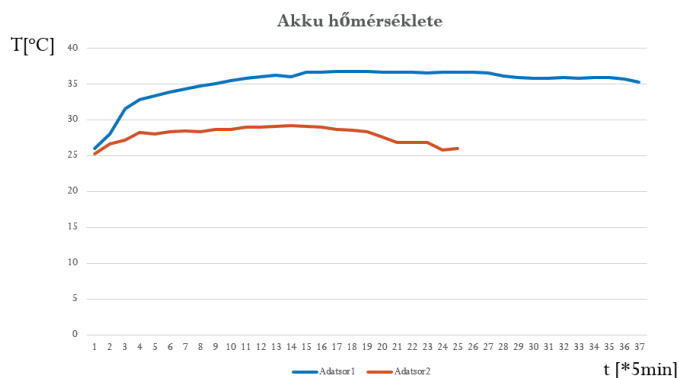
Annak ellenére, hogy a vezetékes töltés sokkal hatékonyabb, a vezeték nélküli töltés kényelmesebbnek bizonyul egyszerű használhatósága miatt, ami azonnali töltést biztosít. Egyszerűen csak rá kell tenni a Qi-kompatibilis készüléket a töltőpadra, nincs szükség kábelekre vagy csatlakozókra, és ha a készülék feltöltődött, a töltőpad magától kikapcsol.

Mennyire tájékozottak az emberek ebben a témában?

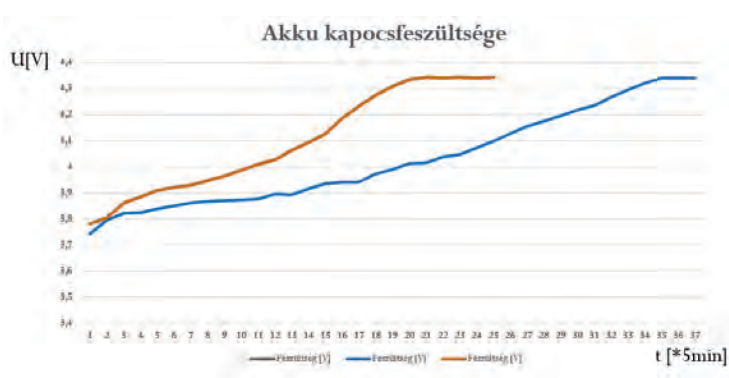
7. ábra.



Amikor szert tettünk egy vezeték nélküli töltéssel rendelkező okostelefonra, rögtön elgondolkodtunk, hogy hogyan is működhet ez. Meglepő volt, hogy környezetünk számára nem csak a technológia működése, de a létezése is egy rejtély. Bármikor beszéltünk erről ismerőseinkkel, mindig akadt köztük egy-két személy, akik nem tudtak a technológia létezéséről. Éppen ezért kezdtünk komolyabban foglalkozni ezzel a témával. Készítettünk egy kérdőívet, hogy felmérhessük a telefonok akkumulátora és a vezeték nélküli töltést övező információhiányt.



8. ábra.



9. ábra.

A kérdőívünket 65%-ban férfiak, 35%-ban pedig nők töltötték ki, nagyrészt 10 és 30 év közöttiek. Majdnem 99%-uk rendelkezett okostelefonnal, a telefonok operációs rendszere nagyrészt androidos, 70%-uk napi rendszerességgel tölti készülékét.

Különösen érdekes viszont, hogy válaszadóink mindössze 11%-a használja a vezeték nélküli töltést, további 11% pedig nem is hallott róla (10. ábra).

A telefonok akkumulátorára vonatkozó ismeretek bővítésére, látva az általunk használt letölthető alkalmazások hasznosságát, mi is létrehoztunk egy androidos alkalmazást, amit önerőből valósítottunk meg. Ez egy kvízzjátékból áll, ami már a *Google Play*-en is elérhető, *Láthatatlan töltés* néven (11. ábra). Ebben 10 kérdésre kell válaszolni a telefonok töltéseivel kapcsolatos kérdésekre, a játékos 3 élettel kezd, a válasz megadására 15 másodperc áll a rendelkezésére, és maximálisan 100 pont érhető el. A játékon kívül tartalmaz két internetes hivatkozást is, az egyik iskolánk tudományos weboldalához, a másik pedig a Facebook oldalához vezet.

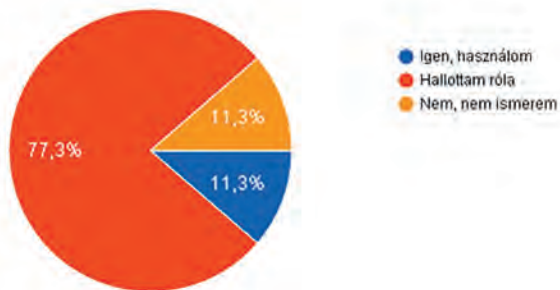
Mi lesz ezután?

Rengeteg felhasználását lehet elképzelni a közeljövőben, akár nappali asztalokba való beépítését, ahol a készüléket csak rá kell helyezni az asztalra és már töltődik is, akár autókba való hasonló beépítést a műszerfalba, de gondolhatunk korszakalkotó találmányokra is, hogyha ilyen technológiát építenének az autók motorháztetője alá és a stoplámpákhoz, tökéletes városi közlekedést biztosítana és ez a megoldás akár környezetkímélőbb is lehetne.

FERENCZ DÁNIEL – KILYÉN DÁVID

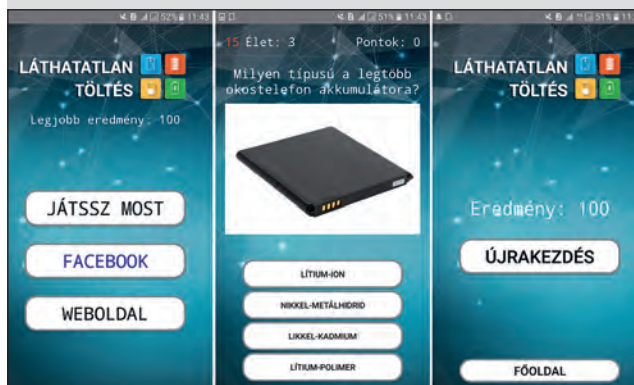
Ismeri a vezeték nélküli töltést?

150 válasz



10. ábra.

11. ábra.



IRODALOM

- [1] Abaffy Zsuzsa: Az akkumulátorok világa
- [2] Budó Ágoston: Elektromosságtan és mágnesesség
- [3] Marc Cundle: Vezetékmentes energiatovábbítás
- [4] <https://wcharge.eu/vezetek-nelkuli-toltes/>
- [5] [http://hvg.hu/tudomany/20151027\\_androidos\\_alkalmazasok\\_tarhely\\_akku](http://hvg.hu/tudomany/20151027_androidos_alkalmazasok_tarhely_akku)
- [6] <https://pcworld.hu/mobil/hogy-mukodik-a-vezetek-nelkuli-toltes-160578.html>

# Beszédes József emlékezete

A Duna közelében a minden oldalról vizekkel körülvett szerbiai Bezdánban születtem és itt végeztem alapfokú iskolai tanulmányaimat. Így talán nem meglepő, hogy a táj szeretete a Kárpát-medence vizeinek megismerése kapcsán a helyi értékek megismerésének irányába vitt: érdeklődésem felkeltette figyelmemet a történelmi Bács-Bodrog vármegyében – Magyarakanizsán – született Beszédes József vízépítő mérnök – korának megfelelő szóhasználatlal inzseller – pályáját illetően. Munkásságának feldolgozásához már 2017-ben – ekkor volt születésének 230. évfordulója – elkezdtem gyűjteni az anyagot, azonban csak most jutottam el odáig, hogy azt végső formába önthettem. Úgy gondolom, a kerek évfordulót követően is méltó emléket állíthatunk munkásságának.

Megragadtak többek között a saját korát megelőző tervei és ötletei. Fejében mindig ott volt a tudás, kezében-tollában a tehetség. Nagyra értékelem, hogy kezdeti szűkös anyagi körülményei ellenére sem adta fel álmait, reményeit, kitartott elszánt céljai mellett, és ezen túl más területeken is aktívan dolgozott. Mindig is érdekelt, hogy mi a neves emberek sikerének titka. Ezért gondoltam, hogy munkásságának áttekintésével összegzem a róla lelt adatokat, anyagokat. Munkámat először személyes életrajzával és szakmai pályafutásával kezdem, majd megpróbálom vázolni az utókorra kifejtett hatását. Szeretnék foglalkozni a róla készült ismertebb szobrokkal is – számuk több mint tíz – valamint más, Beszédes József nevét és munkásságát megörökítő elnevezésekkel. Meglátogattam dunaföldvári sírját is, ahol teste nyugszik.

## Személyes életrajz

Beszédes József 1787. február 12-én látott napvilágot a Magyar Királyság Bács-Bodrog vármegyében fekvő Magyarakanizsán, ahol a család hét fiúgyermeke közül harmadikként született. Valószínű, hogy születési dátumában a nap pontatlan. A tévesztést tanulmányában

Sárközy Imre, a híres vízépítés-történelmi kutatótól tette, aki a születési időpontot egy családtagtól, Beszédes Frigyes honvédezedestől kapta. A történet tehát az, hogy nem közvetlenül a forráskutatások alapján, hanem másodközlésből, vagyis a hozzátartozó emlékezete alapján állapították meg születési idejét. A korabeli magyarakanizsai anyakönyvben az 1787. február 13-a szerepel.

A családban csak nála fordul elő a kettős családi név: az előbb született testvérei Kiss néven szerepelnek az anyakönyvben, a később született testvérei pedig Beszédesként. A házassági anyakönyv alapján szülei, Kiss Mátyás és Fancsali Ilona 1783. január 8-án kötött házasságából viszont kiderül, hogy az eredeti családi név Kiss lehetett, a Beszédes pedig csak ragadványnév. Édesapja valóban bőbeszédű volt, talán ennek is köszönhető, hogy írástudatlansága és származása ellenére is a félig szerb (akkori szóhasználatlal rác) lakosságú község bírójának választotta. Igazságossága miatt ezt a tisztséget – szántóvető parasztember létére –

1. ábra. A magyarakanizsai Beszédes-emlékhely





2. ábra. A mérnök nevét viselő helyi általános iskola  
(Kossuth Lajos utca 17-23/a)

földművesként 11 éven keresztül élvezhette. Beszédes József vallásos neveltetést kapott, édesanyja harmadik fiát papnak szánta.

A tehetséges gyermek az írást, könyvolvasást és számvetést Kanizsán tanulta: 13 éves korában Szegedre került, ahol elvégezte az elemi iskola két legfelsőbb osztályát, majd algimnáziumba ment. Szűkös anyagi körülmények között élt, ezért a szegedi rajzoló iskolában kályhafűtőként, iskolaseprőként, favágóként és a városi szekerek felügyelőjeként szerzett pénzzel egészítette ki megélhetését. 1804-ben Temesváron tartózkodott, ahol sikerült neki a németet, mint idegen nyelvet elsajátítani és elvégezni az akkori középiskolák poétikai és szintaxista osztályát. Az algimnázium elvégzése után itt ment főgimnáziumba, ahol kispapnak állt be. Később bekerült az egri érseki papnevelő intézetbe, de időközben rájött, hogy nincsen papi elhivatottsága: az egyházi pályával és teológiai tanulmányaival ellentétben minden idegszála a természettudományokhoz kötődött. Ezért 1806. október 9-én saját kérelmére elengedték-felmentették, ami után Pestnek vette útját és beiratkozott a filozófiai karra. Új mérnökönként számított életében, mikor Sztatinyi Ferenc városbíró házához fogadta: megszűntek anyagi problémái, új nyelveket tanult. A fiatal mérnökhallgató neves tanárok kezei közé került. Nevelő volt a gróf Károlyi családnál is, majd szorgalmas tanulmányainak eredményeképpen 1811-ben megkapta a mérnöki diplomát is. Tehetségét mutatja, hogy 1819-ben már bölcsész doktorátussal rendelkezett.

Beszédes József szakmai munkásságát a Sárvízi Nádor Csatorna társulatnál kezdte. Az 1811-ben megalakult társulat akkori királyi biztosa báró Podmaniczky József Beszédest Szekszárdra rendelte. Az év végén kapta meg a gróf Eszterházy Károly-féle nagy uradalmak mérnöki állását. Beszédes nagy tapasztalatot szerzett a különféle vízimunkák tekintetében, miután a földesúri birtokok az ország felvidéki és dunántúli részein

terültek el. Ebben a minőségében Tolna, Komárom, Vas, Veszprém és Pozsony vármegyékben igen sok, ma is értékes és maradandó értékű munkát tervezett és végzett.

1814-1817-ben az élelmiszer ára az egekbe lépett és bő létszámú családját is el kellett tartania, ezért letette állhatatosan viselt sárvízi hivatalát, majd a galantai Eszterházy Károly gróf uradalmában vállalt mérnöki állást. A mérnök belátta, ill. úgy gondolta, hogy sokkal könnyebb és olcsóbb munka egy eredeti könyvet megírni, mint egy teljes mappát elkészíteni. Ezért is foglalkozott sokat a műszaki nyelvújítással.

Beszédes magánéletéről kétségkívül keveset tudunk. Élete végéig is büszkén szegény ember maradt. Egyes állítások szerint bevételeit is tanulmányaira fordította. Az 1840-es évek táján a reformkor példátlan vízmérnökének lelki világára nem voltak jó hatással kudarcba fulladt tervei, de erről szakmai pályafutásában alább részletesebben is írok.

1851 őszen a paksi közbirtokosság felhívására vizsgálta a dunai töltéseket és eközben súlyosan megfázott, majd 1852. február 29-én Dunaföldváron hunyt el, ott is temették el. Neje és 11 gyermeke hullatta őszinte könnyeit miatta.

„Ha voltak nagy magyarok, akik igen mélyről jöttek s igen magasra jutottak fel a szellem birodalmában – pedig szép számban voltak ilyenek – Beszédes közöttük is előkelőhelyet foglalt el.” – mondta róla Fodor Ferenc, a mérnök halálának századik évfordulója alkalmából tartott megemlékezésen.

#### Szakmai életút

A pesti egyetem Mérnöki Intézete diplomájának megszerzése előtt rajzoló mérnöknek a Sárvízi Vízszabályozási Királyi Bizottság alkalmazottja volt. 1813-ban megszerezte mérnöki oklevelét, s gróf Eszterházy Károly uradalmi mérnöke lett. Beszédes József csak vízépítési feladatokat vállalt el: így rövid idő alatt nagy gyakorlatra és tapasztalatra tett szert a különféle vízi munkák tekintetében.

3. ábra. A mérnök egykori dunaföldvári lakóháza és a rajta elhelyezett emléktábla (Kossuth Lajos utca 10.)







4. ábra. Az inzellér nevét viselő dunaföldvári híd részlete

A mérnök már csak azért is kiemelkedő szakmai életpályát tudhat maga mögött, mert más területeken is letette névjegyt: szépművészeti és filozófiai doktorátusa ezt jól igazolja. 1831-ben a Magyar Tudományos Akadémia levelező taggá, Arad vármegye pedig táblabírájává választotta meg.

Vízimérnökként 1819-ben ő lett a Sárvári Társaság igazgatója. Első nagy feladata a Sárvíz szabályozása volt: a vízfolyás mélyebben futó medre alkalmas volt a mocsarak lecsapolására, a Sárvízzel szinte párhuzamosan kialakított mesterséges csatorna pedig a külvizek levezetése mellett a vízimalmok működtetését biztosította. Ezzel a terület elmocsarasodását okozó régi malmokat eltávolították, majd újraépítették őket megfelelő helyen. Beszédes ezt *víz-félreszorításos* módszernek nevezte el, és a műszaki megoldás a gyakorlatban kitűnően bevált. Munkálatai országosan ismertté és elismertté tették. 1821-ben megalakult a Kaposvári Társulat. Balatonkilitin és Simontornyan lebontották a vízimalmokat, és helyettük a *félreszorító* csatornákon újakat helyeztek el. A Kapos és a Balaton vízszintjét leszállítva a part menti földbirtokosok jelentős lecsapolt és a továbbiakban szántóföldi növénytermesztésre alkalmas területet nyertek. Beszédes tervei alapján végzett munkálatok nyomán 1835-ig a Sió és a Kapos mentén rendeződött a helyzet.

Beszédes dolgozott a Tisza völgyében is: a Fehér-Körös mentén az 1830-as években malomcsatornát tervezett, amely hivatalosan 1840 novemberében került átadásra. A siker nagy volt, elismertségét és sikerét jelzi, hogy az Arad vármegyeiek kérték, hogy Beszédes kapjon nemességet. Ez ugyan elmaradt, de a mérnököt nem törte meg.

Sok meg nem valósult terve ellenére is kétségtelenül a reformkor egyik legkivalóbb mérnökeként tartjuk

számom. Legnagyobb — azonban meg nem valósult — álma az volt, hogy a Pest-Csongrádi hajózási csatornával a Dunát összekösse a Tiszával.

Hiába volt az ötletnek nagy támogatottsága számos jeles és neves ember körében (mások mellett gróf Széchényi István, báró Sina György, báró Vécsey Miklós) sajnos az elképzelés nem valósult meg. Pedig még az országgyűlés is 1840-ben megalkotta a Duna-Tisza csatornáról szóló törvénycikket. Beszédesnek volt még egy merészebb ötlete, egy sokkal nagyobb víziút-rendszer: a Kolozsvárt és Grazot összekötő kelet-nyugati csatorna tervezete. A Pest-Csongrádi csatorna ennek a csatornának lett volna része.

5. ábra. Beszédes József végső nyughelye Dunaföldváron (Belvárosi temető)





6. ábra. Beszédes József-díj

Jelentősnek mondható a mérnök szakírói tevékenysége is, saját művei önálló kiadványként vagy a Tudományos Gyűjtemény hasábjain jelentek meg. Egyes tanulmányai a mérnöki munka helyéről szakmai társulatokban – az Al-Duna szabályozásáról, valamint a mezőgazdasági mérnöki feladatokról – éles kritikákat váltottak ki. A bírálói között volt pl. Vásárhelyi Pál. Ő Beszédestől sokkal precízebb mérnöki megfogalmazást várt el, a tudomány matematikai alapjait kérte számon. Beszédes a terveit gyakran csak vázolta, de nem dolgozta ki teljesen. Ilyen volt, például amikor Beszédes Széchényivel együtt végrehajozott az Al-Dunán, és azt állította, hogy ha a Vaskapu-szorosban végrehajtanának mederbővítést, akkor a Duna árvizei jelentősen csökkennének. Egyes kortársak szerint az egész al-dunai kérdés valójában meghaladta Beszédes tapasztalatait.

Beszédes pályájának legaktívabb korszaka az 1820-1840 közötti évek voltak. Fő szakterületeinek az alábbiak bizonyultak: a magyarországi vizek szabályozásai,

7. ábra. Dunaföldvár központja is emléket állított a geodéziai felmérését gyakran végző vízmérnököknek



a nagyobb folyók csatornázása, a vízi utak kiépítése. Ő volt a komplex vízgazdálkodás egyik úttörője. Széchényi István 1846-ban Beszédestől kért szakvéleményt a Balaton vízszintjének leszállítása, valamint az ottani gőzhajózás lehetőségeinek kérdéseiben. A mérnök egyik alapelve az volt, hogy a nemzet gazdasági felemelkedése érdekében a vizek minél teljesebb körű hasznosítására kell törekedni. Az egyik híres mondása is igazolja ezt:

*„... házad udvarából ne ereszd ki az eső vagy hó levét, míg nem használtad: úgy határodból, vármegyédből, országodból használatlanul a vizet ki ne bocsássad, mert ez ingyen az Isten ajándéka”.* Nem volt megalégedve a mezőgazdaságra építő nemzetgazdaság vízrajzi viszonyaival. Szinte minden munkájában a mocsárlecsapolásokról, a vízi utak széleskörű kiépítéséről és a mesterséges csatornákra telepített vízimalmokról írt. Ezek mind az ország gazdasági fejlődését szolgálták volna.

Az 1840-es évek derekától inkább visszavonultan élt a dunaföldvári házában: nem publikált a szaklapokban, és az akkor aktuális Tisza-szabályozásról sem szólt. Megszűntek az addigi társulatok is, a későbbiekben a munkákat immár császári tisztviselők irányították. Beszédes életének legtermékenyebb évei a negyvenes évek elején voltak. 1830 táján kezdődött jelentősebb műszaki írói tevékenysége is, ekkor jelent meg legtöbb és legtartalmasabb értekezése.

Munkámban áttekintettem Beszédes József életrajzát, szakmai pályafutását, hatását az utókorra, valamint Beszédes József emlékeit a jelenben és a múltban. Bízom benne, hogy a munkámban leírtakkal sikerült is ez! Írásomban külön kitértem a saját korát megelőző terveire és ötleteire. Elődeink öröksége kötelez bennünket és reményeim szerint dolgozatommal hozzájárultam Beszédes József munkásságának jobb megismeréséhez és ismertebbé válásához. Munkásságának értékét mi sem bizonyítja jobban, mint a hazai vízgazdálkodási társulati mozgalom legmagasabb szakmai kitüntetéseként adományozásra kerülő Beszédes József-díj.

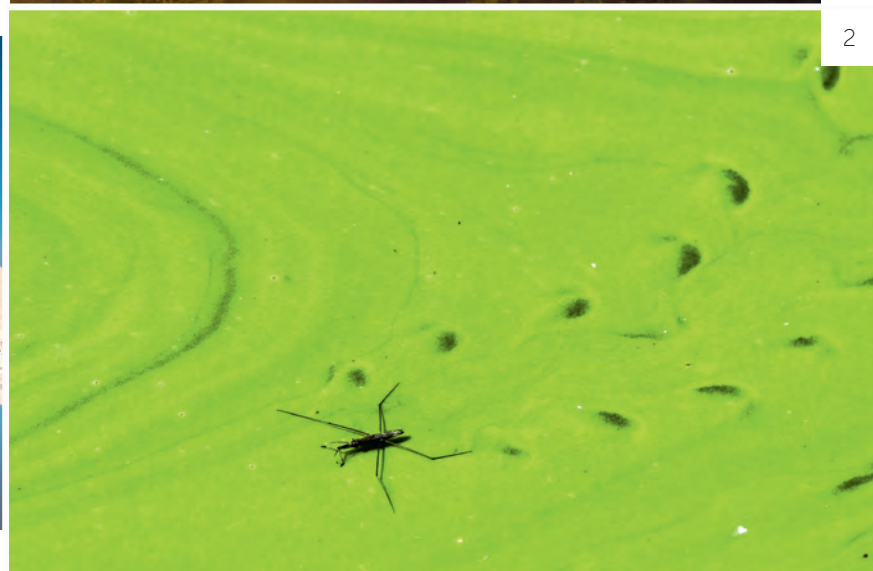
KAPITÁNY KRISZTOFER

#### IRODALOM

- [1] Beszédes József: Magyarországi hydrotechnikából próbául. Pest, 1831
- [2] Beszédes József: Vízi természeti törvény próbául. Pest, 1831
- [3] Fejér László: Beszédes József maga által leírt élete. Vízügyi Közlemények, Budapest, 1987. 4. füzet, 604-618. oldal
- [4] Fodor Ferenc: Beszédes József. In: Vízügyi Közlemények, Budapest, 1952. II. füzet, 159-178. oldal
- [5] Kenessey Béla: Beszédes József emlékezete. In: Vízügyi Közlemények, Budapest, 1933. 8-10. oldal
- [6] Kalapis Zoltán: Régi vízivilág a Bácskában és Bánátban. Újvidék, 1993. 27-34. oldal
- [7] Károlyi Zsigmond: A vízhasznosítás, vízépítés és vízgazdálkodás története Magyarországon. Budapest, 1960. 113-122. oldal
- [8] Pákh Albert (szerk.): Vasárnapi újság. Pest, 1866. 17. szám, 197-198. oldal



1



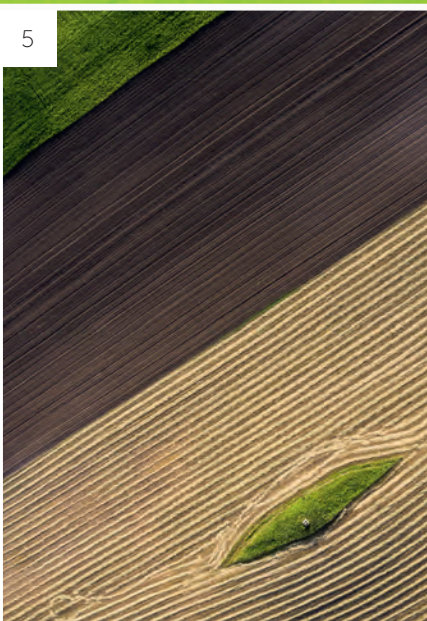
2



3



4



5



6



7



8

### Az Év Ifjú Természetfotósának képei (Koncz-Bisztricz Tamás felvételei)

1. Tiszaalpári templom
2. Molnárka lábnyom
3. Egy zselici éjszaka
4. Ketten

5. Szem
6. Hajnal Erdélyben
7. Szerelem
8. Fa és a tél



**ÖKOLOGIA**  
Az ökológia szerepe az európai ökoszisztéma-alapú halászati gazdálkodásban

- [Tovább](#)
- A háziyúk ivarszerv kialakulásának érdekességei — Tyúkok, tojások, ősejtek
  - Az ökológia szerepe az európai ökoszisztéma-alapú halászati gazdálkodásban
  - Mi történik a szén-dioxid a felszín alatt?
  - A fekete lyuktól a Déli sarkig — Kozmikus részecskegyorsító



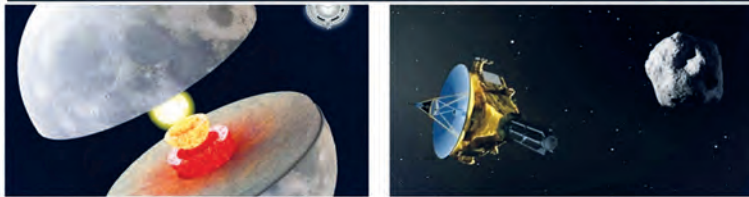
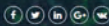
**ÁRPAKÉRDÉS**  
A háziyúk-ivarszerv kialakulásának érdekességei — Tyúkok, tojások, ősejtek

- [Tovább](#)
- A háziyúk-ivarszerv kialakulásának érdekességei — Tyúkok, tojások, ősejtek
  - Az ökológia szerepe az európai ökoszisztéma-alapú halászati gazdálkodásban
  - Mi történik a szén-dioxid a felszín alatt?
  - A fekete lyuktól a Déli sarkig — Kozmikus részecskegyorsító



**ELMÉLETI ADYVETÉSIKÉSI PROGRAM**  
Mít tehet a kutatás az idegrendszeri betegségek gyógyításáért?

„Nem szállítottad földre Dianát, Nem verted fák közül ki a drádot, Hogy koltozzon egy jobb csallagra át?” Edgar Allan Poe, „Szonett a Tudományhoz” című versében teljes joggal kéri számon a gyorsuló iramban fejlődő tudományon, hogy kifordítja sarkából az addig ismert világot és



LÁPSZÁM  
2019. január

ÚJÉVI RANDEVÜ — A New Horizons



FÖLDTÖRTÉNETI NYÖRGES  
A földtörténet úttörői

ÁRPAKÉRDÉS  
A háziyúk-ivarszerv kialakulásának érdekességei — Tyúkok, tojások, ősejtek



**ÁRPAKÉRDÉS**  
Mi történik a szén-dioxid a felszín alatt?

- A háziyúk ivarszerv kialakulásának érdekességei — Tyúkok, tojások, ősejtek
- Az ökológia szerepe az európai ökoszisztéma-alapú halászati gazdálkodásban
- Mi történik a szén-dioxid a felszín alatt?
- A fekete lyuktól a Déli sarkig — Kozmikus részecskegyorsító



**ÁRPAKÉRDÉS**  
A fekete lyuktól a Déli-sarkig — Kozmikus részecskegyorsító

- A háziyúk-ivarszerv kialakulásának érdekességei — Tyúkok, tojások, ősejtek
- Az ökológia szerepe az európai ökoszisztéma-alapú halászati gazdálkodásban
- Mi történik a szén-dioxid a felszín alatt?
- A fekete lyuktól a Déli-sarkig — Kozmikus részecskegyorsító



**Természet Világa**  
A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat lapja mint havonta megjelenő Természet Világa a természettudományos kultúrát terjesztő hazánkban, világban, elismerés, részesedő tudományon kívülről. Szakmai munkájának világjárásban a tudományterjedés kiegészítő információszolgáltatás, Szerep közeli egykoros és ma is megállítható a magyar természettudományos művelési ösztönző program. A lapot az országos közéleti és tudományos élet áll szándékotól és szakmai segítség. A lapot szerkesztő a természettudományok területén megmozgott egyetemes diplomák rendeltetés tudományok ügyszék.

**CÍMKÉK**

- BOLGÁRIA
- CSILLAGTUDÁS
- ÉDESI
- ÉNEKESLŐS
- FŐMAG
- FŐVIRÁG
- FÖLDTÖRTÉNELEM
- FÖLDTUDOMÁNYI RÉGŐS
- GENETIKA
- GENÉTIKA
- LAPISZ
- HELYI AKTIVITÁS PROGRAM
- ORVOSTUDOMÁNY
- TUDOMÁNYTÖRTÉNET
- ÖKOLOGIA

**ELÉRHETŐSÉGEINK**

Fő szerkesztő: Gábor Ákos  
Email: gazdako@termvil.hu  
Cik: 1080 Sándor u. 16.  
Telefon: +361 327 8960

**FACEBOOK**

Természet Világa  
#TermészetVilaga

Természet Világa, 1989-2019. © Minden jog fenntartva

[Főoldal](#) [Impressum](#) [Szerkesztőség](#) [Kapcsolat](#)

**nkA**  
Nemzeti Kulturális Alap

9 770040 1371316 20001