

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

154. évf. 2. sz.

2023. FEBRUÁR

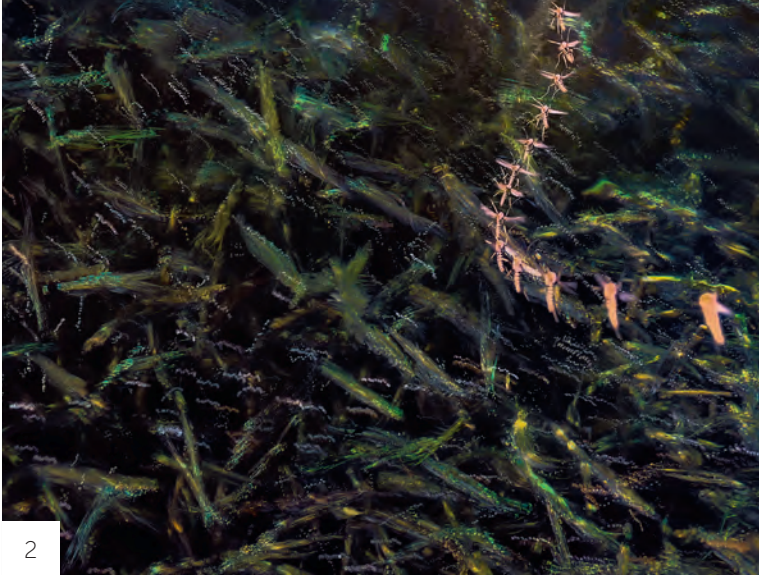
ÁRA: 1450 Ft

Előfizetőknek: 1350 Ft





1



2

Daróczi Csaba, a 2022-es Év Természetfotósának képei

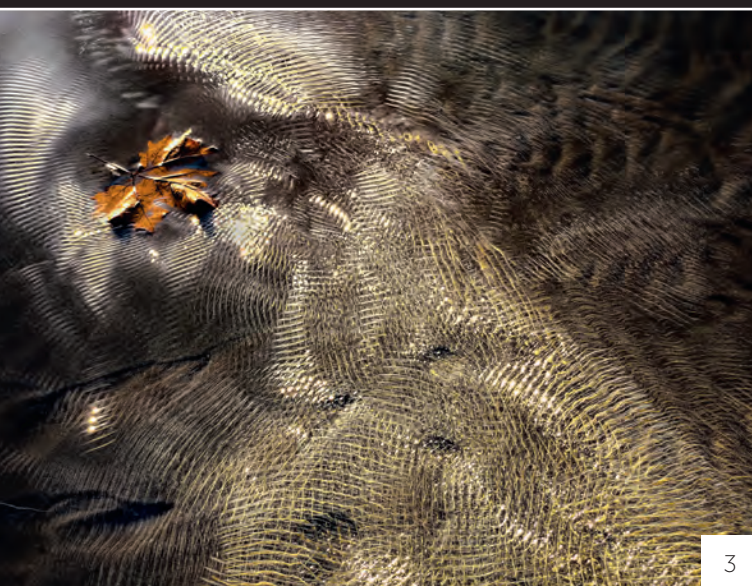
1, Csillagos (j)égbolt

2, A szünyog útja

3, Fényfolyó

4, Jövök már!

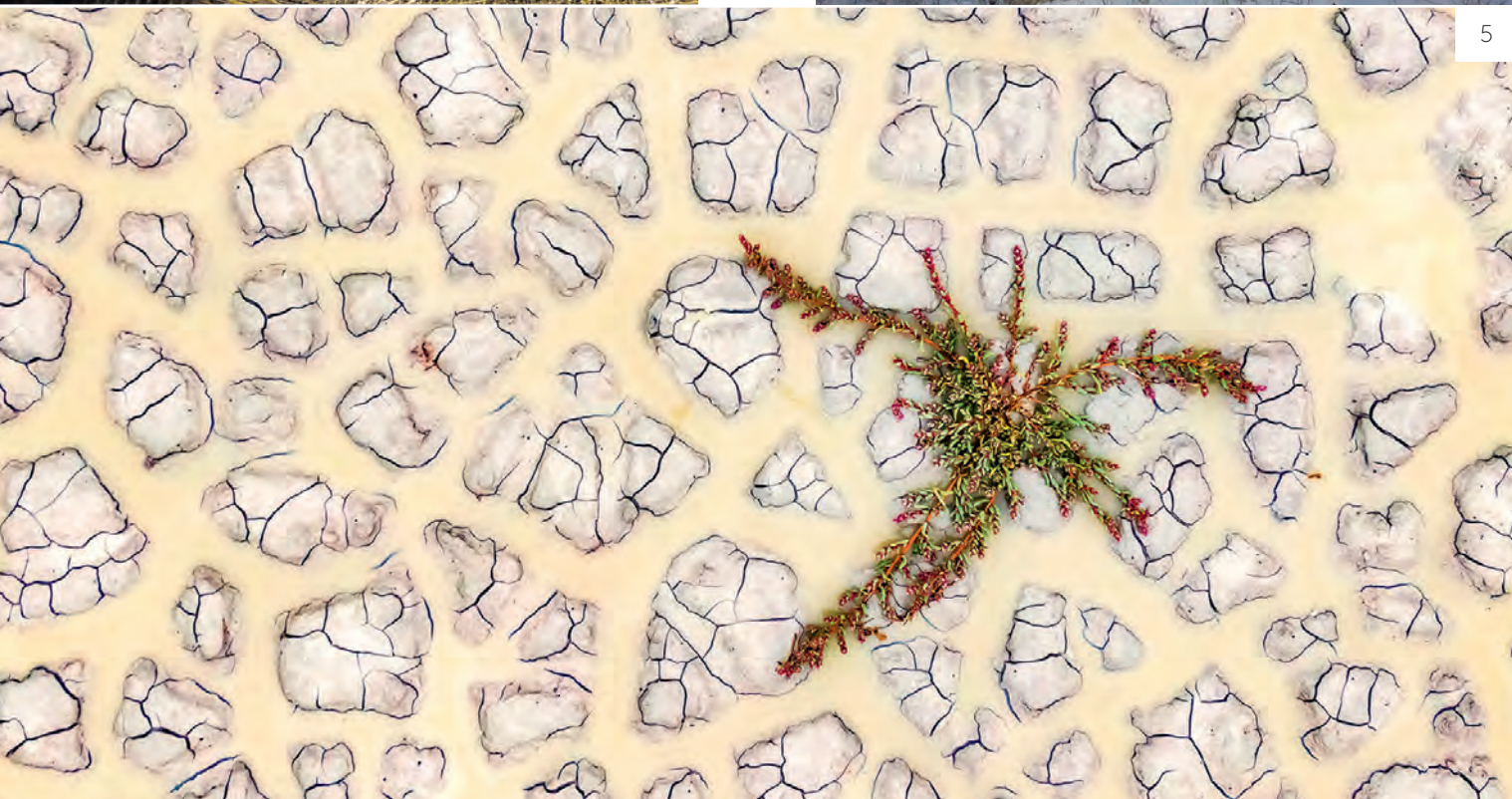
5, Sóballa



3



4



5



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben

SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
154. ÉVFOLYAMA

2023. 2. sz. Február
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS
MINISZTERIUM



EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKÉZELŐ

Megjelenik a Nemzeti Kulturális Alap,
a Kulturális és Innovációs Minisztérium,
az Emberi Erőforrás Támogatáskezelő
támogatásával.

Főszerkesztő: GÓZON ÁKOS

Szerkesztőség:
1088 Budapest, Bródy Sándor u. 16.
Telefon: 06-30-755-5691
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:
PAUKER Nyomda

Felelős vezető:
Vértes Dániel

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06-30-735-5631
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 8160 Ft, egy évre 16 200 Ft

KUTROVÁTZ GÁBOR: Egy csillagászati ábra kegyes föllentései –

Kopernikusz rajza a Naprendszeréről 50

SZENTPÉTERI LÁSZLÓ: Nevét viseli.....56

PATKÓS ANDRÁS: Kvantumállapotok összefonódása

és a megfigyelő szabad akarata – Nobel-díjas kérdések és válaszok59

JÁRAI ANTAL: Lakásunk fűtése és a kémia alaptörvényei –

Gőzgépek, gázgépek, örökmozgók 2. rész62

KOCSIS ERZSŐ: Hibafaelemzés – Módszerek a minőségbiztosításban67

TASINÉ CSÜCS ILDIKÓ: Rákosi volt az ok –

Miért emigrált Szent-Györgyi Albert? 73

TÓSZEGI ZSUZSANNA: Nem a fényképezőgép a lényeg, hanem aki

mögötte van – Interjú Daróczi Csabával, a 2022-es Év Természetfotósával 79

KÁRPÁTI LÁSZLÓ: Innováció és tanulás – Az oktatás új kerete? 83

HÉRINCS DÁVID: Enyhe, csapadékosabb évszak –

2022 őszének időjárása..... 85

ESSZÉPÁLYÁZATI FELHÍVÁS 89

CIKKPÁLYÁZATI FELHÍVÁS DOKTORANDUSZOK SZÁMÁRA90

FÖLDTUDOMÁNYI FIGYELŐ (Szoucsek Ádám) 91

FOLYÓIRATSZEMLE (Landy-Gyebnár Mónika) 94

Címlapképünk: A halak csillagképe, a 2022-es Év Természetfotója (**Daróczi Csaba** felvétele)

Borítólapunk második oldalán: A 2022-es Év Természetfotósának képei (**Daróczi Csaba** felvételei)

Borítólapunk harmadik oldalán: Illusztrációk az *Enyhe, csapadékosabb évszak* című cikkhez (**Hérincs Dávid** felvételei)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: **ABONYI IVÁN**, BACSÁRDI LÁSZLÓ, BOTH ELŐD, 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

Főszerkesztő-helyettes:

PÁSZTOR BALÁZS (pasztor.balazs@eletestudomany.hu)

Szerkesztők:

TEGZES MÁRIA (tegzes.maria@termvil.hu)

LŐRINCZ HENRIK (lorincz.henrik@termvil.hu)

NYERGES GYULA (nyerges.gyula@termvil.hu)

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

Tervezőszerkesztő: LÉVÁRT TAMÁS

Gazdasági ügyintéző: FARKAS VIKTÓRIA

Partnerkapcsolati ügyintéző: SZALAI ZSUZSANNA (info@termvil.hu; 06-30-755-5631)



KOPERNIKUSZ RAJZA A NAPRENDSZERRŐL

Egy csillagászati ábra kegyes föllentései

550 éve, 1473. február 19-én született a lengyel-porosz származású tudós, Kopernikusz (latin leírásban Nicolaus Copernicus), akinek napközéppontú elmélete forradalmasította a csillagászatot és döntő szerepet játszott a kora újkori természettudomány kialakulásában. Ebben az írásban azzal tisztelgünk az emléke előtt, hogy szemügyre vesszük azt a főművéhez készült ábrát, amely elsőként jeleníti meg az akkoriban ismert égitestek rendszerének Nap körüli elrendezését

Kopernikusz csillagászati munkásságát a halála évében, 1543-ban megjelent vaskos könyve, *Az égi pályák körforgásairól* (*De revolutionibus orbium coelestium*) összegzi. Ahogy az közismert, ez a mű szembeszáll az antik gyökerű európai hagyomány azon alapelvével, hogy az égitestek mindegyike a Föld körül kering, és ehelyett azt állítja, hogy a bolygók — köztük a Földdel — a Nap körül járnak körbe. A rendszer általános jellemzését — még a numerikus részleteket nélkülözve — a mű I. könyvének 10. fejezetében olvashatjuk. Ezt a leírást egy ábra kíséri. Ez az ábra egyedülálló abból a szempontból, hogy a mű mintegy 150 grafikus eleme közül (ebbe nem beleszámítva a fejezeteket indító cikornyás iniciálékat) ez az egyetlen, amely nem mértani diagram, azaz nem egy geometriai gondolatmenetet, szerkesztést vagy konfigurációt illusztrál, segédegyenesekkel és a pontokra hivatkozó betűjelölésekkel, hanem pusztán a szemléltetés céljából ábrázolni kíván egy valós objektumot: a világ felépítését.

Vizsgáljuk meg ezt az ábrát (**1. ábra**)! Annak érdekében, hogy Kopernikusz saját koncepcióját minél pontosabban megértsük, szerencsére lehetőségünk van a mű autográf, eredeti kéziratban fennmaradt példányát szemügyre venni. Ez kisebb-nagyobb eltéréseket mutat a nyomtatásban megjelent változathoz képest, ahogy azt részben látni is fogjuk.

Ez az ábra számos kérdést vethet fel a figyelmes szemlélő számára. Ha összevetjük a Naprendszer modernbb ábrázolásaival, akkor jelentős különbségeket fedezhetünk fel. Ezen eltéréseket persze részben az ismeretek hiányának tudhatjuk be: Kopernikusz — távcső híján — még nem tudhatott a szabadszemmel nem látható bolygók (Uránusz, Neptunusz), vagy akár a kisbolygók és törpebolygók létezéséről, mint ahogy az üstökösök természetéről és pályájáról is ismeretlen volt a korban. Akadnak azonban lényegesebb sajátosságok is, melyeket nem tulajdoníthatunk a hiányos információnak. Ha figyelembe vesszük Kopernikusz ismereteit és rendszerének részleteit, akkor kiderül, hogy mégsem tekinthetjük ezt a rajzot egy ártatlan, pusztán ábrázoló célú illusztrációnak, ugyanis több szempontból is csal. Ezek a csalások elleplezik a kopernikuszi hipotézis néhány olyan részletét vagy következményét, amelyeknek elfogadása különös nehézséget okozhatott a kortársak számára. Az alábbiakban kiemelünk négy ilyen problémát.

1. Az ábra szerint a bolygók pályakörei (avagy szférái) koncentrikusan helyezkednek el a Nap körül. Ez analóg azzal, ahogy a klasszikus természetfilozófiai hagyomány legnagyobb szaktekintélye, Arisztotelész (Kr. e. IV. sz.) képzelte el a Föld körüli bolygószférákat a knidoszi Eudoxosz (Kr. e. IV. sz.) csillagászati elmélete alapján. Csakhogy már

az antik csillagászok is szembesültek azzal, hogy ez az alapfeltevés nehezen összeegyeztethető a megfigyelt mozgásjelenségekkel.

Egyfelől, bár az egyes égitestek látszó mozgása valóban szabályos és egyenletes körmozgásnak tűnhet az óvatlan észlelő számára, ám a pontosabb megfigyelések ezt cáfolják. A Nap egy év alatt ugyan majdnem egyenletesen halad körbe az állatövi csillagképek hátterén, ám a sebessége kis mértékben változik ezen pálya mentén: télen gyorsabban halad, nyáron lassabban. A Hold havi mozgásával hasonló a helyzet. A bolygók pedig ugyanígy változtatják az átlagos körbehataladásuk ütemét, ám ehhez képest még egyfajta előre-hátra ingadozó mozgást is megvalósítanak. Bár ez utóbbi jelenséget a szféraelmélet is tudta kezelni azáltal, hogy az egyes bolygók mozgását több gömbhéj egyenként szabályos, ám összeadódó forgásainak eredőjeként értelmezte, ám a körbejárás átlagos ütemének változásairól nem tudott számot adni. Ez persze nem cáfolja végérvényesen a szféraelméletet, de szemléletileg mégis valószínűtlenné teszi, hogy az égitestek haladásáért egyenletes, geocentrikus körmozgások volnának felelősek. Másfelől, egyes bolygók esetén kitűnik, hogy azok számottevő mértékben változtatják a látszó fényességüket a pályájuk mentén. Ez arra utal, hogy a Földtől mért távolságuk nem állandó, ami ugyancsak nehezen értelmezhető a szféraelméletben, hiszen egy gömbhéj minden pontja azonos távolságra van a középponttól.

Mindezek miatt már az ókorban elterjedt egy alternatív hipotézis a jelenségek modellezésére, amely különböző középpontú (de egysíkbeli) körmozgások

1. ábra. Kopernikusz ábrája az égitestek rendszeréről
Az égi pályák körforgásairól című művének eredeti kéziratában (Forrás: Wikipedia)

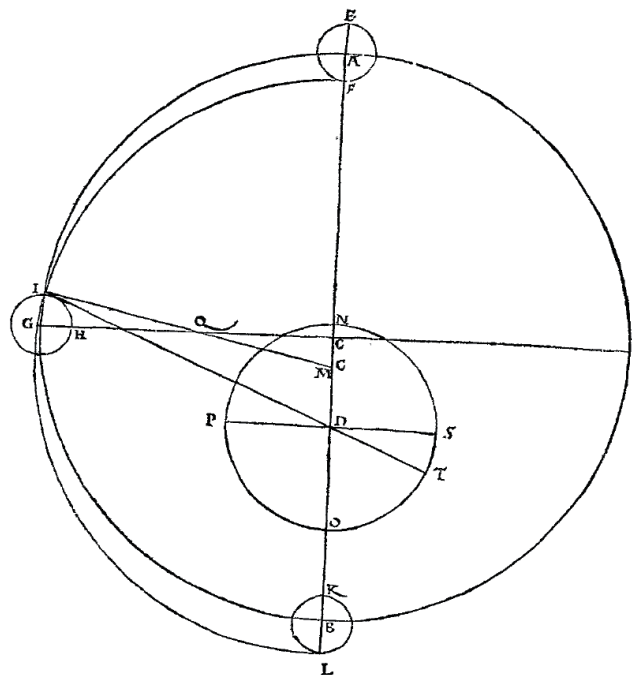
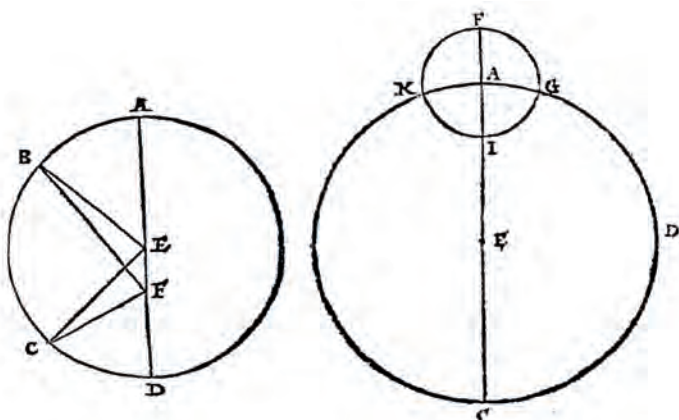


eredőjeként értelmezte a mozgásokat (2. ábra). Az egyik ilyen technika az excentrikus kör, avagy egy olyan egyenletes körmozgás, amelynek középpontja nem esik egybe a Föld középpontjával, csupán annak közelében található. A másik az epiciklus kör, amelynek centruma egyenletesen halad egy nála nagyobb, földközéppontú kör mentén, miközben a bolygó az epiciklus körön is körbejár. Mindkét eszköz biztosítja egyrészt azt, hogy az égitest Földtől mért távolsága változékony (összehangban a fényesség változásaival), másrészt pedig azt, hogy a központi szemlélő számára a látszó mozgások üteme ingadozik, még akkor is, ha valójában egyenletes körmozgások valósulnak meg.

Ezeket a technikákat, melyeket részletesen Ptolemaiosz (Kr. u. II. sz.) művéből, *A csillagászat nagymatematikai összefoglalásából* ismerünk, Kopernikusz is alkalmazta. Ugyanis ha feltenné, hogy a bolygók a Nap körül szabályos körpályákon keringenek egyenletesen — ahogy a vizsgált ábrája sugallja —, akkor a modellje sokkal pontatlanabb volna, mint Ptolemaioszé. A konkrét pályaszerkesztései valójában meglehetősen összetettek, és igen messze állnak a napközéppontú köröktől (3. ábra). Ahhoz, hogy kielégítően — vagyis az ókori riválisának elméletéhez hasonló pontossággal — le tudja írni a mozgásjelenségeket, összességében neki is körök tucatjaira volt szüksége. Kopernikusz elméletében tehát a valóság sokkal komplexebb annál, mint amit az ábrája sejtet. A sebességek és fényességek változásait majd Kepler fogja tudni egyszerűbben (és persze pontosabban) megmagyarázni, már amennyiben a változó ütemű elliptikus mozgások egyszerűbbnek tekinthetők a szabályos körforgások rendszereinél.

2. Az ábra szerint az egyes szférák keskenyek, és nagyjából egyenletes közönként követik egymást, mintegy egymásra simulva. Ez is összhangban van a geocentrikus szférák rendszerének ábrázolási konvenciójával,

2. ábra. Az excenter (bal) és az epiciklus (jobb) ábrázolása Kopernikusz főművének III/15. fejezetéből. Az excenter egy E középpontú kör, amelyen végbemenő egyenletes mozgást az F pontban (Föld) levő észlelő egyenetlennek látja. Az epiciklus egy kisebb, A középpontú kör, amelyen a bolygó egyenletesen halad, miközben A is kering E körül. Az ábrák a mű 85 recto és verso oldalain találhatók. (Forrás: <https://archive.org>)



3. ábra. Kopernikusz általános sémája a bolygómozgások modellezéséhez, a főműve V/4. fejezetéből (142 recto) (Forrás: <https://archive.org>)

hiszen Arisztotelész szerint a szférák között nem létezhet üresség, vákuum — híres példaként lásd Kopernikusz kortársa, Petrus Apianus (1495–1552) rajzát (4. ábra). Ám ez az ábrázolásmód két szempontból is kifogásolható.

Egyrészt nehezen összeegyeztethető a matematikai csillagászat uralkodó technikáival, az epiciklusokkal és az excenterekkel. Áthidaló megoldásként már maga Ptolemaiosz (a *Bolygóhipotézisek* című művében) vastagnak képzelte el a szférákat, hogy azok magukba foglalhassák az adott bolygó mozgását biztosító excentrikus kör és epiciklus egészét. Ezt a megoldást sokan elfogadták a későbbi hagyományban, például a ptolemaioszi elmélet legfontosabb reneszánszkori összefoglalását nyújtó Georg Peurbach (1423–1461) (5. ábra). Ennek következménye az is, hogy amint távolodunk a Földtől és egyre nagyobb sugarú szférákat tekintünk, úgy abszolút értékben egyre nagyobbra nőnek a hozzájuk tartozó segédkörök is, vagyis a szférák a középponttól „felfelé” haladva mind vastagabbá válnak — hiteltelenítve a szférarendszer szokásos ábrázolásai által sugallt, keskeny rétegeket feltételező koncepciót.

Ám ennél is fontosabb problémát jelent a szférák közti távolság. Kopernikusz szférái — vagyis azok a gömbhéjak, melyeken belül egy adott bolygó tartózkodhat a pályája mentén — ugyan jóval keskenyebbek, mint Ptolemaioszéi (ugyanis megszabadul a bolygók ide-oda bolyongását biztosító nagy epiciklusoktól), de biztosan nem simulnak egymásra, hiszen a bolygópályák között jókora hézagok vannak. Ez éppen a heliocentrikus elmélet legfontosabb előnyének következménye, ugyanis ha feltesszük, hogy egy sor mozgásjelenség valójában a Föld keringésének vetületeként következik be, akkor

ez alapján meg tudjuk határozni a bolygók Naptól mért sorrendjét és pályáik relatív nagyságát – szemben a föld-középpontú elmélettel, ahol ezekre a kérdésekre csupán légbőlkapott válaszokat adhatunk. A kopernikuszi Naprendszer méretarányos ábrázolása tehát egymástól távolra helyezi a pályaköröket – lásd például Johannes Kepler-nél (1571–1630) (6. ábra) –, nem pedig egymásra rétegezi. Ekkor viszont felmerül a szférák közti hatalmas hézagok okának és mibenlétének problémája, illetve a jórészt üres kozmosz rémképe, amely nem kezelhető a hagyományos kozmológiai keretek között. Kopernikusz ábrája nem jeleníti meg ezt az igen lényeges, noha nyugtalanító aspektust. (A távolságok problémáját részletesebben tárgyaltuk a 2021. szeptemberi lapszámban megjelent írásunkban: Kutrovátz Gábor – Vassányi Miklós: *Kepler útja a poliéderez hipotézishez – Tudománytörténeti háttér a szférák problémájához*. A jelen írás osztozik a korábbival néhány gondolatot és ábrán.)

3. Az ábráról hiányzik a Hold Föld körüli pályaköre. Az 5. szférához tartozó szöveg ugyan megemlíti, hogy a Föld a Holddal együtt kering, ám maga a grafika ezt nem teszi láthatóvá, és így nem kerül előtérbe egy jelentős probléma, a mozgásközpontok számának kérdése.

A geocentrikus elméletekben minden égitest a Föld körül kering, ugyanis a Föld (centruma) egybeesik a kozmosz középpontjával. Persze ahogy láthattuk, ezek a keringések sokszor összetettek, és megjelennek olyan további, geometriai középpontok (az excentrikus kör és az epiciklus centrumai), amelyek körül megvalósul egy-egy mozgáskomponens – ám ezek a középpontok csupán virtuálisak, nem rendelkeznek fizikai realitással, hiszen nem található bennük semmiféle test. (Sok szerző, aki kritizálta a ptolemaioszi elmélet technikáit, éppen ezen az alapon vetette el őket, vagyis hogy a pusztán matematikai, de fizikai tartalommal nem bíró mozgáscentrumok léte elfogadhatatlan.)

Kopernikusz elméletében minden mozgás a Nap körül valósul meg (eltekintve itt is a geometriai segédpontoktól), kivéve a Hold mozgását, amely viszont az eleve keringő Föld körül megy végbe. Így ez az elmélet nem olyan homogén a mozgások összességét tekintve, mint a geocentrikus, és ez fogalmi nehézségeket vet fel a középpont természetével kapcsolatban: ezek szerint létezik olyan, test által betöltött középpont is, amely mégsem a tényleges középpont, hanem csak másodlagos értelemben. A probléma súlyosságát jelzi, hogy amikor Kopernikusz egy korábbi, publikálásra nem szánt vázlatában (*Kis kommentár az égi mozgások hipotéziséhez*, 1510 körül) hét pontban összefoglalja a heliocentrikus kozmosz alapelveit, akkor legelső axiómaként leszögezi, hogy „az univerzumnak nincsen

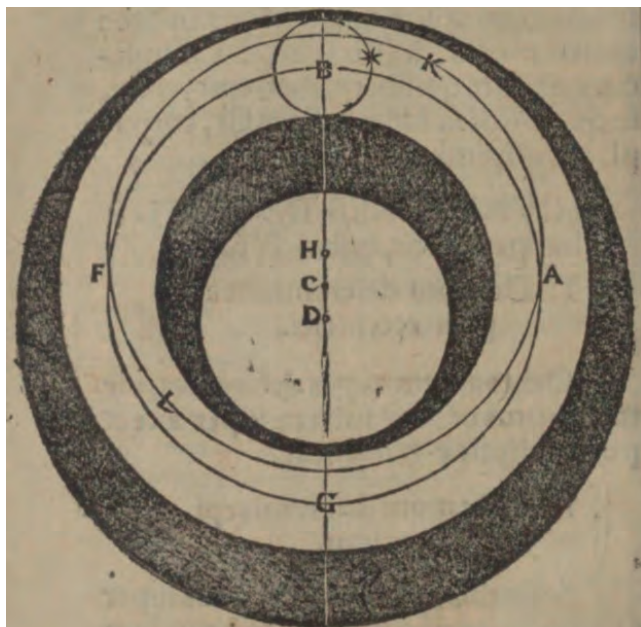
egyetlen középpontja”. Ez az alapelv teszi majd lehetővé a nagy észlelőcsillagász, Tycho Brahe (1546–1601) számára, hogy részben Kopernikuszra támaszkodva, de részben vele vitatkozva előterjessze azt az elméletét, amely szerint a bolygók a Nap körül keringenek, míg a Nap (és a Hold) eközben a központi és mozdulatlan Földet kerüli meg.

A középpont fogalmával kapcsolatos nehézségek mellett a Hold egyedi státusza azt is maga után vonja, hogy noha a Föld a bolygók egyike, ám mégis kitűnik közülük abból a szempontból, hogy kísértője van. Ez a kivételezettség egészen 1609-ig zavaró anomália marad, amikor is a frissen feltalált távcső segítségével többen is megállapítják, hogy a Jupiter is rendelkezik holddal, méghozzá nem is eggyel, hanem rögtön négyvel. Nem véletlen, hogy ezt a tényt a legkorábbi és legnagyobb hatású felismerője, Galileo Galilei (1564–1642) nyomós érvként használja fel a kopernikuszi elmélet mellett. A XVII. század második felében felfedezett öt Szaturnusz-hold pedig minden kétséget eloszlat: az univerzumban valóban több mozgásközpont is található, és a Föld egyáltalán nem egyedi a bolygók között amiatt, hogy hold kíséri.

Meg kell jegyezni, hogy Kopernikusz ábrájának eme hiányossága a publikálást előkészítő szerkesztőknek is szemet szúrt, olyannyira, hogy a nyomtatott változatban

4. ábra. Az arisztoteliai földközéppontú kozmosz ábrázolása Petrus Apianus *Cosmographia* című művében (1539)
(Forrás: <https://archive.org>)





5. ábra. Vastag szféra Georg Peurbach *Új bolygóelmélet* című művében (1454/1472). A szféra a fekete gyűrű, benne az excentrikus kört (ABFG) és az epiciklust (B körül) tartalmazó fehér régióval, melyet a bolygó bejárhat. (Forrás: <https://archive.org>)

már megjelenítették a Hold pályakörét (7. ábra) — feltehetőleg a szerző tudta és beleegyezése nélkül, hiszen a távol élő, idős és immár súlyosan beteg mester nem szólhatott bele a nürnbergi nyomdai folyamatokba.

Persze mondhatnánk azt, hogy a Hold pályaköre valójában elhanyagolhatóan kicsi a bolygópályákhoz képest, és így egy ilyen léptékű ábrán nem jeleníthető meg. Azonban ahogy láthattuk, a pályaméretek tekintetében ez az ábra sematikus, nem pedig méretarányos, így ez az ellenvetés nem állja meg a helyét. Emellett érdemes utalnunk a Naprendszer egy olyan ábrázolására, amely mintegy másfél évszázaddal később jelent meg Christiaan Huygens (1629–1695) *Cosmotheoros* című művében (1698): ez már valóságghűen ábrázolja mind a pályák relatív méreteit, mind azok enyhén torzult alakjait és elrendezését, ám a Jupiter és a Szaturnusz holdjainak rendszere itt is erősen felnagyítva jelenik meg, hogy a jelentőségének megfelelően helyet kaphasson az ábrán (8. ábra). Kopernikusz is ugyanígy feltűntethette volna a Holdat, ám ezzel elrontotta volna az ábra — és az általa sugallt kozmosz — egyszerűségét és szimmetriáját. A nyomtatott változat ezt a szimmetriát végül könyörtelenül keresztül húzta.

4. Az ábrázolt kozmosz legkülső rétege az állócsillagok szférája, amely rásimul a felső bolygó, a Szaturnusz szférájára. Mindez ismét csak összhangban van a hagyományos, geocentrikus felfogással, amely szerint a csillagok egy gömbhéjon helyezkednek el a (végesnek

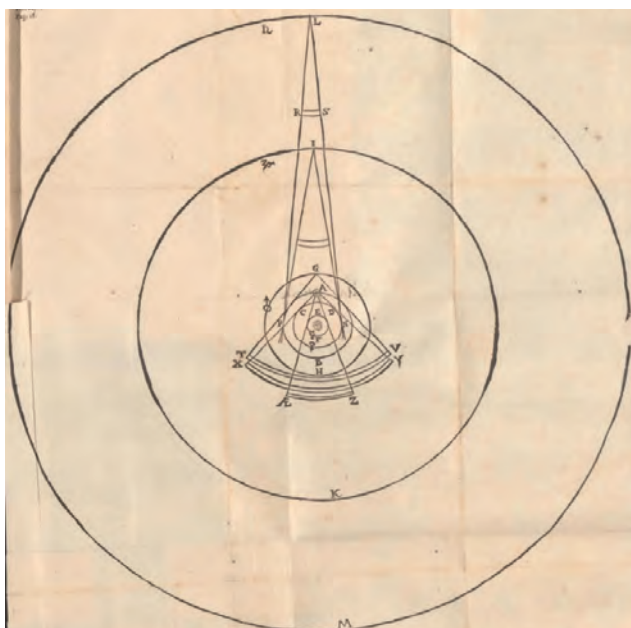
tekintett) kozmosz peremén, és ez a gömbhéj közvetlenül érintkezik a bolygószférák rendszerével, hogy ne lehessen közöttük felesleges üresség. Ennek átültetése a nap-középpontú univerzumra azonban több sebből is vérzik.

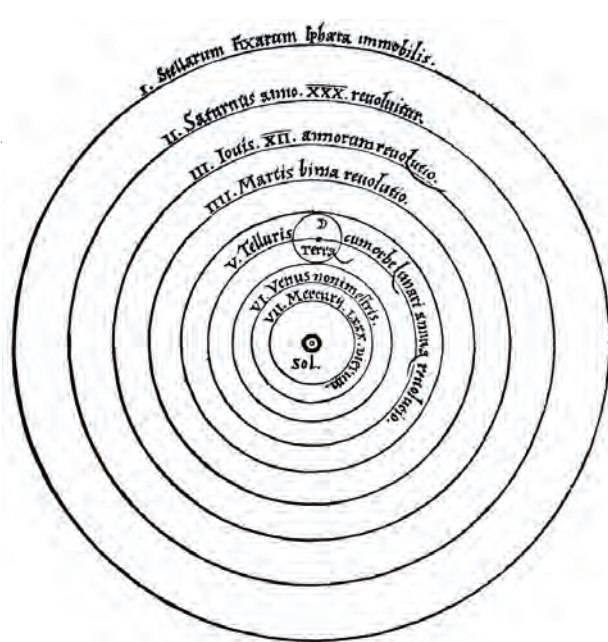
Egyfelől Kopernikusz rendszerében a csillagszféra feleslegessé válik. Ennek eredeti és legfőbb funkciója az volna, hogy felelős legyen a csillagos égbolt napi körülfordulásáért, hiszen a csillagok sokasága együtt tűnik körbejárni úgy, hogy relatív pozícióik állandóak maradnak, mintha csak egy nagy, forgó gömbön rögzülnének. Ám Kopernikusz szerint ez a mozgás csak látszólagos, a Föld tengely körüli forgásának eredménye, míg valójában a csillagok mozdulatlanok. Ekkor tehát nincs szükség egy gömbre, hogy szállítsa a csillagokat, és nem is tekinthetjük felelősnek ezt a gömböt azért — miként Arisztotelész tette —, hogy annak forgásából származna az alsóbb szférák mozgása is. Tegyük hozzá, hogy műve I. könyvének 8. fejezetében Kopernikusz röviden felveti a kérdést, hogy nem gondolhatjuk-e az univerzumot végtelennek (a csillagszféra feleslegessége miatt), ám ennek eldöntését inkább a természetfilozófusokra bízta, és az egyéb vonatkozó szöveghelyeken a csillagszférát reális entitásként kezeli.

Emiatt persze nem érdemes elmarasztalni: éppen eléggé forradalmi és nehezen emészthető volt az elmélete önmagában is, és ha mindezt megfajlítja a végtelen univerzum többnyire igen népszerűtlen eszméjével (melynek ókori változatait az arisztotelianus tudósok hevesen kritizálták), akkor az tovább nehezítette volna nézeteinek elfogadását. A csillagszféra „feloszlátásának” feladata olyan követőire maradt, mintegy fél évszázaddal később, mint az olasz Giordano Bruno (1548–1600) vagy az angol Thomas Digges (c. 1546–1595), akik egyaránt állították, hogy a csillagok végtelen térben vannak

6. ábra. Kepler ábrája a kopernikuszi rendszerről, a *Kozmográfiai értekezések előfutára* című művének (1596) 1. fejezetéből.

A bejelölt ívek a bolygók éves parallaxisait szemléltetik. (Forrás: <https://archive.org>)





7. ábra. Kopernikusz kozmoszábrázolásának nyomtatott változata, a főműve első kiadásának I/10. fejezetéből (9 verso) (Forrás: Wikipedia)

elszórva (az utóbbihoz: 9. ábra). Ám a XVII. század második feléig kellett várni ahhoz, hogy ez a vízió általánosan elfogadottá váljon.

Ám a súlyosabb probléma itt az, hogy még ha fel is tételezzük Kopernikusszal egy, a teret lezáró csillagszféra létezését, annak beláthatatlanul messze kell lennie a Naptól a bolygókhoz képest. Hiszen míg a bolygók esetén tapasztalható az a látszólagos, éves periódusú ingadozás, amely valójában a Föld keringéséből – tehát a megfigyelő perspektívájának változásából – következik, addig a csillagoknál nem mutatható ki (ekkor még) az ún. éves parallaxis. Ezt Kopernikusz kénytelen annak betudni, hogy a csillagszféra mérhetetlenül távol van, és ez a feltételezés megint csak súlyos problémákat vet fel a hagyományos kozmológiai gondolkodás számára. De ezzel a nehézséggel csak azoknak kell szembesülni, akik jól értik a kopernikuszi rendszer részleteit és következményeit, hiszen a vizsgált ábrán ez sem látható. (Az éves parallaxis problémáját részletesen vizsgálja a 2022. decemberi lapszámban megjelent írásunk: Kutrovácz Gábor: *A csillagok geometriai távolságmérésének története – Az éves parallaxis nyomában.*)

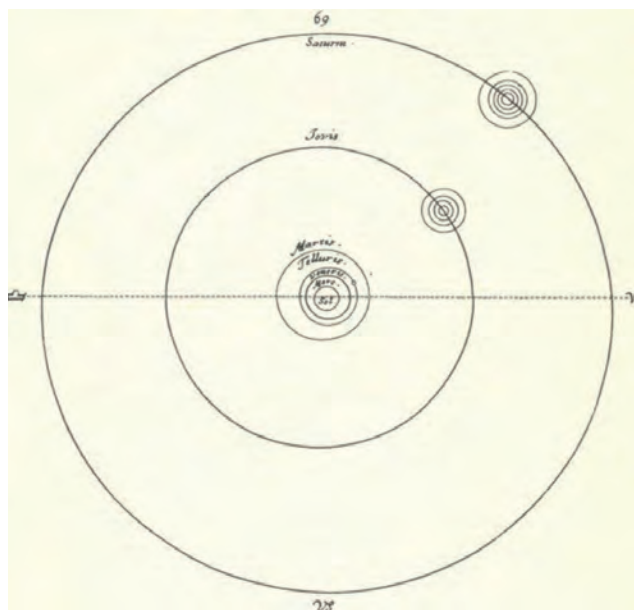
A fenti megfontolások természetesen nem arra szolgálnak, hogy elmarasztaljuk Kopernikust. Határozottan nem gondoljuk, hogy az ábra felsorolt „füllentései” intellektuális tisztességtelenségéből fakadnak. Kétségtelen, hogy némileg irreális elvárásokat kérünk rajta számon akkor, ha az ábra trükkjeit kifogásoljuk, hiszen több szempontból sem várhatjuk, hogy valóságghú és méretarányos ábrázolásra törekedett volna. Egyrészt a kozmológiai ábrák hagyománya nem ezt célozta: sematikus illusztrációk voltak ezek a testek elrendezésének megjelenítésére, ugyanis egyáltalán nem magától értetődő, hogy a kozmosz szerkezete egy-az-egyben

leképezhető volna vizuálisan, mint ahogy az sem, hogy az előrejelzést szolgáló geometriai modellek megfelelnek a mennyek valóságos felépítésének. Ráadásul ha megpróbálnánk megjeleníteni a kopernikuszi rendszer minden vonatkozó részletét, akkor – ahogy az a fenti-ekből világos – egy áttekinthetetlenül bonyolult ábrát kapnánk, amely nem érné el a célját, azaz nem lenne képes szemléltetni a tárgyát. És tegyük hozzá, hogy a műeme pontján, a technikai részletek ismertetése előtt indokolatlan is volna törekedni a túlzott precizitásra.

Ugyanakkor kétségtelen, hogy az ábrában alkalmazott idealizációk nemcsak praktikus szempontból kényelmesek, hanem elméleti szinten is. Ha a körök nem koncentrikusak volnának, megszűnne az az egyszerűség és elegancia, amely szemléletes érvként szolgálhat a heliocentrikus rendszer mellett. Ha az ábrázolt szférák relatív méretei visszaadnák a bolygópályák valós arányait, egy kiüresedett világegyetemmel kellene szembenézni az olvasónak. Ha megjelenne a Hold pályája – mint ahogy a publikált változatban történt –, akkor felborulna az égitestek homogén és egységes rendszere. A gyakorlatilag végtelen messzi csillagszférára képzelet pedig igencsak nyugtalanító – még szerencse, hogy ezt a rajzon meg sem lehetne jeleníteni, csupán utalni lehetne rá.

Talán tekinthetünk erre az ábrára úgy, mint egy vizuális retorikai eszközre: a benne foglalt kegyes füllentések részben azt a célt szolgálják – a gyakorlati szempontokon túl –, hogy a világegyetem felépítésének kvalitatív leírásánál egy szépen lekerekített, elegáns és tetszetős alternatívát jelenítsenek meg a földközéppontú

8. ábra. Christiaan Huygens ábrája a Naprendszeréről, a *Cosmotheoros* című művéből (1698) (Forrás: <https://archive.org>)





9. ábra. Thomas Digges ábrája a kopernikuszi rendszerről, Az égi pályák tökéletes leírása című művéből (1576). Az első olyan ábra, ahol a csillagok sokasága nem szférán rögzül, hanem térben kiterjed, a kísérőszöveg szerint a végtelenbe. (Forrás: <https://archive.org>)

kozmológiával szemben, amelynek csillagászati alkalmazását köztudottan terhelték a nehezen értelmezhető és elfogadható technikai részletek. Hiszen ha a világegyetem olyan egyszerűen és frappánsan ábrázolható – gondolhatja Kopernikusz olvasója –, mint ahogy a szerző teszi, akkor nyilván érdemes elgondolkodni azon, hogy vajon melyik nézet a helyes. Már maga az ábra is valamennyire meggyőzheti, kedvezően hangolhatja az olvasót, aki ráér megismerkedni a részletekben megbúvó ördögökkel akkor, ha mélyebben elmerül a hipotézis megértésében.

Ám az itt szőnyeg alá söpört problémák igencsak súlyosak: nem csoda, hogy a heliocentrikus modell olyan lassan és oly sok vita árán került elfogadásra, hiszen a kortársaknak és a következő nemzedékeknek empirikus bizonyíték híján kellett döntenie a föld- és a napközéppontú elképzelések között. Mire megszülettek az első bizonyítékok (például a Föld lapult alakja és az ejtési kísérletek a forgásra, az aberráció és a csillagparallaxis a keringésre – mindez a XVIII-XIX. században), addigra már a heliocentrikus elmélet került ki győztesen, még ha nem is az eredeti formájában. Ebben persze vajmi kevés szerepet játszott ez az ábra. Abban viszont lehetett némi szerepe, hogy a kezdeti olvasók egy része ne azonnal vesse el Kopernikusz hipotézisét mint abszurd nézetet, hanem komolyabban is elgondolkodjon róla.

KUTROVÁTZ GÁBOR

Nyitóképen: Nikolausz Kopernikusz emlékműve Lengyelországban (Torun)

KOPERNIKUSZA NAPRENDSZERBEN

Nevét viseli...

Kopernikusz munkásságának jelentőségét ismerve, semmi meglepő nincs abban, hogy a csillagász nevét mars- és holdkráter, illetve kisbolygó is viseli.

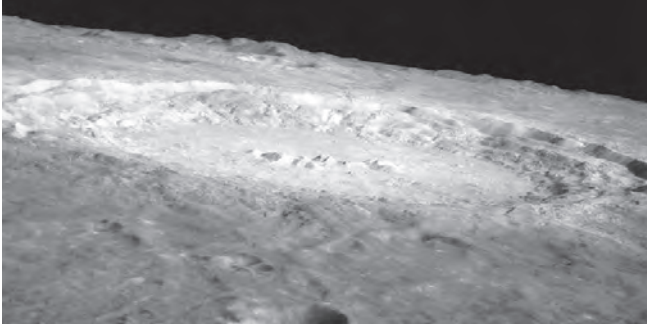
A Hold Copernicus-krátere egy amatőr és hivatásos csillagászok által nagyon jól ismert objektum az Oceanus Procellarumban, azaz a Viharok Óceánjában, a holdi 9,62 É és 20,08 Ny koordinátán. Már egy kisebb távcsővel is könnyen megfigyelhető, és ha öt csillaggal lehetne osztályozni a holdi krátereket különböző kategóriákban, akkor több 4-est (vagy négy és felet) is begyűjtene. Nagyon fényes, hisz a rá eső napfény 16%-át visszaveri, de az Aristarchus fényesebb. Nagy, de vannak nála nagyobbak. Fiatal kráter, de a Tycho pár száz millió évvel fiatalabb. Összességében azonban a sok 4-es azt jelenti, hogy „jó tanuló”, érdemes távcsővel felkeresni. Aki így tesz, egy gyönyörű, fényes, fiatal krátert láthat, melyből sugarasan kinyúló karok rajzolják ki a kidobódott anyagot közel 400 km-es sugarú körben. Ezen belül a kráter egy 93 km átmérőjű, és 3760 m legnagyobb mélységű objektum, melyben egy (több kisebb elemből álló) központi csúcs található, közel 1200 m-es magassággal.

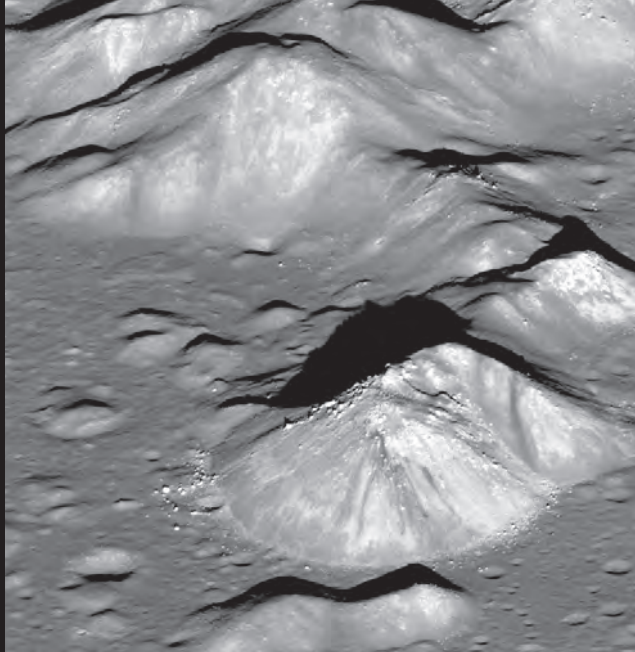
A Copernicus-krátert hívták „Carthusia”-nak (Pierre Gassendi a Chartreuse Mountains után), „IV. Spanyol Fülöp”-nek (Michael van Langren 1645-ben a spanyol király után), illetve „Etna M.”-nek (Johannes Hevelius az Etna vulkán után). A kráter mai nevét Giovanni Riccioli-tól kapta a XVII. század közepén.

A földlakók közül eddig Charles P. Conrad és Alan L. Bean – az Apollo 12 asztronautái – jutottak hozzá a legközelebb, amikor Intrepid nevű holdkompjukkal 1969. november 19-én az egyik délnyugati irányba kinyúló anyagkidobási „sugarán” landoltak. A két űrhajós mintákat gyűjtött a mare bazaltból is, és a kráterből kidobott (világosabb) anyagból is.

A Copernicus-kráter annyira izgatta a geológusokat, hogy sikerült meggyőzniük a NASA-t, hogy az utolsóinak tervezett Holdraszállás (Apollo 20) vagy a Tycho-, vagy a Copernicus-kráter belsőjében történjen.

Ezt a fotót az Apollo 12 űrhajó utasai készítették a Hold körüli pályáról (NASA)





A Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) közelképe feltárja, hogy a Copernicus-holdkráter központi csúcsa mennyire tagolt rendszer. A kislátószögű kamera által készített felvétel szélessége mintegy 8 km, az előtérben látható csúcs magassága közel 700 méter. Az LRO 2009 nyarán kezdett a Hold körül keringeni. (NASA fotó)

Egy ideig a Tycho volt a jelölt, de 1969. július 28-án változott a helyzet, és a leszállási hely neve Copernicus-kráterre változott. A leszállást 1972. decemberében tervezték, a legénység parancsnoka Stuart Roosa vagy Edgar Mitchell, a holdkomp pilótája Jack R. Lousma vagy Don L. Lind, míg a parancsnoki modul pilótája Paul J. Weitz vagy Jack R. Lousma lehettek volna. A terv végülis terv maradt, hisz 1970. szeptember 2-án törölték az Apollo 18, 19 és 20 repüléseket...

A Mars déli féltékéjén, a 48,84 déli szélesség és a 191,17 keleti hosszúság metszéspontjában található a lengyel csillagászról (1973-ban) elnevezett, mintegy 300 km átmérőjű (fél magyarországnyi) Copernicus-kráter. A szakemberek azt gondolják, hogy ez egy 3 milliárd éve keletkezett becsapódási kráter. Ugyanakkor jelenlegi alakja és környezete azt sugallja, hogy valamikor benne

A Hold Copernicus-krátéré az amerikai Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO) nagylátószögű kamerájának felvételén. A képkocka 1540 x 150 km méretű. Az LRO 2009 nyarán kezdett a Hold körül keringeni. (NASA fotó)



folyékony halmazállapotú víz volt jelen. A vörös bolygó körül keringő űrszondák megfigyelték a fagyott szén-dioxid időről-időre történő megjelenését a kráterben. A jelenség az évszakok változásával függ össze. Mars körüli pályáról sikerült megörökíteni a porördögök (dust devils) által a kráter poros felszínén létrehozott karcolásokat, melyek tulajdonképpen az eltakarított por alól előbukkanó alsó, sötétebb anyag megjelenései.

1934. június 15-e éjszakáján Karl Reinmuth német csillagász, majd — kicsit később, de még ugyanazon az éjszakán — Eugene Delporte belga csillagász is felfedezett az égen egy kisméretű objektumot. Az égitestnek



A Mars körül keringő amerikai Mars Odyssey űrszonda THEMIS infravörös képalkotó rendszerének felvétele a kráterről. A kép szélessége 500 km. (Fotó: NASA/JMARS)

az 1934 LA jelzést adták, és jó két évtizedig csak így emlegették. Végül a *The Names of the Minor Planets* című katalógusban (1955-ben) már mint 1322 Copernicus kisbolygó jelent meg.

Az S-típusú kőzetaszteroida a Napot 1377 nap alatt kerüli meg egy olyan elliptikus pályán, melynek fél nagytengelye 2,42 CSE, excentricitása 0,23 és az Ekliptikával bezárt szöge 23 fok. 1991-ben a lengyel Wiesław Wiśniewski közölte azt a fénygörbét, melyből sikerült meghatározni forgási periódusát. Eszerint az 1322 Copernicus 3,967 óra alatt fordul meg saját tengelye körül, miközben fényessége 0,22 magnitúdót változik. Ezeket a méréseket 2006-ban az olasz Federico Manzini pontosabb fotometriai méréseivel 5,37 órára módosította. A japán Akari és az amerikai NEOWISE űrtávcsövekkel 9,8-10,7 km közötti átmérő adódott.

SZENTPÉTERI LÁSZLÓ

NOBEL-DÍJAS KÉRDÉSEK ÉS VÁLASZOK

Kvantumállapotok összefonódása és a megfigyelő szabad akarata

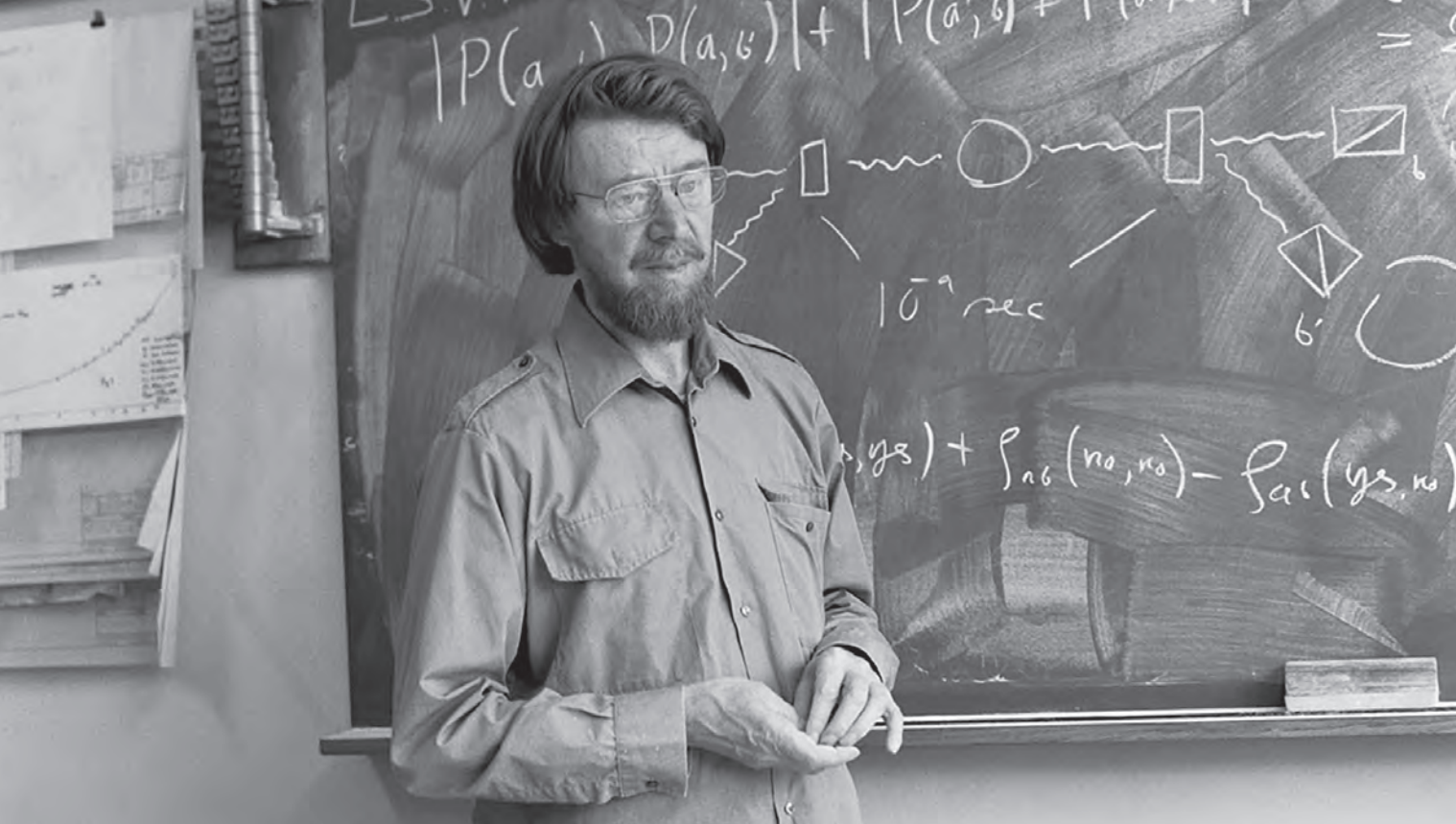
Az összefonódás jelenségére a több részecskéből álló rendszerek kvantumviselkedésének leírásában már 1935-ben felhívták a figyelmet *Schrödinger*, illetve *Einstein* és munkatársai, *Podolsky* és *Rosen*. A kutatásokat a kísérleti vizsgálatok felé elindító modellrendszert *David Bohm* konstruálta meg 1951-ben. Ő két, egymással ellenkező irányban szétrepülő azonos, feles spinű részecskét (pl. két elektront) képzel el, amelyek együttesen nulla mágneses momentumot hordozó állapotban vannak. Ez kétféle módon valósulhat meg. Egy tetszőlegesen választott irányra nézve az egyik elektron $+1/2$, a másik $-1/2$ erősségű mágneses momentum vetülettel rendelkező kvantumállapotban lehet. Ám a két részecske tökéletes azonossága miatt lehetetlen megmondani, hogy melyik hordozza a pozitív, melyik a negatív vetületet. A kvantumviselkedés abban nyilvánul meg, hogy a megvalósuló állapot a kétféle klasszikus képpel megragadható helyzet „kombinációja”. Az elektron mágneses momentuma arányos a saját perdületével (spinjével), ezért a vázolt helyzet a két elektron kvantumspinállapotának sajátosságaként is átfogalmazható.

Képzeljünk el, hogy ilyen elektron-párok sokaságát állítják elő, majd az egyik irányba haladó elektron spinvetületét sorban megméri. Az esetek felében pozitív, a másik felében negatív értéket kapnak, ami teljesen egyezik a klasszikus valószínűségi megfontoláson alapuló várakozásunkkal. Ám, ha a másik irányban haladó elektronokon is elvégzik a mérést, akkor meglehetősen erős kapcsolat jelentkezik a mérési eredmények között. Amikor a balra haladó elektronon pozitív vetületet mérnek, a hozzátartozó jobbra haladó elektronra negatív vetület érték jelentkezik, és fordítva. Ez az erős korreláció nem csökken az elektronok közötti távolság növekedésével, feltéve, hogy külső hatások nem torzítják el a két-elektronos kvantumállapotot. Oksági logikára trenírozott gondolkodásunkkal ezt az eseménysort hajlamosak vagyunk úgy értelmezni, hogy titokzatos módon az

egyik mérés kísérteties befolyást gyakorol a másikra. Ez a következmény jellemzi legerőteljesebben a két elektron kvantumállapotának összefonódottságát.

Bohm gondolatkísérletét két szétrepülő fotonból álló kvantumrendszerrel sikerült a valóságban is végrehajtani. A fotonoknak a repülési irányukhoz képest szintén két perdület-vetületük lehet. Annyi a különbség az elektronokhoz képest, hogy lehetséges perdületvetületük értéke az elektronokénak kétszerese. A foton perdületét az általa hordozott elektromos télerősség vektorának a haladási tengely körüli forgása adja. A balra forgó $+1$ egységnyi, a jobbra forgó -1 egységnyi perdületet is szállít. Ezt a kvantumtulajdonságot a fényképezésből jól ismert polárszűrő segítségével lehet megállapítani.

Az 1980-as évtizedben a 2022-es fizikai Nobel-díj egyik nyertesének, *Alain Aspect*nek csoportja valósított meg olyan atomi szintek közötti kvantumátmeneteket,



John Bell (1928-1990) táblája közepén a körrel szimbolizált forrásból ellentétes irányban kibocsátott két foton (hullámos vonalak) polarizációját egy-egy téglalappal jelzett „kapcsoló” révén véletlenszerűen választott analízátorokkal (átlós vonallal áthúzott téglalapok) mérik meg. A Bell által nem eltakart, látható oldalon b és b' jelzi a két analízátort, a háta mögötti, eltakart analízátorok jele a és a'. A tábla tetején a két oldalon végzett mérések sorozatából számított $P(a,b)$, $P(a',b)$, $P(a,b')$, $P(a',b')$ mennyiségek között a klasszikus statisztikában érvényes egyenlőtlenség látható, amelyet Bell 1964-ben vezetett le.

Ez a kapcsolat sérül a kvantumfizika szabályai és a kísérletek szerint is.

amelyekben mindig pontosan két foton keletkezik. A kalciumatom nulla teljes perdületű gerjesztett állapotából a szintén nulla perdületű alapállapotba történt a két foton kibocsátásával járó „kvantumugrás”. Ekkor az impulzusmomentum (perdület) megmaradása megköveteli, hogy a két foton együttes impulzusmomentuma szintén nulla legyen. Miután ellenkező irányban repülnek ki (ez a lendület megmaradásának következménye), akkor oltja ki a mozgásirányra vett spinvetületük egymást, ha elektromos térerősség-vektoraik saját mozgásirányukhoz képest azonos irányban forognak. Ha tehát az egyik +1 egységnyi perdületet hordoz, akkor a saját (ellenkező) irányához képest a másiknak is kötelező ezt a forgást követni. Persze mindkettő hordozhat -1 perdületet is, azaz mindkettő lehet jobbra cirkulárisan polárizott. A végállapot összefonott kvantum-amplitúdója a két lehetőség amplitúdójának „összege”. Az összefonódás mindaddig fennmarad, amíg a környezettel való kölcsönhatások (pl. fényszórás a levegő atomjain) nem változtatják meg valamelyik foton polarizációs állapotát.

Az összefonódás igen erős korrelációt eredményez akkor is a mérési eredmények között, ha a két fotont egymástól távoli detektorban, egymástól függetlenül megválasztott irányítású polárszűrővel észlelik. John Bell 1964-ben megvizsgálta, milyen mérési statisztikát

jósol annak feltételezése, hogy egy eddigi ismereteink elől elrejtőző fizikai tulajdonság egyértelműen meghatározza (determinálja) minden mérés pontos eredményét. A klasszikus valószínűségszámítás független eseményekre vonatkozó szabályait követő elemzés a (rejtett tulajdonságot nem feltételező) kvantummechanikai szabályokkal nyert jóslattól eltérő eredményt adott. Bell felismerte, hogy a mérési eredményekből származó korreláció választani képes a kísérteties kvantumos kapcsolatot a kvantummechanika diktálta szabályokkal figyelembe vevő, illetve az ismeretlen tulajdonságot klasszikus valószínűségi hatással figyelembe venni igyekvő leírások helyessége között.

A Bell-tétel állításának ellenőrzését kétfotonos optikai rendszerrel az 1970-es évek végén kezdte el John Clauser, majd azt tökéletesítette Aspect fokozatosan fejlettebb, a hibaforrásokat egyre tökéletesebben kizáró kísérletekkel. Ezt jutalmazta 2022. őszén a fizikai Nobel-díj bizottság.

Létezik-e a választás szabadsága?

A legérdekesebb ellenvetés a Bell-tétel bizonyításában használt feltevésekkel szemben a standard részecskefizikai modell kidolgozásáért 1999-ben Nobel-díjat elnyert G. 't Hooft megfogalmazásában így hangzik: „John Bell tételének bizonyítása során két hipotetikus

megfigyelőt vezetett be, akiket Alice-nek és Bobnak nevezett. Mind Alice, mind Bob maguk döntenek arról, hogy milyen tulajdonságot (azaz milyen irányhoz viszonyított polarizációt — P. A. értelmező megjegyzése) kívánnak megmérni. Erről szabad akarattal döntenek. Ám, ha van egy mindenre kiterjedően érvényes elmélet, amely tetszőleges pontossággal előírja az egymást követő eseményeket, akkor szabad akarat nyilvánvalóan nem létezik.” [1]

Az utolsó mondat meghökkentő drámai állításán (szabad akarat nem létezik), az elemző fizikus nyelvére lefordítva, a következőket kell érteni. Egy eseményre mindazok a múltbeli történések hatással lehetnek, amelyekről a fénysebességgel terjedő információ elérkezhet az aktuális helyre az esemény bekövetkeztének időpontjában. Azoknak a téridőbeli pontoknak az összessége, amelyek hatást fejthetnek ki Alice mérést választó döntésére, a belőle időben hátrafelé terjedő fénysugarak határolta úgynevezett hátsó (múltbeli) fénykúpban van. Ugyanez igaz a Bob döntéseire esetleg hatással bíró múltbeli történésekre.

Ha két, nem túl nagy tér- és időbeli távolságban történő eseményt vizsgálunk (esetünkben a két foton polarizációjának mérésekor a néhány száz méter távolságban elhelyezett detektorok mellett álló Alice és Bob polarizációs irányt választó döntéseit), akkor a két megfigyelő múltjából a döntéseik befolyásolására alkalmas eseményeket tartalmazó tartományok nagyon gyorsan, azaz már a közelmúltban átfedik egymást. Tehát nagyon sok múltbeli esemény lehet egyaránt hatással mindkét megfigyelő döntésére, amelyeket lehetetlen számon tartani. Az Aspect-kísérletet egyetlen laboratóriumi helységben végezték el, azaz a fotonpár kibocsátásának és az egyes fotonok észlelésének eseményeit esetlegesen befolyásolni képes események tartománya szinte teljesen átfed. Ezért nem zárható ki, hogy a közös múlt valamely

eseménye a két megfigyelő polarizációs irányválasztásának egymástól való függetlenségét megszüntető teljességgel determinisztikus háromszereplős korrelációt hozott létre (a múltbeli esemény, Alice választása és Bob választása között). Bár Alice és Bob ezen hatás bekövetkeztének nincsenek tudatában, de megtörténhet, hogy ez a harmadik esemény egyértelműen meghatározza minden egyes polarizációs irányválasztásukat.

A hatást kifejtő esemény bármikor és a horizonton belül szinte bárhol megtörténhetett az ősrobbanást követően. A két független esemény klasszikus statisztikájával nem magyarázható korreláció éppen ennek az újfajta klasszikus, teljesen determinisztikus kölcsönhatásnak a tulajdonságairól őrizhet információt. A kvantummechanikai jelenségek G. 't Hooft által népszerűsített fenti interpretációját szokás a „szuperdeterminisztikus” jelzővel illetni.

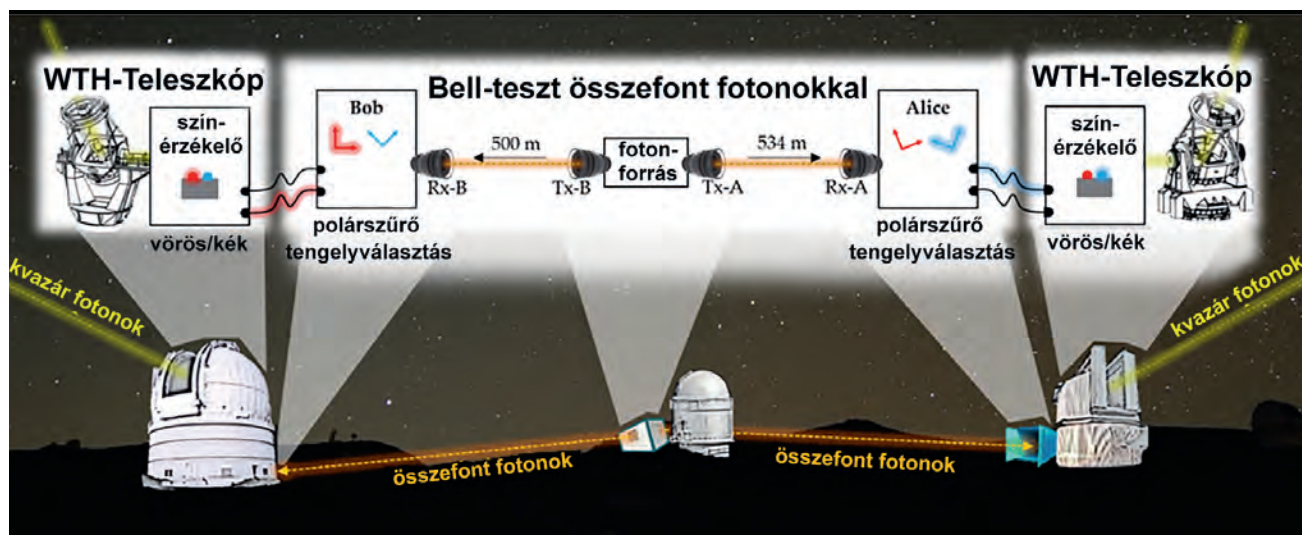
't Hooft ki is számította a kísérletek megfigyelt eredményét klasszikus statisztikával magyarázni képes hármas korrelációt Alice, illetve Bob választása és a titokzatos múltbeli esemény között. Sikertült olyan függést konstruálnia, amelyben bármelyik eseményre átlagolva a másik kettő között a korreláció eltűnik, azaz a másik két esemény látszólagosan függetlennek mutatkozik. A fotonpár forrásának viselkedésére átlagolva (amit a kísérlet elméletének kvantummechanikai elemzésekor kifejezetten megteszünk) a detektálás aktusát a két szeparált helyen függetlennek véljük, tehát 't Hooft hármas korrelációját beépítve a kísérlet klasszikus valószínűségi számítás szerinti elemzésébe, megkapható a kvantummechanikai számítás (és a kísérlet) eredménye.

A szuperdeterminációt korlátozó kísérlet

Mit lehet tenni ez ellen az ellenvetés ellen? Úgy kell módosítani a kísérletet, hogy a két polarizációsirányválasztási esemény közös múltját jelentő téridőtartomány

John Bell (fehérrel bekeretezve) az 1972-es balatonfüredi Neutrínó konferencia résztvevőinek csoportképén





A Bell-teszt egyik legújabb változatában (2018) egy-egy, az égbolton egymástól igen távol elhelyezkedő kvazárból sok milliárd évvel ezelőtt elindult foton hullámhossza révén szabályozott automatizmus állítja be az összefonott fotonok polarizációját észlelő polárszűrő tengelyét. Nevezetesen az analízator orientációjának két lehetséges állása között az dönt, hogy a beérkező foton a vörös vagy a kék tartományba esik-e. A két foton közös múltját a keletkezésük helyétől és időpontjától a múltba irányított fénypúpok metszettartománya jelöli ki.

(ahol a feltételezett szuperdeterminisztikus hatást gyakorló esemény elhelyezkedhet) a lehető legkisebbre csökkenjen!

Ennek a törekvésnek a legutóbbi fejleményéről szóló tudományos beszámolót 2018-ban tette közzé a 2022-es fizikai Nobel-díj harmadik nyertese, Anton Zeilinger vezette bécsi kutatócsoport. [2] (A Nobel-díjának méltatásában ezt a kísérletet nem említik.) A mérést csillagászokkal együttműködve végezték el a Kanári-szigeteken telepített számos teleszkóp közül kettőt használva. Az ábránk közepén elhelyezkedő forrásból kibocsátott, egymástól távolodó összefonott fotonok polarizációját analizáló két berendezést egymástól 1 km távolságban lévő két távcsőhöz telepítették (ezek szerepelnek az ábra két oldalán). Az Alice és Bob révén megismerésített szabad(?) akarat helyett a polarizációméréshez használt szűrő orientációját egy-egy távoli kvazárról a teleszkópokba beérkező fotonok színével vezérelt automatizmus váltogatta előre nem látható módon az előre kiválasztott két lehetséges irány között. Ha „vörös”-höz közeli hullámhosszú foton érkezett, akkor az egyik, ha „kék” foton, akkor a másik irányhoz rögzített tengelyű polárszűrővel mérték a Tenerifére telepített ikerfoton-forrás fotonjainak polarizációját. A Bell-tételt sértő korrelációt a két távoli kvazár fényjelével megvalósított analízatorválasztással változtatlanul kimutatták.

Az egyik foton egy 7,7 milliárd évvel ezelőtt történt robbanásból indult útjára, a másik forrása egy 12,2 milliárd évvel ezelőtt működött kvazár. Az ezek fényével

történt választásban hármaskorrelációt okozni képes események tartománya a 13,8 milliárd évvel ezelőtt történt ősrobbanásból máig kiterjedt téridő tartományának nem több mint 4%-a. Ráadásul a közös múlt által esetleg befolyásolt események (a kvazárok fénykibocsátása) maguk is egymástól időben nagyon távoliak. Az általuk okozott korreláció óriási távolságot átfogni képes (természetesen jelenleg ismeretlen) kölcsönhatástól eredhetne. Erősen kétséges egy ilyen óriási hatótávolságú új kölcsönhatás létezése, amely képes lehetne „szuperdeterminálni” minden egyes fotonpár esetére a mérés kimenetét.

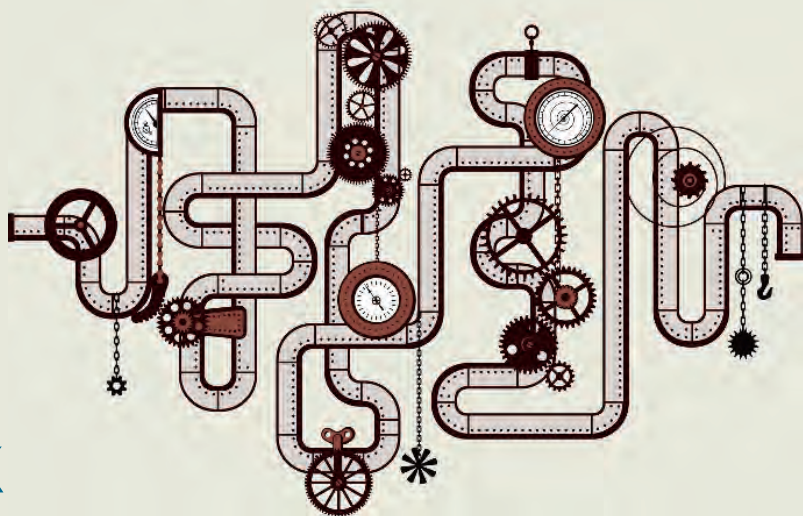
Nyilván a jövőben olyan mérések megvalósítása a cél, amelyben még közelebb szorítják az analízatorok közötti választási „döntést determináló” potenciális események múlt-kúpjainak közös metszettartományát az ősrobbanás időpontjához. A kísérletezők szabad akaratát megkérdőjelezni képes események létezése egyre messzebb szorul a távoli kozmikus múltba. Egyre biztosabb, hogy világunkban együtt létezhet a választás szabadsága és a kísérteties kvantumösszefonódottság.

PATKÓS ANDRÁS

IRODALOM:

- [1] G. 't Hooft: Free Will in the Theory of Everything, arXiv:1709.02874, a "Determinism and Free Will" konferencián tartott előadás szövege, Milano, 2017. május 13.
- [2] D. Rauch és mksai: Cosmic Bell Test using Random Measurement Settings from High-Redshift Quasars, Phys. Rev. Lett. 121, 080403 (2018)

Gőzgépek, gázgépek, örökmozgók



2. RÉSZ

Az energiaárak növekedése miatt sokan gondolnak lakásuk fűtésének korszerűsítésére, áttérésre hőszivattyús fűtésre. Hogyan működik a hőszivattyú, mit várhatunk tőle? Ennek megértéséhez meg kell ismernünk a hőtan főtételeit. Ezek viszont elvezetnek a kémia alaptörvényeihez. Folytassuk kirándulásunkat ezen a területen!

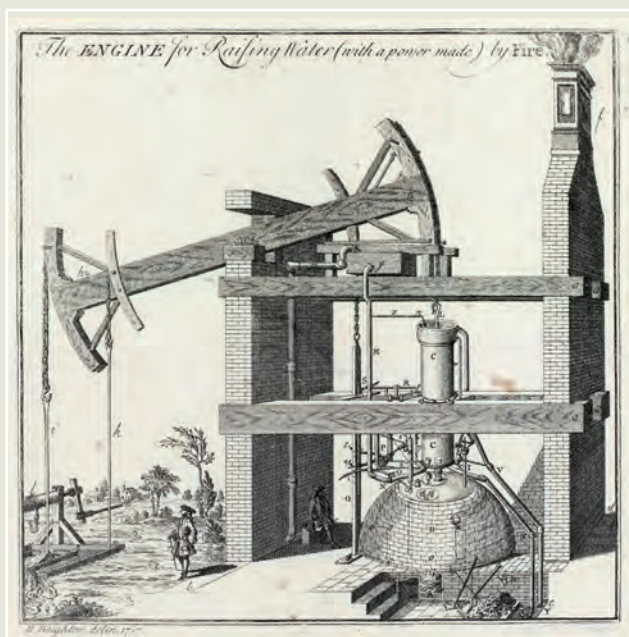
A cikk első részében már volt szó Papin gőzgépéről. Úgy, mint a mi kísérletünkben is, ha egy edényben, ami dugattyúval van elzárva, vizet forralunk, a víz lecsapódásakor létrejövő (majdnem) légüres tér munkát képes végezni. A hő munkává alakított része azonban az ott kiszámoltnál is jóval kisebb, mert nagy része az edény melegítésére fordítódik. Ezen kívül a gép igen lassan is működik, mert mindig meg kell várunk, amíg a gőz lecsapódik. Az első, aki ezeket a problémákat megoldotta, és az első használható gőzgépeket készítette a XVIII. század elején, Thomas Newcomen volt. A vizet külön kazánban forralta, a gőzt onnan vezette a hengerbe. Amikor a gőz a dugattyút hátranyomta, hideg vizet fecskendezett a hengerbe, így a gőz hirtelen lecsapódott. Persze, a gőz nagy része még így is kárbaveszett, mert a lehűlt hengert melegítette. Lényegesen jobb, nagyobb *hatásfokú* gőzgépeket James Watt készített. Mit is értünk hatásfokon? Azt, hogy a kazánba hő formájában bevitt energia hagyad része alakul át hasznos munkává. Watt nagyobb nyomású

gőzt használt, és azt felváltva vezette a dugattyú két oldalára. A másik oldalról kitóduló „fáradt” gőzt hideg vízbe, „kondenzátorba” vezette, így a gőz lecsapódott, növelve a nyomáskülönbséget, de a henger nem hűlt le. Ezek a gőzgépek indították el az ipari forradalmat: már nem kellett patakok mellé építeni a meghatást igénylő gépeket. Ma már gáz- és gőzturbinákat használunk áramfejlesztésre, és leggyakrabban a jól szállítható és bármilyen energiává könnyen átalakítható elektromos energiát gépeink hajtására.

A második főtétel

Vajon meddig lehet a hatásfokot javítani? Talán tudnánk 100% hatásfokú gőzgépet vagy más hasonló gépet készíteni? Akkor például a tengervíz hőjét vezetnénk bele, és a tenger egy kicsit lehűlné, mi viszont nagyon sok munkát kapnánk! Ez gyakorlatilag egy örökmozgó lenne, egy „másodfajú örökmozgó”, amely az energiamegmaradás tételének nem mondana ellent. Óvatosságra inthet bennünket az, hogy soha nem látunk olyan folyamatot, amiben valami önként lehűl, és hőjének egy része mozgási energiává alakul. Például ha egy pingponglabda pattog, végül megáll, a padló és a labda kicsit felmelegszik. Olyat azonban nem látunk, hogy a labda felpattan, miközben a padló és a labda kicsit lehűl. Ehhez a padló illetve a labda molekulái rendezetlen mozgásának kellene rendezett mozgássá átalakulni. Ilyet azonban nem tapasztalunk. *Nincs olyan folyamat, aminek a végén semmilyen más változás nincs, csak a hőenergia egy része kerül át hidegebb testről melegebb testre.* Ez a *hőtan második főtétele*. Ebből már következik, hogy nem lehet másodfajú örökmozgót készíteni, ugyanis vele (például dörzsöléssel) egy akármilyen meleg testet még melegebbé tehetnénk. Megmutatjuk, hogy a másodfajú örökmozgó lehetetlenségéből következik a második főtétel, és az is, hogy ha egy hőt munkává

1. ábra. Thomas Newcomen (1664–1729) angol feltaláló gőzgépe (Henry Beighton metszete, 1917)



alakító gép, egy hőerőgép körfolyamatban valamilyen T_1 abszolút hőmérsékleten („kazánban”) felvesz Q_1 hőmennyiséget, és egy $0 < T_2 < T_1$ hőmérsékleten („kondenzátorban”) lead Q_2 hőmennyiséget, akkor $Q_2/T_2 \geq Q_1/T_1$, azaz a kinyert $Q_1 - Q_2$ munka és a bevitt Q_1 hő hányadosa, a hatásfok legfeljebb $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$, mert $\eta = (Q_1 - Q_2)/Q_1 = 1 - Q_2/Q_1 \leq 1 - T_2/T_1$.

A bizonyításhoz egy gondolat-kísérletet fogunk végezni. A gondolat-kísérlet felhasznál egy szerkezetet, a *regenerátort*. Képzeljük el, hogy gázzal fűtünk egy kemencét. A füstgázokat vezessük felülről két kavicsal lazán telerakott, álló hengerbe. A füst felmelegíti a kavicsot, felül jobban, alul kevésbé. Mikor már elég meleg, vezessük alulról a gázt az egyik, a levegőt a másik hengerbe. Az így előmelegített gázzal és levegővel tápláljuk a lángot. Nyilván forróbb lesz, mint az előmelegítés nélkül. A füstgázokkal két másik regenerátort fűtünk. Amikor az első két regenerátor már valamennyire lehűlt (pár perc), megcseréljük a két regenerátorpár szerepét, stb. Ezt a *regeneratív tüzelést* a Siemens-testvérek találták fel, és üvegolvasztó kemence fűtésére használták, de így működnek az acélolvasztó Siemens–Martin-kemencék is.

Gondolat-kísérletünkben egy gázzal működő hőerőgépet tervezünk. A gép két dugattyús hengerből és egy, a csövéket összekötő regenerátorból áll. A regenerátor egy jól hőszigetelt cső rossz hővezető anyagból, rossz hővezető, lyukacsos, nagy tömegű szilárd anyaggal töltve, amelynek az egyik vége (majdnem) T_1 hőmérsékletű, a másik pedig (majdnem) $T_2 < T_1$ hőmérsékletű, közben egyenletesen csökkenő hőmérséklettel. Kezdetben az egyik hengerben T_1 hőmérsékletű, p_1 nyomású, „ideális” gáz van. Az ideálisba most nem csak azt értjük bele, hogy eleget tesz az egyesített gáztörvénynek, hanem azt is, hogy a fajhője nem függ a hőmérséklettől és a nyomástól. Az úgynevezett nemes gázok, például a hélium, nagyon jól megközelítik ezt. Az egyszerűség kedvéért tegyük fel, hogy a készülék körül légüres tér van. Ez nem lényeges, de egyszerűsíti a számolásokat.

Legyen a kezdeti térfogat $V_{1,1}$. Lassan terjesszük ki a gázt $p_2 < p_1$ nyomásra állandó T_1 hőmérsékleten. Mivel a hőmérséklet állandó, a gáz belső energiája nem változik. Valamennyi munkát végez, ami megegyezik a kiterjesztés során felvett Q_1 hőenergiával. A térfogata megnő, a kiterjesztés végén legyen $V_{1,2}$. Most állandó p_2 nyomáson nyomjuk át a regenerátoron a másik hengerbe.



2. ábra. Carl Wilhelm Siemens (1823–1883), német származású mérnök, feltaláló. 1847-ben – August Friedrich hőtechnikai számításaira alapozva – feltalálta és szabadalmaztatta a váltakozó lángjárású, regeneratív tüzelési rendszert.

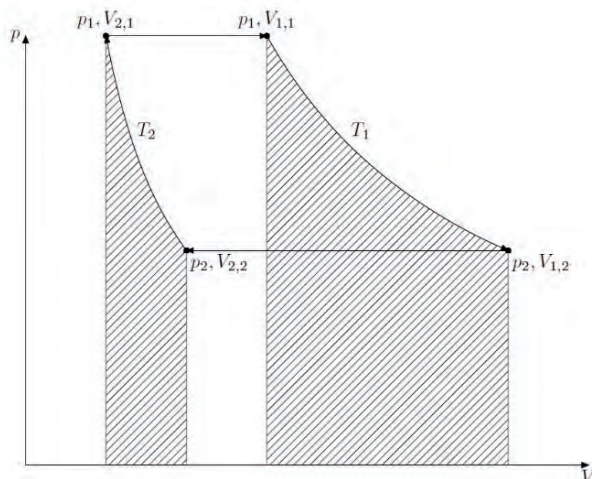
A gáz a regenerátortól lehűl. Közben a regenerátort kicsit felmelegíti, de mivel a regenerátor tömege nagy, ez nem jelentős. Az átnyomáshoz persze kell egy kis nyomáskülönbség, de ha elég lassan nyomjuk át a gázt, akkor ez jelentéktelen. Végül a másik hengerben van a teljes gáz mennyiség T_2 hőmérsékleten és p_2 nyomáson. Legyen a térfogata $V_{2,2}$. Lassan nyomjuk össze állandó T_2 hőmérsékleten. Mivel a belső energia nem változik, a leadott Q_2 hőenergia megegyezik az összenyomás alatt végzett munkával. Amikor a nyomás p_1 , legyen a térfogat $V_{2,1}$. Végül lassan engedjük át a gázt a regenerátoron a másik hengerbe. Eközben felmelegszik. Visszaju-

tunk a kezdő állapotba, tehát *körfolyamatot* végeztünk. Az egész körfolyamat során a nyomás és a térfogat változását a 3. ábra mutatja. Mivel a gáz fajhője nem függ a nyomástól és a hőmérséklettől, az utolsó lépésben éppen annyi hőt vesz fel a regenerátorból, amennyit a második lépésben leadott neki. Az utolsó lépésben a gáz által végzett munka $p_1(V_{1,1} - V_{2,1})$, a második lépésben az általunk végzett munka pedig $p_2(V_{1,2} - V_{2,2})$. (Ezek megfelelnek az ábrán a vízszintes egyenes szakaszok alatti téglalapok területének.) Mivel ideális gázról van szó, az egyesített gáztörvény szerint

$$\frac{p_1 V_{1,1}}{T_1} = \frac{p_2 V_{1,2}}{T_1} = \frac{p_1 V_{2,1}}{T_2} = \frac{p_2 V_{2,2}}{T_2} = K,$$

valamilyen állandó, 'konstans'. Innen a térfogatok kifejezhetőek, például $V_{1,1} = KT_1/p_1$, stb. Ezeket behelyettesítve, azt kapjuk, hogy a negyedik lépésben a gáz által végzett munka és a második lépésben az általunk végzett munka is $K(T_1 - T_2)$, egyenlőek, tehát kiejtik egymást.

Hátra van még az $L_1 = -Q_1$ és $L_2 = -Q_2$ munkák kiszámítása. Ezt nem tudjuk könnyen megtenni, mert nem csak a térfogat, hanem a nyomás is változik. Szerencsére azért össze tudjuk hasonlítani őket. Ezek a munkák a 3. ábrán a vonalkázott területeknek felelnek meg. Egyszerűen a $-L_2$ -nek megfelelő terület az L_1 -nek megfelelő terület T_2/T_1 -szerese, belőle vízszintes irányban való összenyomással keletkezett! Innen a hatásfok $\eta = (Q_1 - Q_2)/Q_1 = 1 - Q_2/Q_1 \leq 1 - T_2/T_1$. Így azt kaptuk, hogy gépünk hatásfoka $(T_1 - T_2)/T_1$, vagy legalábbis ezt tetszőlegesen megközelítheti.



3. ábra. Körfolyamat

Gépünk azt is mutatja, hogy ha a második főtétel nem lenne igaz, akkor lehetne másodfajú örökmozgót csinálni: ha valamilyen folyamat alacsonyabb hőmérsékletű testről magasabb hőmérsékletűre vinne át hőt, a magasabb hőmérsékletűről gépünkkel visszavinnénk a hőenergia egy részét az alacsonyabb hőmérsékletre, és közben a maradékát megkapnánk munkaként. Ezt ismételve, másodfajú örökmozgót kapnánk.

Honnan tudjuk, hogy ennél jobb hatásfok nincs, bármilyen gépet szerkesztünk is? Tegyük fel, hogy valakinek sikerül egy jobb hatásfokú gépet csinálni. Ez T_1 hőmérsékleten $Q'_1 > Q_1$ hőenergiát vesz fel és T_2 hőmérsékleten Q_2 hőenergiát ad le, miközben $Q'_1 - Q_2 > Q_1 - Q_2$ munkát végez. Működtessük a munka $Q_1 - Q_2$ részével gépünket visszafelé: a 3. ábrán minden nyilat megfordítva, a lépéseket ellenkező irányba hajtjuk végre. Ekkor a gép hőszivattyúként működik: az alacsonyabb T_2 hőmérsékleten Q_2 hőt vesz fel és a magasabb T_1 hőmérsékleten Q_1 hőt ad le, miközben $Q_1 - Q_2$ munkát használ fel. Marad $Q'_1 - Q_1$ munka, másodfajú örökmozgót kaptunk! Ellenvetés lehet, hogy nem tudjuk pontosan megfordítani a gép működését, de az is elég, ha majdnem meg tudjuk fordítani: ekkor (elég lassan működtetve) $Q_1 - Q_2$ -nél több, de $Q'_1 - Q_2$ -nél azért kevesebb munkát használ fel a gépünk, és még mindig örökmozgót kaptunk, ami ellentmond a hőtan második főtételének.

Ez a gondolatmenet azt is mutatja, hogy megfordíthatóan működő gépre $Q_1/T_1 = Q_2/T_2$ lenne, hatásfoka pedig pontosan $(T_1 - T_2)/T_1$ kell legyen, hiszen több nem lehet, ha pedig kevesebb lenne, akkor a két gép szerepét megcserélve kapnánk az előző gondolatmenettel örökmozgót. A nem megfordíthatóan működő gépek hatásfoka ennél kisebb. Persze, valójában megfordítható gép nincs is, csak arról van szó, hogy elég gondosan építve a gépet és elég lassan működtetve, a megfordíthatósághoz

tetszőlegesen közel kerülhetünk. Más körfolyamatok is használhatók (közel) megfordítható gépek építéséhez. A gáz felmelegítését az alacsonyabb hőmérsékletűről a magasabbra például hőszigetelt hengerben való összenyomással is végezhetnénk. Ilyen gépet Nicolas Leonard Sadi Carnot vizsgált először. A mi általunk vizsgált gép a Stirling-motor egyik fajtájához áll közel. Azért ezt vizsgáltuk, mert itt tudtuk könnyen elvégezni a számításokat. A gyakorlatban nem használnak olyan gázgépeket, amelyekbe a hőt kívülről vezetik be. Inkább a hőt az üzemanyagnak a henger belsejében való elégetésével előállító *belsőégésű gépek* terjedtek el: benzinmotor, dieselmotor, gázturbina.

Alkalmazzuk eredményünket a hőszivattyúkra! Ha a hőszivattyú az alacsonyabb T_2 hőmérsékleten Q_2 hőt vesz fel és a magasabb T_1 hőmérsékleten Q_1 hőt ad le, akkor a sokszorozási tényezője maximum $Q_1/(Q_1 - Q_2) = T_1/(T_1 - T_2) = 1 + T_2/(T_1 - T_2)$ lehet, a gyakorlatban persze ennél kisebb. Ha például $T_1 = 310$ K (37°C), ami padlófűtéshez elegendő lehet, $T_2 = 275$ K (2°C), akkor a sokszorozási tényező maximum $\approx 8,8$. Ha radiátort kívánunk működtetni, és $T_1 = 337$ K (60°C), akkor a sokszorozási tényező maximuma $\approx 5,4$. Ha a hőt a levegőből vesszük, akkor hideg téli napon $T_2 = 248$ K (-25°C) is lehet, a sokszorozási tényező már csak maximum $\approx 3,7$. Talán túlzásnak tűnhet ilyen alacsony hőmérsékletet feltételezni, de ne felejtjük, hogy a külső téri egység belsejében lévő hőmérséklet számít, ami még ennél alacsonyabb is lehet, mert a hűtött külső felületre jég csapódhat le, hőszigetelve azt. Az ilyen, „klímának” nevezett berendezések tehát nagy hidegben lehet, hogy nem működnek, de egyébként hasznos kiegészítő fűtést biztosíthatnak. (Némelyik, elsősorban hűtésre használt klímaberendezésnek nincs is kültéri egysége, de tud fűteni is. Ez lényegében elektromos fűtés, a sokszorozási tényező 1.) Jobb sokszorozási tényező érhető el, ha a talaj hőjét hasznosítjuk. A talaj Magyarországon 13°C körüli télen-nyáron. A talajba ágyazott csövek belsejében nem sokkal 10°C alatti hőmérséklet elérhető, de a karbantartás gyakorlatilag lehetetlen. Ha talajvíz van bőségesen, akkor alkalmazható az a megoldás, hogy egy kútból szivattyúzott vízzel melegítjük a kültéri egységet, és az (általában $\approx 5^\circ\text{C}$ -kal) lehűlt vizet egy másik kútba engedjük vissza, ahonnan átszivároghat az első kútba átveszi a talaj hőjét.

Szabad entalpia

Mi köze mindennek a kémiához? Egy egyszerű de nagyon fontos kísérletet ne hagyjunk ki, ha van árammérőnk. Egy-egy műanyag csipeszbe fogjunk be alumínium fóliát, illetve (lecsiszolt) rézlemez vagy (lehetőleg kilapított) vastagabb rézdrótot. Mindkettőhöz csatlakoztassuk az árammérő egy-egy mérőhegyét (együtt befogva vele). A csipeszeket befőttes gumival

össze is erősíthetjük. Mártsuk a két lemezt egy pohárka vízbe, amelybe kevés sósavat öntöttünk. Főleg a rézlemezen hidrogén fejlődik, az árammérő pedig 20–50 mA áramot mutat. Ha az árammérőt feszültségmérő állásba kapcsoljuk, több, mint 1,2 V feszültséget mérhetünk. Galvánelemet hoztunk létre! Ez lényegében az úgynevezett *Volta-elem*, bár Alessandro Volta sósav helyett kénsavat, alumínium helyett (amit akkor még nem is ismertek) cinket használt, de ezek nem lényeges különbségek.

Megfigyelhetjük, hogy egy idő után az alumínium fólia megmarodik, tehát oldódik, a másik lemez nem.

Mi történt itt? Az alumínium atom szívesen lead három elektront, de a hidrogén nehezen válik ki az alumíniumon. Ezért az elektronok átmennek a rézlemezre, és ott válik ki a hidrogén. (Nem jó, ha a réz felülete kicsi, mert akkor ott is megnehezül a hidrogén kiválása, ezért választottunk réz lemezt, illetve lapítottuk ki a drótot.) Az alumínium megszabadult elektronjaitól, oldatba mehet, ezért marad meg az alumínium fólia. A réz nem is oldódik sósavban, amit könnyen kipróbálhatunk, csak annyi a szerepe, hogy könnyebben válik ki rajta a hidrogén, így bármilyen más fém jó helyette, amelyik nem oldódik, és könnyen válik ki rajta a hidrogén.

A kémia szempontjából az a fontos, hogy egy kémiai folyamatnál nem csak hő termelődhet, hanem elektromos áram is, vagy más formában hasznos munka. Sokáig azt hitték, hogy a kémiai folyamatok hajtóereje a hőtermelődés. Ennek azonban ellentmond, hogy magasabb hőmérsékleten inkább hőelnyelő folyamatok játszódnak le. Különböző hőmérsékleten is lejátszódnak hőelnyelő folyamatok, például egyes sók oldódása vízben. A műtrágyaként kapható péti mészsó hatóanyaga, az ammonitrát például elég nagy lehűlés közben oldódik vízben (a nem oldódó rész kőpor). Butaság lenne ezekre azt mondani, hogy ezek fizikai folyamatok: a természet nem ismer olyat, hogy fizika és kémia, ezeket az elnevezéseket csak mi találtuk ki. Egy természettörvénynek mindenféle folyamatra érvényesnek kell lennie. Kiderült, hogy a kémiai folyamatok hajtóereje



4. ábra. Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796–1832) francia fizikus, matematikus és mérnök (Louis-Léopold Boilly festménye, 1813)

az adott körülmények között a folyamat által végezhető munka. Állandó nyomáson lejátszódó folyamatnál a hőtermelést a reakció *entalpiájának* nevezzük; H -val szokás jelölni. Ennek a – például elektromos vagy mechanikai munkaként (maximálisan) – kapható része a *szabad entalpia*. Állandó nyomáson ez a kémiai folyamat hajtóereje. Nem lényeges, hogy tényleg munkaként nyerjük-e ki a szabad entalpiát. Például az alumínium akkor is feloldódik sósavban, ha nincs ott a réz. Ekkor a szabad entalpiát is hőként kapjuk meg. Ha galvá-

nelemet hozunk létre, akkor a szabad entalpia több-kevesebb részét elektromos munkaként kapjuk meg, de egy része elveszhet (pontosabban hővé alakulhat), ha például az alumíniumon is válik ki hidrogén. A szabad entalpiát Josiah Willard Gibbs amerikai fiziko-kémikus vezette be, és a tiszteletére G -vel szokás jelölni.

Ellenvetés lehet, hogy például ha egy anyag, mondjuk ammonsalétrom oldódáskor lehűl, hol a szabad entalpia? Vizsgáljuk meg ezt egy gondolat kísérletben! Zárjuk be az ammonsalétromot egy hengerbe egy, csak a vizet áteresztő anyagból készült dugattyúval, a dugattyú másik oldalán legyen víz. Ahogy a só elkezd oldódni, jó nagy nyomás, *ozmózisnyomás* lép fel. Lassan engedjük a dugattyút elmozdulni. Jó sok munkát végez nekünk. Ebbe nincs benne a légköri nyomás ellen végzett munka, az nem számít az entalpiába. Ha a só teljesen feloldódott, még mindig képes az ozmózis munkát végezni számunkra, amíg a másik oldalon van víz. Megvan a szabad entalpia, a rendszer szempont-

5. ábra. Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745–1827) olasz fizikus, az elektromos áram elméletének kidolgozója, a víz elektrolízisének felfedezője és a kénsavoldatba merülő cink- és rézelektrodból álló Volta-elem (galvánelem) feltalálója

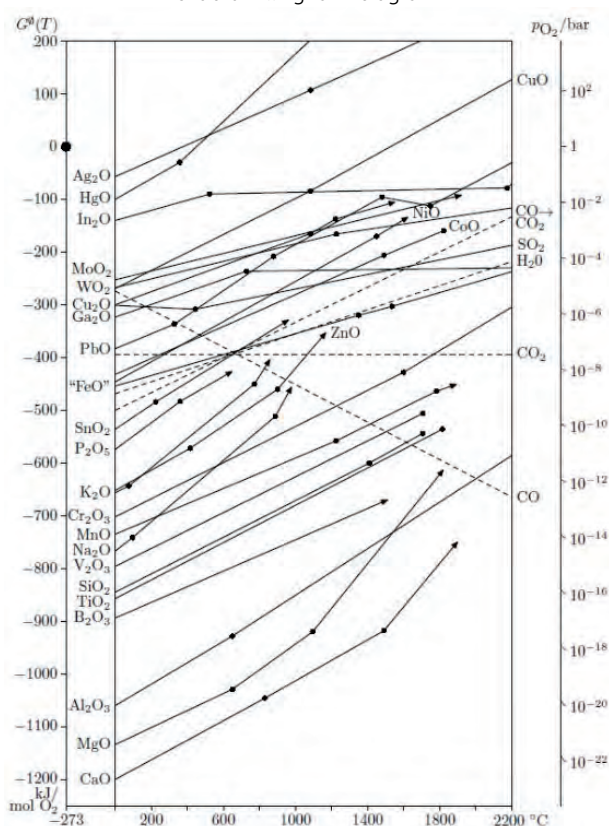


jából negatív! Mindeközben az entalpia pozitív (a rendszer szempontjából), azaz a folyamat hőelnyelő, hiszen a sóoldat lehűl, még ha nem is végez munkát. Így, hogy munkát is végez, még több hőt vesz fel a környezetből, hiszen a munkavégzéshez szükséges energiát is a környezetből felvett hővel fedezi. Nem keletkezett örökmozgó? Nem, hiszen nem körfolyamatról van szó. Ha most nagyon lassan visszanyomjuk a dugattyút, akkor fordított ozmózis játszódik le, végül a só ki is kristályosodik, miközben hőt ad le. Ha mindkét irányba nagyon lassú a folyamat, akkor csak picit több

munkát kell felhasználnunk, mint amennyit kaptunk az oldódáskor. Tulajdonképpen a szabad entalpiát kell visszatáplálnunk.

Kémiai kísérletekben szénnel, szén-monoxiddal redukálunk fém-oxidokat, alumíniummal vas-oxidot, magnéziummal szén-dioxidot. Számtalan olyan különböző kísérletet találunk, amelyben más anyaggal, például hidrogénnel redukálnak fém-oxidokat. A réz nemesebb fém a vasnál, ennek alapján azt várjuk, hogy vassal is lehet réz-oxidot fémmé redukálni. Ez valóban így van, a kísérlet leírása sok könyvben megtalálható. Annyi ilyen típusú kísérlet van, hogy az ember szinte nem bírja áttekinteni, hogy adott hőmérsékleten mit mivel redukáljon. Persze, vannak gyakorlati szempontok: a szén olcsó, a hidrogén nagyon tisztán előállítható, de jó lenne egy „csodafegyver”, amely megmondja, milyen hőmérsékleten mi mivel redukálható. Ez a „csodafegyver” a **6. ábrán** látható Ellingham-diagram. Tulajdonképpen a fém-oxidok képződésénél (1 mol O_2 felhasználásánál) fel szabaduló szabadentalpiát ábrázolja. Már mondtuk, hogy egy kémiai reakció akkor megy végbe, ha a reakció során szabadenergia (nem csak hő alakjában kinyerhető energia) képződik, azaz ilyet képes a rendszer leadni. Pontosabban, ha állandó nyomáson a reakció szabadentalpiája negatív (a rendszer szempontjából). Például amikor az alumínium oxidálódik, a szabadentalpia nagyon negatív. A leadott szabadentalpia sokkal több, mint ami a vas oxidációjakor fel szabadul, így képes azt „visszaadni” a vasnak, és még marad is. Ez a diagrammon a következőképpen látszik: megkeressük az Al_2O_3 görbájén a mondjuk $1000^\circ C$ -hoz tartozó pontot. Ha ez az FeO görbájén $1000^\circ C$ -hoz tartozó pont alatt van, akkor az Al redukálja az FeO vas-oxidot.

6. ábra. Ellingham-diagram



Egy másik, kissé pontatlanabb megfogalmazása ugyanennek: a kövér ponttal jelölt (0 kJ, 0 K) origót kössük össze az FeO görbájén például $1000^\circ C$ -nál lévő ponttal egy egyenessel. Ez az egyenes metszi a jobb oldalon lévő függőleges egyenest, most valahol 10^{-10} és 10^{-12} bar között. Ez az az oxigén nyomás, ami FeO fölött $1000^\circ C$ -on fennáll. Ha ez nagyobb, mint a Al_2O_3 -ra hasonlóan kapott nyomás (ami most olyan pici, hogy le sem olvasható), akkor az oxigén át fog menni az Al-hoz, mindaddig, amíg van Al és Fe válik szabaddá.

Szigorúan véve a fentebb mondottak akkor igazak, ha az oxigéneken kívül minden jelenlévő anyag – fém és fém-oxid – szilárd vagy folyékony (és nem alkotnak vegyületet). Néhány oxid esetében ez nem áll fenn, vagy csak bizonyos hőmérsékletig. Tájékoztató jelleggel berajzoltuk szaggatott vonallal négy nagyon fontos olyan oxid vonalát is, amelyre ez sehol sem teljesül: a szén-dioxid (szénből), a szén-monoxid, a szén-dioxid (szén-monoxidból), és a víz. Ezekben az esetekben a reakció egyensúlyra vezet. Például a FeO és a H_2O vonala igen közel van. Hidrogénnel a vasat redukálni lehet, ha elég sok hidrogént használunk, hogy a keletkező vízgőzt elvigye. Ha viszont vízgőzt vezetünk vasra, akkor az annak egy részét hidrogénné redukálja, amit a vízgőz magával visz, és ha a gőz lecsapódik, tiszta hidrogént kapunk. Azt se felejtjük, hogy szobahőmérsékleten a reakciók lassúak lehetnek, de például vörösiszáson már redukálja a vas a vízgőz egy részét.

Az ábrában vannak kisebb pontatlanságok. Például a vas FeO összetételű oxidja szobahőmérsékletén nem stabil, vassá és Fe_2O_3 vagy Fe_3O_4 összetételű oxidokká esik szét. Ezért használtunk idézőjelet. Ezek a magasabb oxigéntartalmú oxidok redukálódnak aztán az alacsonyabb oxigéntartalmú FeO oxiddá, tehát az ábrán több különböző vas-oxidhoz tartozó görbének kellene szerepelnie egymáshoz elég közel, akkor azonban teljesen áttekinthetetlen lenne. Néhány más esetben is ez a helyzet.

A diagram tetején lévő oxidokat melegítve hamar eléri az oxigénnyomás az 1 bar-t; ekkor ezek elbomlanak. Ezért használtak a kémia hőskorában higany-oxidot tiszta oxigén előállítására. Magasabb hőfokon a CuO réz-oxid is elbomlik oxigén leadással Cu_2O oxidra. Tulajdonképpen a CuO oxid nem is stabil (ezért jó oxidáló anyag), de alacsony hőmérsékleten nagyon kicsi a bomlási sebesség.

JÁRAI ANTAL

IRODALOM:

- [1] Atkins, P. W.: Fizikai kémia I–IV, Tankönyvkiadó, Budapest, 1992
- [2] Feynman, R. P.–Leighton, R. B.–Sands, M.: Mai fizika I–X., Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968
- [3] Járai A.: Kedvenc Kémiai Kísérleteim. <http://compalg.inf.elte.hu/ajarai/hobby.html>
- [4] Juhász András (szerk.): Fizikai Kísérletek Gyűjteménye I–III, Arkhimédész Bt., TypoTeX, Budapest, 2001, 1995, 1996



MÓDSZEREK A MINŐSÉGBIZTOSÍTÁSBAN

Hibafaelemzés

A hibafaelemzés (Fault Tree Analysis – FTA) a rendszerhiba (csúcsesemény) megtalálására koncentrál. Egy eseményt kiváltó ok meghatározásának logikai útja ez a módszer. A NASA az évek során előnyben részesítette azokat a technológiákat, amelyek segítették a tudományos előrehaladásban. Így az űrsiklóprogram egyik fontos momentumává válhatott a hibafaelemzés.

A hibaelemzés fontos szerepet játszik a mérnöki tervezési folyamatban. A hibaesemények bekövetkezése minden esetben várható, így azokat minden tervezés során figyelembe kell venni.

A megbízhatóság jellemezhető valószínűségi paraméterekkel, amelyek előnye a számszerűség és az összehasonlíthatóság. A valószínűségi adatokkal való számolás egyik segédeszköze a hibafaanalízis, amely alkalmazható egyedi alrendszerekre vagy egyes komponensekre, de az egész rendszerre is.

A Bell Telephone Laboratories alkalmazta először a hibafaelemzési technikát 1962-ben. A Minuteman rakéta (1. ábra) indítási rendszerének biztonsági becslésekor dolgozták ki. Utóbb a Boeing Company fejlesztette tovább. A minőségi és mennyiségi hibafaelemzés alkalmazásához számítógépet használtak. Napjainkban

a hibafaanalízis a legáltalánosabban alkalmazott módszer a kockázat és a megbízhatóság területén. Eredményesen alkalmazták nukleáris erőművek biztonsági rendszerének készítésekor. A WASH-1400 jelentés 1974-ben jelent meg *US Atomic Energy Commission* címmel. Az atomreaktorok biztonsági tanulmányát a Norman Rasmussen professzor által irányított szakértői csoport dolgozta ki. Ezt számos jelentés követte. A szakértők vagy áttekintették ezt a módszertant, vagy saját kutatásaikat publikálták az atomerőművekben előforduló különböző események valószínűségéről és következményeiről. Egyesek viszont kritizálták a tanulmány feltételezéseit, számításait, a szakértői értékelési eljárásokat és azok objektív voltát. Az eredeti tanulmány egyik ilyen utóhatása a NUREG-1150, mely a *Korszerű reaktor-következményelemzések* címmel látott napvilágot.

A hibafaelemzéssel meghatározhatók azon berendezés-meghibásodások, amelyek a káros következmény kialakulásához vezethetnek. Ezáltal lehetőségünk nyílik, hogy megelőző intézkedésekkel az alaphibákra koncentráljunk, és csökkenthessük azok bekövetkezésének gyakoriságát. A módszer általánosan használható bármilyen rendszer elemzésében.

Az elemzés számszerűsítésének módszerei lehetnek:

- alapesemény valószínűségének közvetlen becslése
- kinetikus elmélet alapja
- Markov-láncok
- Monte Carlo szimuláció
- Boole-algebra szabályai (minimális metszethalmazok esetén)

A hibafaelemzés a rendszerhibára, azaz a csúcseseményre koncentrál, az okok meghatározásának logikai útja. Egyfajta gráf, amely a berendezés meghibásodásainak, a nem független meghibásodásoknak, valamint az emberi hibáknak a kérdéses csúcseseményt eredményező különböző kombinációit mutatja meg.

A hibafa egyfajta logikai diagram. Egy rendszeren belül kimutatja a lehetséges kritikus esemény valamint az azt valószínűsíthetően kiváltó okok között a

1. ábra Minuteman rakéta



Accident Type	Total Number for 1969	Approximate Individual Risk Early Fatality Probability/yr ^(a)
Motor Vehicle	55,791	3×10^{-4}
Falls	17,827	9×10^{-5}
Fires and Hot Substance	7,451	4×10^{-5}
Drowning	6,181	3×10^{-5}
Poison	4,516	2×10^{-5}
Firearms	2,309	1×10^{-5}
Machinery (1968)	2,054	1×10^{-5}
Water Transport	1,743	9×10^{-6}
Air Travel	1,778	9×10^{-6}
Falling Objects	1,271	6×10^{-6}
Electrocution	1,148	6×10^{-6}
Railway	884	4×10^{-6}
Lightning	160	5×10^{-7}
Tornadoes	118 ^(b)	4×10^{-7}
Hurricanes	90 ^(c)	4×10^{-7}
All Others	8,695	4×10^{-5}
All Accidents (from Table 6-1)	115,000	6×10^{-4}
Nuclear Accidents (100 reactors)	—	2×10^{-10} ^(d)

(a) Based on total U.S. population, except as noted.

(b) (1953-1971 avg.)

(c) (1901-1972 avg.)

(d) Based on a population at risk of 15×10^6 .

2. ábra. Korai halálokok kockázata a WASH-1400 jelentésben

kölcsönös kapcsolatot. Bemutatja továbbá a meghibásodási kombinációkat azon további történéseket, amik a kritikus eseményekhez vezetnek. Könnyen áttekinthető, megérthető azoknak is, akik előzetesen nem foglalkoztak a problémával.

A lehetséges kritikus esemény oka lehet:

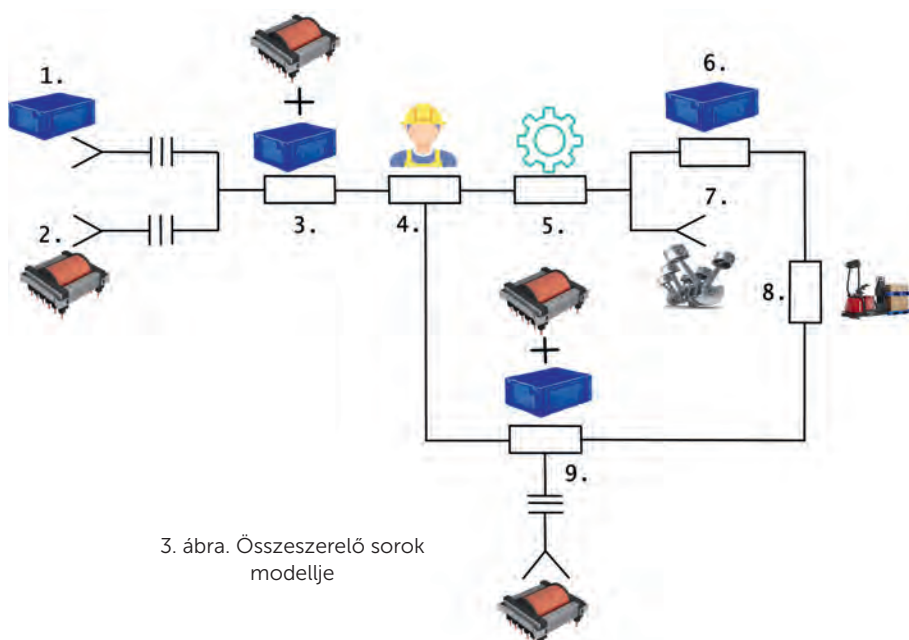
- környezeti feltétel
- humán forrásból származó hiba
- természetes esemény (amik a rendszer életében várhatóan bekövetkeznek)
- speciális elem

Az elemző megismerheti a szerkezet hibalehetőségeit. Ez lehet mennyiségi, minőségi vagy mindkettő. Viszont nem megbízható a dinamikus rendszerek elemzésekor. A lehetséges eredmények:

- a kritikus (fő)eseményt kiváltó környezeti tényezők, humán hibaforrások, stb.
- ezek lehetséges kombinációi
- egy előre megadott időintervallumon belüli kritikus esemény bekövetkezésének valószínűsége
- a diagnosztikai vizsgálatok során nem felhasználható eredmény

Az elemzés lépései:

- a probléma definiálása
- határfeltételek megadása
- szerkesztés
- a minimális metszet és mező csoportok megnevezése
- minőség-elemzés



A fő esemény elhelyezésével kezdődik hibafa szerkesztése. Majd be kell azonosítani azokat a hibaeseményeket, amelyek feltétlenül szükségesek és elégségesek, hogy mindez bekövetkezhesen. Ezek logikai kapun keresztül kapcsolódnak a fő eseményhez. Az okok első szintjének strukturálnak kell lenni. A fő struktúra okai általában a rendszer elsődleges moduljában, illetve funkcióiban hibaként szerepelnek. Az elemzést szintről szintre jutva lehet elvégezni. Az összes hibaeseményt a döntéshozásnak megfelelő szintre kell kibontani.

Mielőtt megvizsgálánánk, hogyan működik a hibafaelemzés az úrsíklók vizsgálatakor, egy egyszerűbb példán keresztül ismerkedjünk meg a módszerrel.

Vizsgáljuk meg egy összeszerelő sor működtetését (3. ábra). Az anyagáramlás logisztikai elrendezése, valamint a szállítóegységek forgalmát ellenőrző rendszer komolyan kihatnak a termelési rendszerünk eredményességére. A folyamatos termelést a szükséges mennyiségben és a szükséges időben egy automatikusan vezérelt kezelőberendezéssel valósíthatjuk meg. A beállításkor minden egyes működési paramétert figyelembe kell vennünk. Az vizsgálathoz számítógépes szimulációt alkalmazunk. A gyártósor CNC-gépeit félkész termékekkel töltjük fel. Ez automatikusan történik egy szenzorok által vezérelt, robotizált targonca segítségével. A szimulációs modell alapkoncepcióját blokkdiagrammal szemléltethetjük.

Az első fázisban egy doboz (1.), és a szimulációhoz szükséges megfelelő számú alkatrész (2.) generálódik. Az alkatrészek rakománya a 3. pontban egy dobozba kerül (ez egyfajta parkolóként szolgál egészen addig,

amíg egy következő feladatot nem rendelnek a megfelelő egységhez). Ezt a 4. operátor az 5. folyamat során a gyártáshoz fogja használni. A feldolgozóegységnek ez idő alatt teljes kapacitással tudnak működni. Az eredmény egy üres doboz (6.) és a végtermék (7.). Eközben a második fázisban (9.) egy következő, alkatrészeket tartalmazó doboz keletkezik. Amíg az első alkatrészek beépítése zajlik, ezt is a kezelőhöz (4.) szállítják. A befejezéshez az üres dobozt a targonca a megfelelő pozícióba (9.) tudja szállítani. Fenti feltételek mellett a gyártás megszakítás nélkül folytatódhat. Ezen szimuláció mintájára minden egyes összeszerelő munkahelyhez létre tudnak hozni egy ellátási folyamatot különböző állomásokkal.

A targonca műszakonként 65 ládat szállít, ami kb. 50 000 alkatrészt jelent. A jármű 1,38 m/s sebességgel halad, és 32 km távolságot tesz meg. A megfelelő programozás, elemzés során a munka folyamatos lesz.

Az analízis folyamatát *Clemens* 1993-ban mutatta be. A következő évben *Goldberg* és társai alaposabb kutatásokat végezve egy NASA tanulmányban foglalták össze eredményeiket — sikeresen felhasználva az első tanulmány eredményeit.

A NASA által kiadott *Hibafa kézikönyv a légiközlekedésben* című tanulmány alapján kövessünk végig egy konkrét hibafaelemzést.

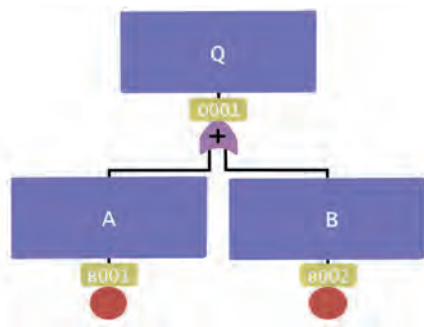
A valószínűségi kockázatértékelés (PRA) a technológiai és programozási kockázatok csökkentésére szolgáló bevált módszer. Annál is inkább, hiszen a hibafaelemzés az egyike a legfontosabb logikai és valószínűségi számítási technikáknak.

Az FTA-t már a 1960-as évek elején az amerikai űrkutatásban is alkalmazták. A rakéta-programok és a hibafaelemzés tökéletes párost alkottak. Az Apollo-program korai szakaszának legfontosabb kérdése az volt, hogy milyen valószínűséggel lehet sikeresen űrhajósokat küldeni a Holdra, majd biztonságosan vissza is hozni őket a Földre? Az elvégzett kockázat/megbízhatósági számítás eredménye az lett, hogy szinte lehetetlen ez a küldetés. Ez eltántorította a NASA-t a témában való további kutatásoktól. Ám az 1986-os Challenger katasztrófánál mégis újra előkerült az FTA. Használata nem várt sikerekhez vezetett. Ezek után a NASA egyre szélesebb körben kezdte alkalmazni. Belátták, hogy az FTA egyik legfontosabb erőssége, hogy ez egy folyamatorientált

döntéstámogató eszköz. A biztonsági alkalmazásokban ez a módszertan segít megtalálni a komplex rendszerek tervezésének, és üzemeltetésének gyenge pontjait. Ezek után szisztematikusan és hatékonyan feltárja, rangsorolja a szükséges biztonsági fejlesztéseket.

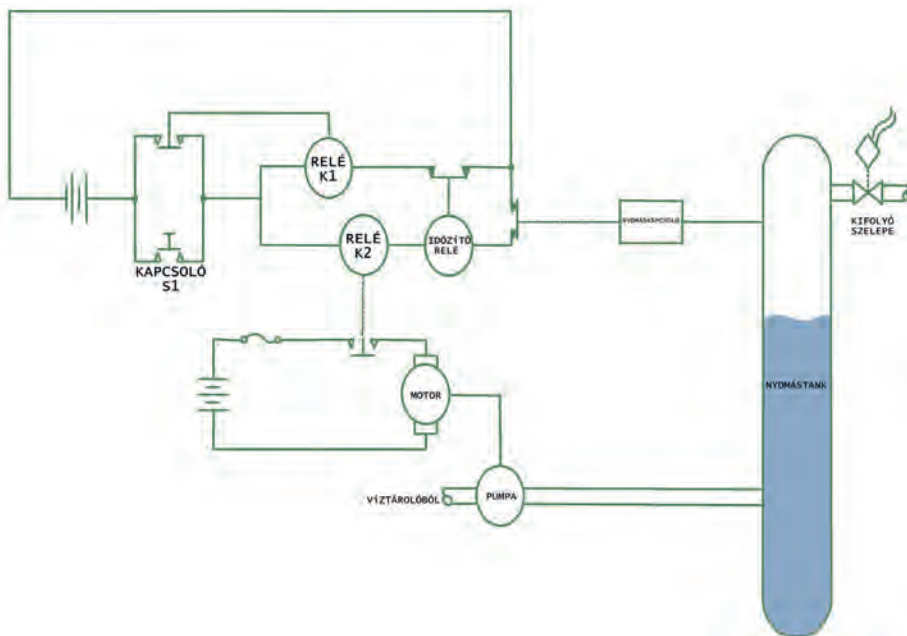
Az alacsonyabb szintig történő modellezés egyrészt időpazarlás, mivel gyakran hibás vagy sokkal nagyobb bizonytalansággal rendelkező valószínűséget ad. Egy példa a „túl sok részlet, túl sok bizonytalanságra”:

- Ne modellezze az alkatrészek közötti vezetékezési hibákat
 - o például a földzárlatok, és a tápfeszültséggel való rövidzárlatok, nagyon kis valószínűséggel fordulnak elő.
 - o összehasonlítva a főbb alkatrészek meghibásodásának valószínűségéhez képest
 - o ha nincsenek jelentősen magasabb hozzájárulók, vagy ha a vezetékeket más hibák (pl. tűz) is befolyásolhatják, akkor kell a vezetékezési hibákat is figyelembe venni.



4. ábra. Kétkapus hibafa modell
(a NASA Hibafa kézikönyv a légiközlekedésben kiadványa alapján készítette Niedermayer Eszter)

- Ne modellezze az alkatrészek közötti csővezetékhibákat
 - o a csővezetékhibák előfordulási valószínűsége általában nagyon kicsi
 - o ha nincsenek lényegesen nagyobb hozzájáruló tényezők, vagy ha a csővezetékhibák modellezése fontos, akkor kell figyelembe venni.
- Ne modellezze az emberi elkövetési hibákat
 - o az emberi elkövetési hibák azok, amelyekben az ember előre nem látható dolgot követ el.
- Ne folytassa a négy vagy több bemenettel rendelkező ÉS-kapu modellezését
 - o ne hajszoljuk a hibák magasabb rendű kombinációit, ha vannak már azonosított alacsonyabb rendű kombinációk.



5. ábra. Nyomástartály-szivattyú-motor berendezés, valamint a hozzá tartozó vezérlőrendszer (a NASA Hibafa kézikönyv a légiközlekedésben kiadványa alapján készítette Niedermayer Eszter)

A hibafa tehát egy logikai diagram. Bizonyos eseményeket ábrázol, amelyeknek meg kell történniük ahhoz, hogy más események bekövetkezzenek. Az eseményeket „hibáknak” nevezzük, ha azokat más események váltják is. Szimbólumok segítségével ábrázoljuk a különböző hibafákat. Az alapvető szimbólum a „kapu”, és minden kapunak vannak bemenetei.

A kapu kimenete a vizsgált „magasabb” hibaesemény, és a kapu bemenetele a kimenethez kapcsolódó „alacsonyabb/alacsonyabb” hibaesemény. Megrajzolásakor a fa a „magasabb” hibáktól az alaphibák felé halad. A vizsgálódáskor így kimenettől a bemenetek felé haladunk. A megfelelő kapukat használjuk a leíráshoz. A két alapvető kategória a VAGY-kapu és az ÉS-kapu lesznek. A Boole-műveletekhez hasonlóan ezek a kapuk pontosan ugyanúgy kapcsolják össze az eseményeket. Nem meglepő tehát, hogy egy-az-egyhez megfeleltetés van a Boole algebrai ábrázolás és a hibafa ábrázolása között.

A fenti két bemeneti eseményt tartalmazó VAGY-kapu egyenértékű a Boole-jelzéssel, ami a $Q=A+B$ kifejezésnek felel meg. Az A vagy a B események valamelyikének, vagy mindkettőnek be kell következnie ahhoz, hogy a Q bekövetkezzen. „n” bemeneti esemény esetén a VAGY-kaphoz kapcsolt, az ezzel egyenértékű Boole-kifejezés a $Q=A_1+A_2+A_3+...+A_n$. Ezeket tudva megállapíthatjuk, ha A és B egymást kizáró események, akkor A és B független események. Ha a B esemény teljesen függ az A eseménytől, azt jelenti, hogy amikor A bekövetkezik, akkor B is bekövetkezik.

A NASA PRA eljárási útmutatójából származó FTA modellezés szerepét nézzük meg kicsit alaposabban! A forrásnak használt kézikönyv a hibafák modellezési technikáira összpontosít. Ez lett az alapja egy megvalósított terv, például az űrrepülőgép elemzésének is.

Egyes űrutas alkalmazások esetében a cél a küldetés különböző fázisainak modellezése. A Space Shuttle missziója három fázisban modellezhető: felszállás, pályára állás és keringés valamint belépés és leszállás. A lehetséges meghibásodást minden egyes fázisban modellezni kell. Minden egyes fázisára egy hibafa építhető.

Az **5. ábra** egy nyomástartály-szivattyú-motor berendezést, valamint a hozzá tartozó vezérlőrendszert mutatja be. Az utóbbinak a célja, hogy a tartályt töltött, és nyomás alatti állapotban tartsa.

A szivattyú működésének szabályozása a vezérlőrendszer feladata. A szivattyúk folyadékot juttatnak egy „végtelen” nagy tartályból egy kisebb tartályba. Tegyük fel, hogy 60 másodpercig van a tartály nyomás alatt. A nyomáskapcsolónak vannak olyan érintkezői is, amik akkor záródnak, ha a tartály üres. Amikor eléri a küszöbnyomást, ezek az érintkezők kinyílnak, a szivattyú áramellátása megszűnik, így a szivattyúmotor leáll. A tartály ürítőszelleppel van felszerelve, ami leereszti a tartályt. Amikor ez megtörtént, a nyomáskapcsoló érintkezői bezáródnak, a folyamat megismétlődik.

Jelentősen leegyszerűsíti feladatunkat, ha a vezetékhibákat és az összes másodlagos meghibásodást elhanyagoljuk. Megvizsgáljuk az elsődleges, a másodlagos és a parancsnoki módokat is. A hibafa felépítésének legtöbb fontos lépése egyszerűen elvégezhető. Ez a szivattyú működése, amit a vezérlőrendszer szabályoz. Ekkor felmerül az első kérdés: ez az esemény hibaként van-e leírva? Tudjuk-e logikai kapukkal szimulálni az adott problémát? Majd tegyük fel a második kérdést: mit és mikor végez el az adott szabályozó rendszerünk. A következő lépésben a szivattyú folyadékot juttat egy „végtelen” nagy tartályból egy kisebb tartályba. Tegyük fel, hogy 60 másodpercig van a tartály nyomás alatt. Utána jöhet az utolsó kérdés: okozhat-e hibát egy komponens meghibásodása? Jelen esetben a válasz, „igen”.

A számítások pedig így néznek ki:

$$P[T] = 5 \times 10^{-6}$$

$$P[K2] = 3 \times 10^{-5}$$

$$P[S.K1] = (1 \times 10^{-4}) (3 \times 10^{-5}) = 3 \times 10^{-9}$$

$$P[S.R] = (1 \times 10^{-4}) (10 \times 10^{-4}) = 3 \times 10^{-8}$$

$$P[S.S1] = (1 \times 10^{-4}) (3 \times 10^{-5}) = 3 \times 10^{-9}$$

Komponens	Szimbólum	Meghibásodás valószínűsége
Üzemanyag tartály	T	5×10^{-6}
K2 relé	K2	3×10^{-5}
Nyomáskapcsoló	S	1×10^{-4}
K1 relé	K1	3×10^{-5}
Időzítő relé	R	1×10^{-4}
S kapcsoló	S1	3×10^{-5}

6. ábra. Az egyes alkatrészek meghibásodási valószínűsége: (http://www.mwfr.com/CS2/Fault%20Tree%20Handbook_NASA.pdf 138.o.)

A vizsgálódásunk ezután a tartály másodlagos meghibásodására irányulhat. Az elsődleges meghibásodás egy alkatrész meghibásodását jelentette. Ezzel ellentétben a másodlagos meghibásodás egy adott alkatrész meghibásodása egy adott környezetben. Mivel a tartály másodlagos meghibásodása állhat egy komponens meghibásodásából, egy újabb VAGY-kapu kerül bevezetésre. Előfordulhat, hogy a tartály mégis képes ellenállni a folyamatos szivattyúzásnak $t > 60$ másodperc alatt. Ám most a „csodák kizárása” szabályt kell alkalmaznunk. Ez úgy szűkíti a lehetséges megoldásokat, hogy a tartályról mindig feltételezzük, hogy ilyen körülmények között megreped. Ez a hibafán jelezhető egy olyan tiltó kapu használatával, amelynek bemenete a „folyamatos szivattyúzás $t > 60$ másodpercig”.

Minőségi szempontból a csúcsesemény vezető tényezője a K2 relé. Ez egy aktív komponens elsődleges meghibásodását jelenti. Ezért a rendszer biztonsága jelentősen javulna akkor, ha az egyetlen K2 relét inkább egy párhuzamos relépárral helyettesítenénk. Valójában azonban a rendszerben sokkal súlyosabb tervezési problémákat vehetünk észre. Ugyanis ezek, jelen esetben a nyomás helyett a vezérlést figyelik. Ennek pontosan fordítva kellene lennie! Így a rendszer megjavításának legkézenfekvőbb módja az lenne, ha egy nyomáscsökkentő szelepet szerelnénk a tartályra, és eltávolítanánk ezt a kritikus időzítőt.

Elemzésünk során a fontossági sorrendben következő alapvető esemény a T, ami a nyomástartálynak az elsődleges meghibásodása lesz. Mivel a tartály passzív alkatrész, az esemény, azaz a T valószínűségének kisebbnek kell lennie, mint a K2 esemény

valószínűsége. Méghozzá körülbelül egy nagyságrenddel. Kevésbé fontos a három kettős komponens, az S-S1, S-K1 és S-R2.

A fentebb bemutatott nyomástartály példa egy remek feladat a hibafa felépítésének alapjait tanuló hallgatók számára. A leggyakrabban elkövetett elemzési hiba, hogy a töréses eseménytől közvetlenül a nyomáskapcsolóig ugranak. Ilyenkor az egyetlen meghibásodást jelentő K2 elsődleges meghibásodásának vizsgálata teljesen kimarad. Az egyik legfontosabb tervezési alapelv, amelyet ebből a példából láthatunk az ÉS-kapuk tervezése. A rendszert úgy kell megalkotni, hogy a hibalogikában ezek a lehető legközelebb jelenjenek meg a fa tetejéhez.

A hibafaelemzés első lépése tehát mindig a vizsgált rendszer megismerése. Ahhoz, hogy ezt helyesen fel tudjuk építeni, meg kell ismernünk az adott rendszer működését, valamint azt is, hogy a rendszeren belül az egyes elemek miként hibásodhatnak meg. Ha nincs elegendő információnk, akkor előfordulhat, hogy az összes lehetséges meghibásodást fel kell tárunk a rendszeren belül.

Fontos elem, hogy definiáljuk azt az eseményt, amelynek szempontjából számoljuk a rendelkezésre állást/nem állást, és a meghibásodási gyakoriságot is. Ezen definiált esemény valamilyen hibás működést/működés elmaradását jelenti. Ezt a csúcseseménynek (TOP event) nevezzük. Analíziskor keressük az ún. elemi eseményeket (Basic event), melyek bekövetkezésekor a csúcsesemény bekövetkezik. Az elemi események kapcsolatának helyes felírása határozza meg a számítások eredményét.

Közbenső eseményeket (Intermediate event) is meg tudunk határozni. Ezek olyan események, amely bekövetkezési valószínűsége nem áll rendelkezésre, így az elemi eseményekből tudjuk kiszámolni azokat. A csúcsesemény szempontjából az elemi eseményekkel azonos módon kell ezeket is kezelni. Így lesz hierarchikus hibafarendszerünk.

Az események okait az adott rendszer folyamatábráján visszafelé kell feltárunk. Ez a deduktív analízis. Az események között logikai kapcsolatokat definiálunk logikai kapuk segítségével.

A szabályok betartásával felépített hibafa helyes és könnyen érthető lesz. Vizsgálódásunk pedig rámutat az adott rendszer esetleges gyengeségeire, amik így már kiküszöbölhetővé válnak.

KOCSIS ERZSÓ

IRODALOM

Molnárka Gergely: A hibafa analízis alkalmazása az épületdiagnosztikai szemrevételezéses vizsgálatok során. (Magyar Építőipar, 2001, vol. 1-2., 52-55. o.)

Abonyi János - Fülep Tímea: Biztonságkritikus rendszerek. (Pannon Egyetem, 2014, 72-74. o.)

Fault Tree Handbook with Aerospace Applications. (http://www.mwfr.com/CS2/Fault%20Tree%20Handbook_NASA.pdf) [utolsó megtekintés: 2022.09.11. 17:50]

Bidner, Felix: Fault Tree Analysis of the HERMES CubeSat. (https://spacegrant.colorado.edu/COSGC_Projects/symposium_archive/2010/papers/CUSRS10_14%20Fault%20Tree%20Analysis%20of%20the%20HERMES%20CubeSat.pdf) [utolsó megtekintés: 2022.09.12. 18:35]

A Digitális Technika I-II-höz kapcsolódó letölthető anyagok. (http://mit.bme.hu/~benes/oktatás/dig-jegyz_052/) [utolsó megtekintés: 2022.09.11. 17:25]

Walker, Martin - Papadopoulos, Yiannis: Fault Tree Handbook with Aerospace Applications. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096706610800186X>) [utolsó megtekintés: 2022.09.12. 19:00]

Prepared for NASA Office of Safety and Mission Assurance. (<https://sma.nasa.gov/>) [utolsó megtekintés: 2022.09.11. 21:00]

Szabó Géza: Bevezetés a hibafaanalízisbe. (BME, Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedésautomatikai Tanszék, Budapest, 1996)

Cseh Gábor: A hibafa számszerű kiértékelése. („Seveso 2” füzetek, 4. sz., Budapest, 2002)

Strnad, David - Fedorko, Gabriel - Ščavnický, Patrik: Modeling of the two shuttle box system within the internal logistics system using simulation software. (<https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/eng-2021-0090/html>) [utolsó megtekintés: 2022.09.17. 12:45]

E SZÁMUNK SZERZŐI

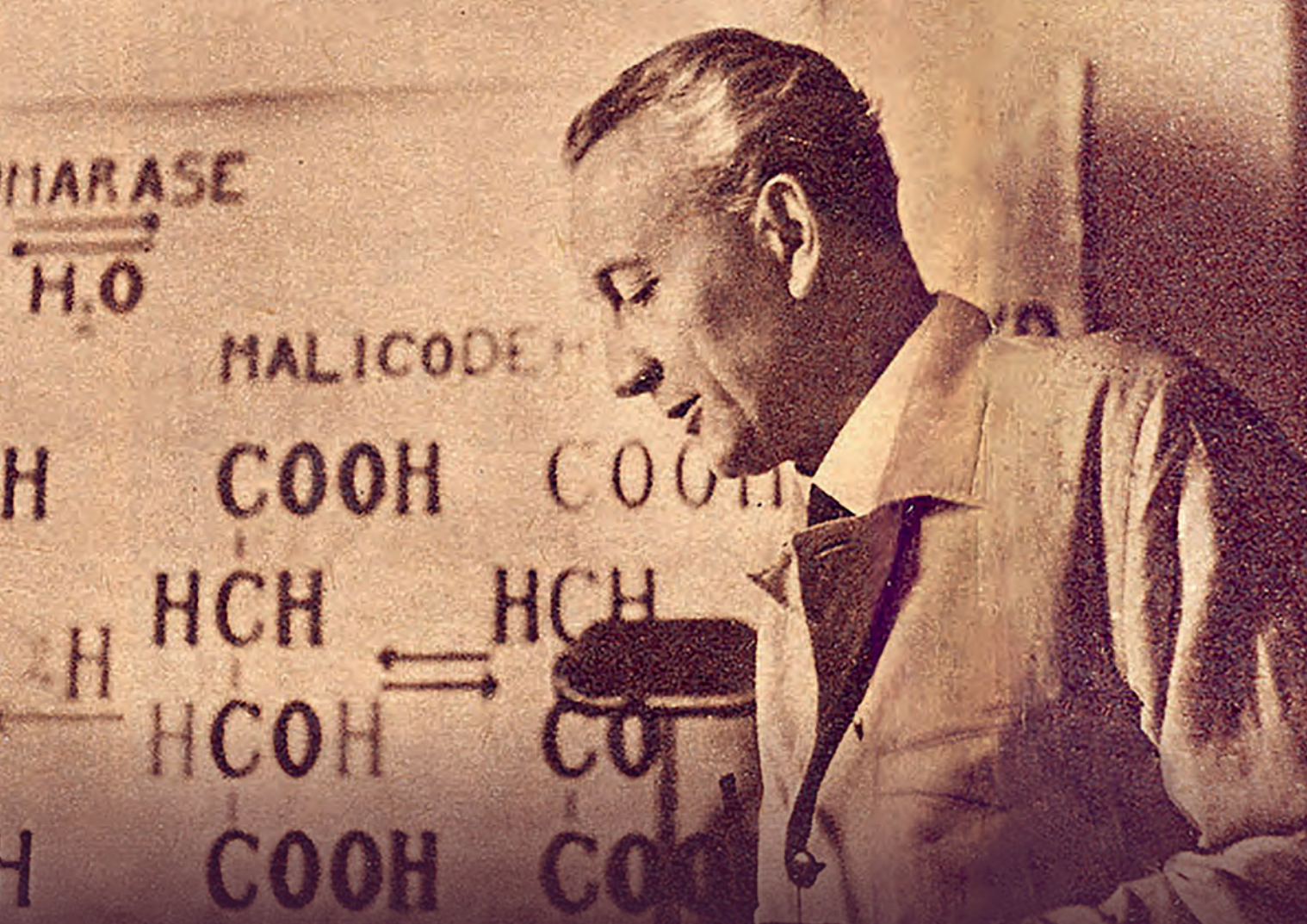
HÉRINCSDÁVID: meteorológus, Országos Meteorológiai Szolgálat, Budapest; **JÁRAI ANTAL:** professor emeritus, ELTE Informatikai Kar, Komputeralgebra Tanszék; **KÁRPÁTI LÁSZLÓ:** angoltanár, doktorandusz, lektor, fordító és gyermekvédelmi gyám; **KOCSIS ERZSÓ:** főiskolai hallgató, WJLF Környezetbiztonsági Tanszék, Budapest; **KUTROVÁTZ GÁBOR:** egyetemi docens, BME Filozófia és Tudománytörténet Tanszék, Budapest; **PATKÓS ANDRÁS:** fizikus, akadémikus, ELTE Atomfizikai Tanszék, Budapest; **SZENTPÉTERI LÁSZLÓ:** tudományos újságíró, az Űrvilág webmagazin alapítója; **TASINÉ CSÜCS ILDIKÓ:** PhD. történész-könyvtáros, SZTE Klebelsberg Könyvtár Tartalomszolgáltató Osztály, Szeged; **TÓSZEGI ZSUZSANNA:** PhD, címzetes egyetemi docens, ELTE BTK Könyvtár- és Információtudományi Intézet, Budapest.

KÖVETKEZŐ SZÁMUNKBÓL

FUTÓ PÉTER: A kozmokémia és az asztroásványtan szerepe a bolygó kutatásban

KONRÁD KRISZTINA DÓRA – BEDE-FAZEKAS ÁKOS – MOLNÁR ZSOLT – SOMODI IMELDA: Magyarország tájtípusai a lehetséges növényzet alapján

TÓSZEGI ZSUZSANNA: Az év ifjú természetfotósa – 2022



MIÉRT EMIGRÁLT SZENT-GYÖRGYI ALBERT?

Rákosi volt az ok

Bár Szent-Györgyi Albertet és a C-vitamin kapcsolatát szinte minden magyar ember ismeri, kevesen tudják, hogy miért kényszerült elhagyni az országot a Nobel-díjas tudós.

Szent-Györgyi Albert emigrálásának az oka talán azért nem ismert még széles körben pontosan, mert maga Szent-Györgyi is – az Egyesült Államokban keletkezett visszaemlékezéseiben – szépítve írt róla. Úgy idézte fel, hogy éppen Svájcban sielt, amikor értesítést kapott arról, hogy tókés barátját, Dr. Ráthot bebörtönözték. Tudta, hogy egy orosz börtönbe zárhatták be, de neki sikerült őt kihozni onnan és aztán tőle tudta meg, hogy „mi folyik a börtön falain belül.”

„Láttam, hogy Sztálin egy cseppet sem jobb Hitlernél” – hangzik az amerikai közönségnek szánt sommás megállapítás. Az 1976-ban és 1963-ban megjelent visszaemlékezések még bőven a hidegháború idején íródtak, így teljesen érthető, hogy az írásművekben a szovjet-ellenesség kerül előtérbe és nem a magyar belpolitikai viszonyok. Levonta a tanulságot barátja meghurcoltatásából és úgy döntött, hogy nem tér vissza többé hazá-

jába. Ezért feleségével és barátjával egy rövid angliai kerülő út után, 1947. augusztus 2-án amerikai tudósok segítségével szerencsésen emigrált az Amerikai Egyesült Államokba. A későbbiekben itthon hallgattak Szent-Györgyiről, és emigrációja kitudódása után jó ideig neve csak negatív megítélésben hangzott el hazai körökben.

A cenzúrázott Nobel-díjas

Az 1970-es években aztán fordulat következett be. Ugyanis az MSZMP X. kongresszusán deklarálták a tudomány és politika egymásra utaltságát, sőt, szövetségi szerepét. Ennek a központi direktívának köszönhetően, amit Aczél György a korszak vezető kultúrpolitikusa is megerősített, fordult hivatalos körökben is a figyelem a nyugaton élő tudósok, így Szent-Györgyi felé is. Valóságos újrafelfedezése indult meg az Amerikában



Első hivatalos látogatás Magyarországon 1973-ban.
Bay Zoltán, Szent-Györgyi Albert, Straub F. Bruno
a repülőtéren (SZTE Klebelsberg Könyvtár Szent-Györgyi
Albert Fotóalbumai)

elő Nobel-díjas kutatónak. Az 1970-es években több művét is lefordították és megjelentették magyarul, 1973-ban a Szegedi Biológiai Központ avatási ünnepe kapcsán hivatalos látogatást is tett Magyarországon. A nyolcvanas évek elején még a visszaemlékezéseit is megjelentették, de ezt már óvatosabban, mert több kommunistaellenes részt is tartalmazott. Épp ezek a művek az ékes bizonyítékai annak, hogy a rendszerváltás előtt néhány évvel is milyen hatékonyan működött még a szocialista cenzúra hazánkban. Kihúzták belőlük többek közt a Tanácsköztársaság kritikáját, a szovjet hadsereg magyarországi visszaéléseit és a tőkés barátra vonatkozó részeket. A két visszaemlékezésből – a szerzői jogokkal mit sem törődve – egyet csináltak, és más művekkel és tanítványi memoárokkal elegyítve Szent-Györgyi Albert szerzőségével *Válogatott tanulmányok* (Gondolat Kiadó, Budapest) címmel jelentették meg 1983-ban, tehát még a tudós életében.

Azonban a sok kihagyásnak súlyos következménye lett: egy téves elképzelés alakult ki Szent-Györgyi emigrációjáról. Az amerikaiaknak előadott magyarázat módosult: Ráth István tőkés barát bebörtönzésének

helyébe Zilahy Lajos íróbarát bebörtönzése lépett. Viszsaemlékezéseiben ugyanis két barátról tett említést: először íróbarátjáról, Zilahy Lajosról szólt, majd rátért tőkés barátjára, Ráth Istvánra és annak bebörtönzésére. De a Ráthra vonatkozó részeket teljesen kihúzták, kivéve azt a mondatot, hogy „Barátom letartóztatásának hírére elhatároztam, hogy többé nem térek haza.” Mivel előtte Zilahyról írt Szent-Györgyi, az olvasó úgy gondolja, hogy ez a mondat is rá vonatkozik. (Ugyanis a kihagyást nem jelölték, folyamatosan írták a szöveget, mintha az eredeti tükörfordítása lenne. Csak akkor vesszük észre a tévedést, ha a magyar fordítást összevetjük az eredeti angolal!)

Ezek után magyar vonatkozásban elfogadott lett az a megállapítás, hogy Szent-Györgyi íróbarátja, Zilahy Lajos letartóztatása miatt hagyta el az országot. A tévedés gyökeret vert a kutatásban és az ekkortájt megjelent magyar kötetekben, tanulmányokban mindenhol megtalálható. Pedig Zilahyt, akit a Magyar-Szovjet Baráti Társaság alapítására a szovjetek kérték fel 1945-ben, soha nem tartóztatták le! Viszont egy évvel Szent-Györgyiék után, 1948-ban ő is elhagyta az országot.

Eközben a tengerentúlon 1988-ban napvilágot látott angolul Ralph W. Moss Szent-Györgyi monográfiája (Moss, R. W. *Free radical: Albert Szent-Györgyi and the battle over Vitamin C*, Paragon House, New York 1988),

amiben a tudós természetesen a tökés barát, Ráth István bebörtönzéséről nyilatkozik. De ez a munka csak 2003-ban jelenik meg magyar fordításban, túl későn ahhoz, hogy a kutatásban kiszorítsa a rossz információt.

Pedig Szent-Györgyi nemcsak amerikai életrajzírójának adott nyilatkozataiban tért ki emigrációja okára, hanem magyar újságírónak adott hivatalos interjújában is. Halála előtt két évvel, 1984-ben a *Népszabadság* tudósítójának emigrációja okáról így nyilatkozott: „Értesülésem volt: Rákosi azt fontolgatta, hogy engem szögesdrót mögé kell dugni. Vagyis Rákosi volt az ok. Eleinte jó viszonyban voltunk, bár barátságban nem, de nekem Rákosi mindent megtett. Amíg aztán nagyon elhidegedett a viszony és eljutott hozzám ez az értesülés.” (Vajda Péter: Szükséges a barátság a Szovjetunióval, Szent-Györgyi Albert nyilatkozik a Népszabadságnak, *Népszabadság*, 1984. augusztus 19. 7.)

Tehát nem csupán egy jó barát iránti szolidáris gesztusról beszél, hanem arról, hogy megromlott a kapcsolata Rákosival és személyes szabadsága került veszélybe. Joggal feltételezhetjük, hogy a magyar honfitársának őszintébben szólalt meg a tudós, mint amerikai életrajzírójának. Szent-Györgyi ugyanis amerikai közönségnek szánt nyilatkozataiban soha nem tett a hazáját lejárató kijelentéseket.

Konfrontáció a hatalommal

De vizsgáljuk meg az eseményeket időrendben! Hogyan alakult a kiépülő kommunista hatalom és Szent-Györgyi kapcsolata? Az 1945 után itthon és külföldön is nagy elismerést élvező tudós hogyan konfrontálódhatott ilyen élesen a regnáló hatalommal? Ki volt Ráth István és milyen kapcsolatban állt Szent-Györgyivel és miért került börtönbe?

Mindenekelőtt az 1945 előtti történésekből kell kiindulnunk. A Horthy-korszakban, bár Szent-Györgyi volt az ország egyetlen itthon élő Nobel-díjas tudósa, a korszak politikai köreiben nem volt igazán elismert ember. Őt is Klebelsberg hívta haza 1930-ban és munkájához nemcsak státuszt és kutatási lehetőséget, hanem Rockefeller Alapítványi támogatást is biztosított számára. Ő úgy gondolta, hogy a XX. század a természettudományok százada lesz, de az őt követő kultúrpolitikusoknak nem volt ilyen széles látókörű gondolkodásuk. Ráadásul – a gazdasági válság hazánkba való begyűrűzése miatt – a lehetőségeik is beszűkültek. Sajnos a magyar politika

akkori szereplői túlnyomórészt társadalomtudományi végzettségűek voltak és a magyar középiskolai oktatásnak köszönhetően szerény természettudományos műveltséggel rendelkeztek. Még Hóman Bálint történész kultuszminiszter is, amikor a Nobel-díj elnyerése után felkereste Szent-Györgyit a laboratóriumában, így nyilatkozott: „*Hallom Albert, hogy az, amit te csinálsz, a C-vitamin egy nagy svindli. Nem baj, azért csak csináld, legalább több paprikát fogunk eladni külföldön.*” Horthy Miklós kormányzó pedig egy kitüntetés alkalmával összetévesztette őt egy lókereskedővel.

Ilyen előzmények után érthető, hogy amikor a megszálló szovjetek Szent-Györgyit mint világhírű tudóst Molotov külügyminiszter utasítására kimenekítették a frontvonalból, Szent-Györgyi is úgy gondolta, hogy másféle világ következik. Szent-Györgyi és családja 1945 január-februárjában legfelsőbb utasításra Malinovszkij marsall főhadiszállásának vendégszeretétét élvezhette úgy egy hónapig. 1945 júniusában pedig meghívták a Szovjetunióba egy hivatalos akadémiái ünnepségre, aminek végeztével még három hetet töltött az országban, tanulmányozta a köztársaságok életét, a tudomány helyzetét.

Ő és jónéhány kortársa nagy reményekkel néztek a kibontakozni látszó demokratizálódási folyamat elé. Ez volt az az időszak Szent-Györgyi életében, „amikor ahelyett, hogy keserű ellenkezésben állt volna a társadalommal, a társadalmat próbálta meg saját elveire átformálni” – így foglalta össze barátja, Bay Zoltán fizikus.

Ráth István és felesége Szent-Györgyiék amerikai otthonában (SZTE Klebelsberg Könyvtár Szent-Györgyi Albert fotóalbumai, szerző saját feliratozása)



Az itthoni vezető magyar kommunista politikusokat is (Rákos Mátyás, Gerő Ernő, Vass Zoltán) a szovjet vezetők Szent-Györgyi iránti megkülönböztetett tisztelete együttműködésre kötelezte. A közös cél az ország gazdasági és kulturális helyreállítása volt. Szent-Györgyi azonnal állást kapott Budapesten a Pázmány Péter Tudományegyetemen, ahová a Horthy-korszakban többször is hiába pályázott. Elnyert számos fontos közéleti pozíciót anélkül, hogy tagja lett volna bármelyik pártnak. Beválasztották az Ideiglenes Nemzetgyűlésbe, majd az 1945-ös választások után a Nemzetgyűlés tiszteletbeli tagjai közé, díszelnöke lett a Magyar-Szovjet Baráti Társaságnak, elnöke az Országos Köznevelési Tanácsnak. Gerő Ernő javaslatára beválasztották a Politikai Bizottság tagjai közé, ami a nemzetgyűlések közötti időszakban a törvényhozás legfőbb szerve volt. De helyet kapott 1945 őszén az Országos Nemzeti Bizottságban is. Pozícióit, kapcsolatait mindig tudóstársai, barátai megsegítésére használta fel.

A kutatási támogatásokat illetően 1945-ben, az akkori ínséges körülmények ellenére, lehetőségeihez képest még a magyar kormány sem fukarkodott a támogatással. Áttekintve a forrásokat, megállapítható, hogy 1945-ben ugyan leginkább a szovjetek támogatottságának köszönhetően, de respektálták elképzeléseit és teljesítették anyagi kéréseit. A vezetése alatt működő Biokémiai Intézet felújítására kapott kisebb összegek mellett, szeptember 17-én, három hónapra havi 20-20 millió pengő támogatást nyert el — bemutatott költségvetési terv alapján — kutatásra és a kutatók személyes szükségleteinek kielégítésére. Mai ésszel nehéz elképzelni, de a kapott összeg nagyrészt a tudósok élelmiszerrel és ruházattal való ellátására volt csupán elég. Óriási kedvvel és lendülettel fogott hozzá a magyar tudományos élet megreformálásához is. A szovjet támogatottságot kihasználva 1945. szeptember 6-án létrehozott egy önálló Természettudományi Akadémiát mint a Magyar Tudományos Akadémia ellenlábását. Itt tűnik fel először az oldalán Ráth István vállalkozó, mint a Természettudományi Akadémia gazdasági igazgatója. Négy hónappal később Ráthot már a József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tiszteletbeli doktorává terjesztik fel. Keresztury Dezső vallás- és közoktatási miniszter ismerteti az életrajzát: 1903-ban Hódmezővásárhelyen született, középiskoláit a kolozsvári református kollégiumban végezte, majd 1921-ben Berlinben a Fogorvosi főiskolán fogász doktori képesítést nyert. Később a romániai olajkutatásban vesz részt (és hozzáfűzhetjük, hogy szerezte vagyont), majd 1941-ben Budapesten szájsebészeti magánklinikát létesít. A háború után vegyipari termékek, elsősorban

vitaminok gyártásába fogott, ezekből jótételei számlára külföldre is szállított. Szent-Györgyi szerint Ráth egy nagyon gazdag ember volt, akinek szénbányákban, vegyszergyárakban — és ami az ügy szempontjából lényeges — gyógyszergyárakban is voltak érdekeltségei. A gyógyszerész szakirodalomból tudjuk, hogy a nevéhez köthető gyógyszerceég, 1945 szeptemberében Servita Labor névvel kezdte el a működését. Pecsétjén ez szerepelt: Servita Labor Dr. Gőzsy és Társai Budapest IV. ker. Kristóf tér 4, de októberben már részvénytársasággá alakult Servita Gyógyszergyár és Vegyipari Rt. (központ: Budapest Somogyi Béla u. 1.) néven szerepel. A cég részvényesei és alapítói a következők voltak: Szent-Györgyi Albert Nobel-díjas biokémikus, orvos, Gőzsy Béla gyógyszerész, később a kanadai Montreal Egyetem biokémia professzora, Deutsch Sándor nagyvállalkozó a Hungária Vegyi és Kohóművek vezérigazgatója, Ráth István vállalkozó, Zemplén Géza, később Kossuth-díjas iskolateremtő szerves kémikus, Seidl Ottó, Schermann Vilmos és Welczér Dezső. A vállalat vezérigazgatója Ráth István volt, tudományos igazgatója Szent-Györgyi Albert. A cég egyik fő célkitűzése volt a penicillin behozatala hazánkba, majd annak itthoni előállításra. A penicillin antibiotikum behozatalában Szent-Györgyi cége az elsők között volt hazánkban.

Fogy a levegő

Szent-Györgyi kutatásainak állami támogatása azonban csupán egy évig tartott. 1946 őszén már azt érezte, hogy támogatásának mértéke csökken vagy teljesen elmarad. Szent-Györgyi éles hangú levelet intézett Nagy Ferenc miniszterelnökhöz, amiben jelezte, hogy a kiutalt összeg az intézet költségvetésének egyharmad részére volt elég, egy második harmadot más forrásból szerez be, a maradékot pedig saját vagyonából fedezi. Kérte, hogy bocsássák rendelkezésére a szükséges összeget, ellenkező esetben bezárja az intézetet és elfogadja egyik külföldi meghívását. Ekkor még kérése meghallgatásra talált, és kiegészítették a támogatását.

1946 novemberében súlyos sajtótámadás érte a Servita Rt.-t. A *Szabad Nép* november 3-i, 249-es számában cikk jelent meg ismeretlen szerző tollából *Több millió forintot keresett egy gyár a penicillinen* címmel. Szent-Györgyi és Ráth felháborodásukat a Bán Antal iparügyi miniszterhez írt közös levelükben fejtették ki. Leszögezték, hogy összesen 267 000 forintot forgalmazott a Servita Rt. penicillin eladással. Ráadásul — írták — a cég igen nagy mennyiségű penicillint oszt szét állandóan olyan fizetni nem tudó betegek között, akik a hivatalos ingyen gyógyszer megszerzésének bürokratikus

útját nem tudják megjárni. Szent-Györgyi külön levélben tiltakozott, és sajtó-helyreigazítást kért Molnár Erik népjóléti minisztertől is. Ez nem történt meg, pedig a rágalmozó cikk több gyógyszer-gyárat is megvádolt nyerészkedéssel, ami bizonyára már a magyar gyógyszergyárak 1948-ban bekövetkező államosításának az „előszele” is volt.

Ellopott autó és sofőr

1947 tavaszára sikeresnek bizonyult az 1945-ös választásokon győztes kiskgazdapárt feldarabolásának taktikája, június 1-én lemondásra kényszerítették Nagy Ferenc kiskgazdapárti miniszterelnököt. Ezzel együtt felfokozódott a kiskgazdákkal kapcsolatot tartó „reakciós tőkés körök” elleni kommunista propaganda. Ennek esett áldozatul Ráth István is, akinek „rejtélyes eltűnése” kitűnően mutatja be a megsemmisítő kommunista gépezet működését.

Ráth volt az az ember, akin keresztül a szovjetek előtt nagy becsben tartott Szent-Györgyin fogást talált a kiépülő kommunista hatalom.



Szent-Györgyi Albert a laboratóriumban
(SZTE Klebelsberg Könyvtár
Szent-Györgyi Albert Fotóalbumai)

A felgyorsult eseményeket a *Kis Újság* (a Független Kisgazda-, Földmunkás és Polgári Párt lapja) hasábjain követhetjük nyomon a legjobban. A lap 1947. június 28-i, szombati számában a második oldalon a következő kis hír áll: „Ellopták a Servita gyógyszergyár autóját a sofőrrel együtt.” Majd leírja, hogy előző nap feljelentést tett a cég, hogy a Pannónia u. 8. sz. ház elől a Wabag svájci gyógyszerbehozatali cég gépkocsiját sofőrrel együtt ellopták. A gépkocsi egy nyolchengeres, öt személyes, feketére lakkozott Cadillac. A sofőr, Schmidthoffer János a Servita legmegbízhatóbb alkalmazottja volt és valószínűleg „egy veszedelmes gengszterbanda büntényéről van szó”. A következő, 1947. június 29-i, vasárnapi számában már a címlapon szerepel a hír: „Rejtélyes módon eltűnt Ráth István, a Műegyetem díszdoktora”, majd a harmadik oldalon a következő címmel részletezi az eseményeket: „Rejtélyes körülmények között eltűnt Dr. Ráth István, a Servita Rt. vezérigazgatója”. A cég egyik igazgatója nyilatkozott: „Az egyébként Svájcban kölcsönkapott Cadillac gépkocsi mellett nemcsak a sofőr, hanem az Rt. vezérigazgatója is eltűnt.” „Lehetséges, hogy nem rablás, hanem szökés történt?” – veti fel a lehetőséget az újságíró, majd bemutatja az igazgatót és a céget. Ráth a háború után jött Magyarországra és Budapesten egy nagy nemzetközi szállítócéget alapított. A háború után a Hungária Műtrágyagyár és a belga Solvay csoport közreműködésével létesítette a Servita Gyógyszervegyészeti Rt.-t, amely az első penicillint hozta be az országba és később új gyártelepén penicillingyártásra is be akart rendezkedni. Május végén, június elején hosszabb üzleti tárgyalásokat folytatott külföldön: Brüsszelben, Londonban. Érdekes, hogy egy másik „hasznos eltűnése” is tudomást szerzett a lap és abban az ügyben is erélyes nyomozás folyik.

A Ráth elleni sajtópropaganda a legnyilvánvalóbban a *Magyar Szó* 5. évfolyamának 164. számában (1947. július 3., csütörtök) érhető tetten. Eszerint Ráthnak luxusautójával sikerült átjutnia a határon és csatlakoznia Gordon Ferenc volt svájci követhoz. Ezzel súlyos dolgok lepleződtek le, az, hogy Nagy Ferenc, volt miniszterelnök részt vett Ráth István feketetőzsdés üzelmeiben. Ráth tudniillik nagy üzemének gyógyszerbeszerző útvonalait használta ki arra a célra, hogy árut szerezzen be magának és azt fekete tőzsdén értékesítse. Az áru beszerzésében Gordon Ferenc követ segített neki, a lelepleződés ellen pedig Nagy Ferenc (akkor már lemondott) miniszterelnök védte meg. A szóban forgó személyek nemcsak súlyos politikai árulást követtek el, hanem a népi vagyont is fosztogatták, ezért tűntek el ilyen gyorsan a népharag elől.

Menekülés Svájcba

Szerencsére Szent-Györgyi 1947 júniusában előre értesült arról, hogy mi fog történni. Nagyon valószínűnek tartjuk, hogy Szent-Györgyi vejének, Libik Györgynek a munkaadója, Gerő Ernő közlekedésügyi miniszter informálhatta őt. De nemcsak arról értesítették, hogy Ráth van veszélyben, hanem arról is, hogy Ráth révén ő maga is. Ezért Szent-Györgyi hirtelen elhatározással Svájcba utazott „síelni”, de megbeszélte a feleségével, hogy értesítse őt, ha Ráthtal valami történik. Hamarosan megkapta a hírt, hogy barátja váratlanul eltűnt, amiről a sajtó is tudósított, meglebegtetve a sikkasztás miatti külföldre szökés lehetőségét. Szent-Györgyi először táviratot küldött Rákosinak, majd Dinyés Lajos újonnan kinevezett miniszterelnöknek, amiben kérte Ráth szabadon engedését. Mivel erre semmilyen intézkedés nem történt, a Szovjet Tudományos Akadémián keresztül, amely éppen 1947 tavaszán választotta be tagjai közé, táviratozott Molotovnak. Kilátásba helyezte, hogy ha nem engedik ki az országból Ráthot, akkor nemzetközi sajtókonferenciát fog tartani, amelynek keretében elmondja, hogy mi történik Magyarországon.

Szent-Györgyi egyik visszaemlékezésében van egy freudi elszólás a helyzetét illetően. Azt írja, hogy „szabadlábban” és Svájcban volt éppen, így fel tudta volna hívni

Szent-Györgyi Albert elmaszkírozva szovjet tisztek társaságában (SZTE Klebelsberg Könyvtár Szent-Györgyi Albert Fotóalbumai)





Zilahy Lajos író (középpont) Szent-Györgyiéknél Woods Hole-ban az 1950-es években (SZTE Klebelsberg Könyvtár Szent-Györgyi Albert Fotóalbumai, szerző saját feliratozása)

a világ figyelmét arra, hogy mi folyik a hazájában. Ez pedig rossz pont lett volna a helyi kommunista vezetőknek Moszkvában. Szent-Györgyi sikerrel járt, Ráthot kiengedték, útlevelet is kapott és Szent-Györgyi feleségével együtt sikeresen elhagyta az országot.

A *Kis Újság* pedig egy váratlan fordulattal hirtelen Ráth előkerüléséről tudósított. A lap 1947. július 3-i, csütörtöki számának címlapján: „Váratlanul megkerült Ráth István a Servita vezérigazgatója. A *Kis Újság* munkatársának elmondja »eltűnésének« érdekes történetét.” Ráth — a tudósítás szerint — néhány nappal korábban egyik munkatársát kereste fel Szeged környékén, akivel egy gyermekasztma elleni szer előállításán dolgoznak. Hirtelen elhatározásból ment el, családját nem értesítette. Talán kicsit hosszabbra nyúlt Szeged melletti tartózkodása, ráadásul olyan helyen volt, ahol újság, telefon sem volt, azok tartalmáról csak megérkezése után értesült. Utasította ügyvédjét, hogy a róla megjelent cikkeket cáfolja meg. A cikkíró többször kiemeli, hogy Ráth Szent-Györgyi professzor közeli munkatársa és hogy milyen érdemei vannak a hazai penicillinellátásban. Végül Ráth doktor mosolyogva megígérte, hogy nem fog többet eltűnni.

Bay Zoltán írja visszaemlékezéseiben, hogy Szent-Györgyi Svájcban látta meg Ráth kínzások okozta sebeit és azt mondta, hogy ezek közé az „elvetemült csirkefogók”, közé ő nem megy haza, és addig nem teszi be a lábát Magyarországra, ameddig ez a bűnös rendszer uralmon van. Ráth István nem pusztán gyógyszergyártulajdonosként volt terhére a kommunista hatalomnak. Kitűnő kapcsolatai voltak szerte a világon, az angolokkal, svájciakkal, de még amerikai üzletemberekkel is. Ezért a legfőbb vád ellene az volt, hogy az angoloknak

kémkedett. Az Állambiztonsági Szolgálatok Történelmi Levéltárának egyes kihallgatási jegyzőkönyvei szerint ipari kémkedést folytatott, de azt is valószínűsítették, hogy a németekkel is együttműködött. Bay Zoltán szerint az Andrássy út 60-ban ezért majdnem agyonverték. Az is a terhére volt róható, hogy baráti kapcsolatot ápolt Nagy Ferenc kiscgazdapárti, lemondott magyar miniszterelnökkel. „Nagy Ferencet Ráth zsebre tette. Ráthnak diplomata útlevele volt, és ha kellett rendelkezésére állott repülőjegy Svájcba, Londonba, de leggyakrabban svájci rendszámú, diplomata kocsijával járt ki külföldre.” — hangzik egy vallomás.

Célkeresztben

Ahogy a koncepciók perек logikájával összefüggést teremtetek Nagy Ferenc és Ráth István között, követve ezt a gondolatmenetet, nagyon valószínű, hogy a következő összefüggés — Ráth István és Szent-Györgyi üzleti és baráti kapcsolatai miatt — Szent-Györgyi bevonása lett volna a történetbe. Ennek a lehetőségét már előkészítette a *Szabad Nép* 1946. november 3-i cikke, amely nyereszkeséssel vádolta meg a penicillin kapcsán Ráthot és Szent-Györgyit együtt. Nagyon valószínű, hogy Nagy Ferenc nevéhez köthető „köztársaságellenes összeesküvés” vádjával elindított Magyar Közösség ügyébe így könnyen bevonható és likvidálható lett volna a Nobel-díjas tudós is.

Szent-Györgyi, bár távozását Magyarországról véglegesnek gondolta, de ezt természetesen a vezetéssel nem közölte. Igyekezett azt a látszatot kelteni, hogy csupán tudományos munkája és a tengerentúli jó műszerezettség kényszeríti őt a külföldön maradásra. Az így nyert időt pedig arra használta fel, hogy tanítványait fiktív papírok segítségével az országból kimenekítse. A hivatalos távolmaradást olyan meggyőzően tudta elhitetni, hogy 1948-ban az első kihirdetett Kossuth-díjnak is a kitüntetettje lett. De a díjat soha nem vette át, azt utóbb ki is osztották a tanítványai között, mégis a kommunista adminisztrációban sokáig nagyon jól mutatott a Nobel-díjas tudós otfelejtett neve.

A kimenekített munkatársak közül Gombás Pál elméleti fizikus visszatért Magyarországra, így Szent-Györgyi tevékenysége lelepleződött. Az MTA-ban 1949-ben a tudomány marxista-leninista tudománnyá alakítása során, egy tisztogatási folyamat eredményeként Szent-Györgyit és munkatársait is eltávolították a Magyar Tudományos Akadémia tagjai közül. Akadémiai rendes tagságát életében soha nem kapta vissza, csak amikor 1989-ben tömbben rehabilitálták az 1949-ben eltávolítottak egy részét. Ez bizony élete végéig nagy szívfájdalma maradt a magyar tudományosság egyik legkiemelkedőbb alakjának.

TASINÉ CSÚCS ILDIKÓ



INTERJÚ DARÓCZI CSABÁVAL, A 2022-ES ÉV TERMÉSZETFOTÓSÁVAL

Nem a fényképezőgép a lényeg, hanem aki mögötte van

Hetedik alkalommal nyerte el a naturArt által kiírt pályázaton Az Év Természetfotósa kitüntető címet, másodszer Az Év Természetfotója fődíját is egyben. Az egyedülálló bravúrt tovább fokozta, hogy a 120 kiállított képből 18 Daróczi Csaba műhelyében készült – a fotópályázat három évtizedes történetében egyikre sem akadt példa. Az utóbbi évek legeredményesebb magyar természetfotósa 2022-ben további jelentős hazai és nemzetközi sikereket elérve gazdagította a saját és a magyar természetfotósok hírnevét.

— *Olvasóink és a szerkesztőség nevében is őszinte elismeréssel gratulálok ehhez az újabb kettős sikerhez! Beszélgetésünket kezdjük Az Év Természetfotója fődíja, és egyben az Élet a vízfelszín alatt kategória I. díját elnyert felvétellel. A halak csillagképe című, bravúros felvételt nemcsak az ÉTF-pályázaton díjazták, de a Magyarország 365 fotópályázaton szintén a legjobbnak találták a Természet és táj kategóriában. A műhelytitkokról készített saját videójában (<https://bit.ly/3XCnb4M>) bemutatja, hogy egy ilyen különleges képhez nem elég a jó ötlet, a felvétel komoly technikai előkészületeket és jó néhány kint töltött éjszakát igényelt.*

— Jó, hogy a videó szóba került, hiszen azért készítettem, hogy bemutassam, egy ilyen felvételt el lehet készíteni egyetlen expozícióval is. Őszintén megvallva, magam sem hittem volna egy hasonló képről, hogy az nem a jól ismert multiexpozíciós technikával készült. Számomra pont az jelentett kihívást, hogy ez a fotó egyetlen expozícióval készüljön el. Kell hozzá egy manuálisan állítható objektív, mely alkalmas arra, hogy az expozíció alatt változtassunk a blendén és az élességen. A tervezett képhez szögvasakból készítettem egy állványt, valamint egy felülről nyitott üvegdobozt,

amibe a fényképezőgép került. A képkészítésre több éjszakát rászántam, de végül minden összejött: a telefonról vezérelt fényképezőgép, a kép visszanezethetősége, a két vaku vezérlése. A napok teltevel a Hold feljött az égre, így a természetes fény is szerephez jutott.

— *Az Év Természetfotósa díjat nem a zsűri szavazza meg, ezt a címet az kapja, akinek a képei a legmagasabb pontszámot érik el a kategóriákon belüli helyezések összegzésével. Négy felvétele első, további képei második és harmadik díjat nyertek számos kategóriában, de jó néhány különdíjat is kapott. Kezdjük a sort a Kezünkben a Föld kategória nyertes képével!*

— Ha kitalálok egy témát, a helyszínen napokig, hetekig szoktam dolgozni a képeimen. Az esküvői vendég azon kevés fotók közé tartozik, amelyekre nem készültem előre, ide esküvőt fényképezni mentem. Napközben láttam lepkéket máshol pihenni, de nem értem rá velük foglalkozni, az esti mulatság alatt mégis meglett ez a kép is.

Sokan kérdezik, mennyi időt töltök egy kép elkészítésével: az előző fotó az egyik véglet, amelyhez hetek munkája és évtizedek tapasztalata kell, a lepkés fotó viszont egy perc alatt elkészíthető, és erre felkészülni sem lehet. Nem győzöm hangsúlyozni, hogy nem attól lesz jó egy kép, mennyi időt fordít rá a fotós: minden a tartalomon múlik.

— *A Magyar Fotóművészek különdíját kapta a Trigonometria című kép, amelyen nemcsak a fények, az árnyékok és a hullámok játéka alkot lenyűgöző kompozíciót, de még a madár is a létező legjobb szögben, a megfelelő élességi síkban repült be a képbe.*

— Nincs messze tőlünk a Duna-völgyi-főcsatorna, ahol az egyik híd alatt néhány pár füsti fecske fészkel a nyáron. A lemenőben lévő Nap nagyjából 15 percig úgy

sütött be a híd alá, hogy a hídpillér egyik része árnyékban, a másik teljes megvilágításban volt, a kettő között pedig a hullámzó víz fényjátékát lehetett látni. Kellett egy kis szerencse, hogy ez alatt a pár perc alatt éppen a legjobb helyre repüljön be egy fecske. Örültem, hogy a szakemberek díjazták ezt a képet. Kevés képet gondolom jónak, az ÉTF-pályázaton ez volt az egyik, a halas kép pedig a másik, amelyikben biztos voltam.

— *A Sóballa című képpel nemcsak a naturArt-pályázaton ért el szép sikert, ahol ez a fotó a Saubermacher „Az élet utat tör” elnevezésű különdíját is elnyerte, de ez a felvétel lett a Milvus nemzetközi természetfotós pályázaton a Természet kategória győztes képe, az Asfericón pedig második díjat nyert. Mikor és hol készült ez a kép a kevésbé ismert endemikus növényről, a magyar sóballáról?*

— A Kiskunságban, egy szikes tómederben készítettem tavaly szeptemberben, amikor a nyáron kirepedezett talaj egy nagy eső után kezdett feltöltődni. A kietlen tájnak szép kontrasztot adott néhány tő magyar sóbolla. Nem akartam a cipőtalpammal tönkretenni a kompozíciót, ezért drónnal próbálkoztam, alig egy méter magasságból. Igen ám, de a drón visszatükröződött a vízben! A téma viszont annyira tetszett, hogy addig nem nyugodtam, amíg meg nem találtam a megfelelő pozíciót, ahol a növény is jó helyen volt, a drón azonban nem látszott a képen. Szerettem ezt a képet, kinyitva felkerült a nappalink falára.

— *Az ÉTF-pályázaton a legtöbb kategóriában csak olyan képeket lehet nevezni, amelyeken a fotós mindössze a megengedett módosításokat végezte el. A Kompozíció és*

Az esküvői vendég





Fabarlang

Jég-madár-akt

kísérletezés kategória ebből a szempontból kivételt jelent. Csaba itt is remekelt: a Jég-madár-akt című képe kategóriagyőztes lett, a Csillagos (j)égbolt dicséretet kapott. Ez utóbbi fotó a Nature Photographer of the Year (NPOTY) pályázaton a Nature Art kategória győztese lett. Milyen eszközzel, hol fotózta ezt a két képet? Hosszú ideig készült rájuk?

— Mind a két kép drónnal készült, és mondhatom, ezek is a két véglethez tartoznak. A *Jég-madár-akt* a Kiskunságban, a böddi-széki szikes tónál készült az aznapi fotózás melléktermékeként, 10 másodperc alatt. Egészen más céllal indultam fotózni, és amikor megláttam ezt az érdekes alakzatot, éppen csak megállítottam a drónt, kattintottam egyet, aztán mentem tovább. Az alkotási folyamatban kell egy élményszféra, ami itt nem jött létre. Később viszont olyan sokaknak tetszett a kép, hogy mégis pályáztam vele.

A soltvadkerti tavon 2021 telén alakultak ki ezek a gyönyörű jégformák, amelyek mindig elvarázsolnak engem. Most sem sokáig voltak láthatók, mert gyorsan megindult a jégpáncél olvadása. A képen a part menti fák tükröződnek a vízben, a jégen csillag formájú alakzatok rajzolódnak ki. Ez a felvétel sem készülhetett volna el drón nélkül, és már akkor tudtam, hogy ha 180 fokkal elfordítom a képet, a látvány sokkal különlegesebb lesz.



— Az ÉTF-pályázaton a Pigmenta Képpalkotó Központ különdíjával jutalmazták a békailiomokról készült *Hullámszünet* című képet, amelyet dicséretre méltónak tartottak az előbb említett NPOTY-pályázaton, ahol több mint húszezer kép versengett az elismerésekért.



Trigonometria

Évek óta járok vissza az Izsák közelében lévő kis csatornához, ahol május elején szokott a békaliliom virítani. Tavaly tavasszal, egy nappal az ÉTF beadási határideje előtt jártam ott, de a virágzás megkésétt, csak a víz alatt látszottak a növények levelei. Mialatt nézelődtem, észrevettem, hogy az egyik helyen egy kidőlt fa kitakarta az ég tükröződését, így azon a részen jól látszottak a víz alatt lévő növények. Hosszan kerestem a legjobb kompozíciót erről az izgalmas témáról.

— *A Mobilal a természetben kategóriában hat képe jutott be a legjobbak közé. A Fabarlang című fotó I. díjas, a másik széncinegés felvétele III. díjas lett. Ezek a téli képek hol és hogyan készültek?*

— A csillagos égről és az őzekről szóló, hosszabb távú projektem miatt etettem a vadakat a Tázlár melletti bukácsban. Az elesésre a cinegék is odaszoktak, egész nap ott mozogtak. Elhatároztam, hogy őket is lencsevégre kapom. Találtam egy kidőlt, belül teljesen elkorhadt fatörzset, abba szórtam napraforgómagot. A madarak hamar rászoktak az elesésre. Már csak a mobiltelefont kellett elhelyezni, aztán a megfelelő pillanatban távirányítással kioldani, és készen lett a kép. A *Jövők már!* című fotó ugyanott, ugyancsak távirányítóval készült. Mivel a mobil sorozatfelvétellel nem alkalmas, és a késedelmi ideje elég nagy, technikailag jóval nagyobb kihívást jelent röptében lefotózni egy madarat, de végül ez is sikerült.

— *A mobilal készült képekről itt essen szó. Milyen készülék alkalmas a pályázati részvételre? Külön meg kell tanulni a mobilal fotózni?*

— Az elmúlt évek alatt rengetegszer megkérdezték tőlem, milyen fényképezőgépet ajánlanék a természetfotózáshoz. Mindig kihangsúlyozom, hogy nemcsak a

méregdrága, professzionális gépekkel lehet jó képeket készíteni. Ha valaki megvásárol egy profi kamerát és a hozzávaló objektívet, a lehetőségei kibővülnek, de az eszköz önmagában nem garancia semmire. Nem a fényképezőgép a lényeg, hanem az, aki mögötte van.

Ahogy az okostelefonok fejlődnek, én magam is kíváncsi voltam arra, milyen minőséget lehet ezekkel az eszközökkel elérni, ezért rengeteget kísérleteztem, gyakoroltam, igyekeztem kihozni a maximumot. Azt hiszem, sikerült bebizonyítanom, hogy okostelefonnal is lehet nemzetközi szinten értékelhető képeket készíteni. Hogy a kérdésre is válaszoljak: a komolyabb pályázatokon előírják a nyers képek bemutatását. A DNG fájlformátumra képes mobilok megfelelnek ennek a követelménynek.

— *Meséljen néhány mobillal készült képről!*

— Ez a három kép a soltvadkerti tónál született. A víz telen letisztul, a meder homokjában szép mintázatok keletkeznek. A *Variáció hullámokra* című képet 2021 utolsó reggelén készítettem a vízbe belépve keltett hullámokról. A szelfibottra tett telefonnal, nagylátószöggel, rövid záridővel fényképeztem a vízfelszín közelében. A *Fényfolyó* a homokos partra kisodródó hullámokon megcsillanó fényjátékot mutatja be, A *Szúnyog útja* című képnél pedig egy csónakban ültem. Ehhez a két képhez egy speciális, éjszakai fotózásra alkalmas applikációt használtam, amely tulajdonképpen egy videót készít, és a másodpercenkénti 30 képkockát végül egy képpé egyesíti. Ezzel a technikával különleges látványvilágú képek jönnek létre.

— *Végezetül beszéljünk egy másik nyertes felvételéről, amely némi meglepetést okozhat azoknak, akik csak természetfotósként ismerik. 2022-ben a Magyarország 365 fotópályázat egy további győzelmet hozott: az Épített és tárgyi örökség kategóriában szintén első helyezést ért el A Magyar Zene Háza című, izgalmas kompozíciójú fotójával. Honnan jött az ötlet a fővárosi épületfotózásra?*

— A klasszikus zene mellett nagyon szeretem a nívós modern építészetet, ezért érdekelt a Magyar Zene Háza. Bár az épület nagyon megragadott, ez csak egy röpke kirándulás volt, hosszú távon maradok a Kiskunságnál, ahol az összes fát, bokrot ismerem. Itt van minden: erdő, szikes, nádas, tó és állat bőségesen. Itt pontosan tudom, mikor, hol, mire számíthatok, és lehetőségem van a témák alapos kidolgozására.

TÓSZEGI ZSUZSANNA

Nyitóképünk: A Magyar Zene Háza



AZ OKTATÁS ÚJ KERETE?

Innováció és tanulás

A XXI. században mind a hazai, mind a globális oktatásügy fejlődésének az előmozdítása érdekében elsődlegesen az oktatási rendszert kritikusan szemlélő innovatív látásmód szükséges. További kívánatos követelmény a fejlődéshez vezető úton az elmélyült szakmai tudáson alapuló, a szakma iránt elkötelezett és a szakterület felé alázatot mutató kutatók és szakemberek közösségének a munkája. E munkák szerves részét képezik az olyan tudományos igényességgel megírt kiadványok, mint a jelen könyvbemutató tárgyát képező kötet. Erre tekintettel, jelen könyvismertetőben arra teszek kísérletet, hogy Kozma Tamás kötetét olyan módon mutassam be az olvasónak, hogy egy-egy általam különösen érdekfeszítőnek, egyben aktuálisnak tartott pontját fel-felvillantsam. Írásom vezérfonalául a címben szereplő innováció és tudás újfajta értelmezési kereteit, az azokban rejlő lehetőségeket, egyben kihívásokat választottam.

A kötet első fejezetének a fő gondolata az innovációnak a társadalomban betöltött szerepe, valamint annak különféle jellemzői, megnyilvánulási formái. Ezt a részt teljesen átjárja a társadalom egészében, valamint egyes tagjaiban rejlő értékes potenciál felismerésére irányuló szemlélet. Ezen szemlélet jól megmutatkozik az egyes mikroközösségek (pl. családok, iskolák, egyházak) hálózatainak a feltárásában, mint ahogyan a nagyobb csomópontok, például az adott ország innovatív városainak, azon keresztül pedig a társadalom egészének az elemzésében is. Ilyen módon a tanulóközösségek és a városok lakóiban rejlő potenciál felhasználása szinte szerves módon összekapcsolódik, és illetően módon konstans jelleggel hat egymásra. A leggyakrabban a városokban és más nagyobb közösségekben lezajló tanulóközösségek egyik fontos ismérve az önszerveződés, amelynek révén a közösségek egy problémamegoldó folyamat keretén belül képessé válnak arra, hogy egy adott kihívással szembe nézzenek. Ez a szembenézés különösen kiemelt jelentőséggel bír abban az esetben,

ha az adott közösséget valamilyen veszély fenyegeti, amelyre a közösségnek, mint (optimális esetben) egységes entitásnak kell reagálnia. E reagálás során történik meg az adott probléma felmérése és a lehetséges válaszok kidolgozása, amelyet a kollektív erőforrások összegyűjtése és a lehetséges megoldási módok kivitelezése követ. Az eredményes reagálást követően a társadalom, mint szervezet levonja a lehetséges konzekvenciákat a kihívás kapcsán, majd azokat elraktározva tanul és felkészül a következő hasonló helyzetre. Ez a társadalmi innováció egy lehetséges értelmezési módja.

A harmadik fejezet különösen releváns lehet annak fényében, hogy napjaink társadalmi és gazdasági rendszerei továbbra is a Covid-19 okozta járvány árnyékában kell, hogy új erőre kapjanak. Ehhez társul az is, hogy ezen formációknak sokszor a korábban jól bevált forгатókönyveiket kell újra értelmezniük és átfogalmazniuk, vagy akár azokat teljesen elvetniük ahhoz, hogy új és működőképes modelleket alkoszanak. Ezen modellek elsődleges célja a megváltozott

társadalmi és gazdasági körülményekre adandó új (vagy újszerű) megközelítések és megküzdési módok létrehozása, azokon keresztül pedig a társadalom adaptívitásának a növelése. Ebbe a folyamatba illeszkedik bele az iskola világa is, amelynek nem csak az online oktatás jelentette kihívásokkal kellett szembenéznie, annak minden szereplőjével együtt, hanem azonnal reagálnia is kellett ezen megváltozott körülményekre.

A könyv ötödik fejezetében a szerző az oktatáskutatás területét érintő aktuális kérdésekről értekezik, annak mintegy kaleidoszkópikus képét bemutatva. Ezek közül kiemelten fontosnak tartjuk a kisebbségek oktatásával, azon belül is a hazai cigányság kérdésével foglalkozó rövid részt, tekintettel arra, hogy ezen társadalmi szegmens tagjai egyre szignifikánsabb arányban képviseltetik magukat a mindennapi élet számos területén. E csoport iskoláztatásának a kutatása azért is bír kiemelt jelentőséggel, mivel a hazai közoktatási statisztikákban is jelentős részt tesznek ki a korai iskolai

az oktatás világában való értelmes felkészítése mind a későbbi tanulmányokra, mind az általuk választott szakmára, illetve magára az önálló és önellátó életre. E folyamatnak a részeként minél több jó gyakorlatot („good practice”) lenne érdemes adaptálni a hazai oktatási környezetbe is, amelyek messzire mutató hatással bírhatnak a hazai cigányság egészére nézve.

Ugyancsak az ötödik fejezet egy másik tömör, ámde nem kevésbé jelentős írása a szakképzéssel és a felsőoktatással kapcsolatos rész. Habár a szakképzés elsődleges céljának a hazai minőségi és sokoldalú tudással rendelkező szakmunkások képzése tekinthető, addig a felsőoktatásnak inkább az értelmiségi szakmák képviselőinek a taníttatása lehet a fő célkitűzése. Emellett azonban a felsőoktatás egy olyan feladatkörrel is rendelkezik, mint a klasszikus értelemben vett értelmiségi és polgári értékrend tovább hagyományozása, ezáltal pedig a kultúra hordozóinak, újraértelmezőinek és újratermelőinek a „kitermelése” a társadalom (és a világ) javára.

Jelen kötetet kézbe véve az olvasóban könnyedén az az érzés támadhat, mint ha a szerző szeretett volna minél szélesebb körű tematikát lefedni, ugyanakkor ez egyfajta áldozatot kívánt meg az írás során. Bár az itt bemutatott témák kiválasztása és prezentálása a szerző széleslátókörű és kiterjedt szakmai műveltségét dicséri, miközben betekintést enged nem csak a hazai, de a külföldi oktatást érintő kérdésekbe, mégis ezek bemutatása kevésnek érződhet. Az egyes témakörök kifejtése, a lehetséges problémák és az azokra adandó válaszlehetőségek körbejárása jóval nagyobb hangsúlyt is kaphatott volna, adott esetben némely fejezetnek egy újabb monográfiába való kiszervezése árán is. Összességében elmondható, hogy Kozma Tamás jelen kötete egy rövid bepillantást engedélyez csupán az oktatás és az

oktatáskutatás jelenlegi világába, mintegy felvillantva számos olyan kérdéskört, amelyekkel kell és érdemes is foglalkoznia egy hazai oktatáskutatónak. Ilyen értelemben véve e kötet remek vitaindító, egyben kutatásra ösztönző írások gyűjteményének tekinthető.

KÁRPÁTI LÁSZLÓ

(Kozma Tamás: *Innováció és tanulás. Oktatás és társadalom sorozat 7. kötet. Budapest, Gondolat Kiadó, 2022, 288 oldal*)



lemorzsolódásban, ez pedig azzal jár, hogy a későbbiekben egyre szűkebb mezsgyén tudnak majd megjelenni a munkaerőpiacon. Ez pedig hosszútávon elvezethet oda, hogy a szűk munkalehetőségek miatt egyre nehezebben teremtik elő a mindennapi költségek kifizetéséhez szükséges anyagiakat, ezáltal könnyebben indulhatnak meg a szocioökonómiai lejtőn, amelynek a végén a kilátástalanság, a mélyszegénység és a büntetésvégrehajtás intézménye várhatja őket. Ezért is kiemelten fontosnak tekinthető a hazai cigányságnak



2022 ŐSZÉNEK IDŐJÁRÁSA

Enyhe, csapadékosabb évszak

Az aszályos, forró nyár után 2022 ősze már csapadékosabb időt hozott, különösen a szeptember és a november. Az első hónap kivételével azonban folytatódott az átlagnál melegebb időjárás. A cikkben szereplő mért és számított adatok forrása az Országos Meteorológiai Szolgálat.

Szeptember

A hónap első fele még döntően nyárias idővel telt, és 7-éig egy anticiklon pereme alakította az időjárást, így általában csak kevés helyen fordult elő csapadék. Ez alól 1-je és 2-a volt kivétel, amikor egy tőlünk délkeletre elvonuló peremciklon hatására délkeleten, keleten többfelé hullott eső, és az utóbbi napon a határvidéken a 30-40 mm-t is elérte a csapadékösszeg. Ekkor a Tiszántúl nagy részén 20 °C alatt maradt a hőmérséklet, a következő napokban azonban már sokfelé elérte, majd meg is haladta a csúcstértek a 25 °C-ot, sőt, 7-én és 8-án több helyen a 30 °C-ot is. Az utóbbi napon Baján 32,6 °C-ot mértek, mely a legmagasabb érték lett a hónapban hazánkban.

Nyolcadikán délután nyugat felől egy hidegfront érkezett, mely felettünk kissé lelassult, hullámot vetett, így 10-én reggelig több hullámban okozott záporokat, zivatarokat. Az ország keleti részén az intenzívebb zivatarokból mindkét napon előfordultak felhőszakadások, 50-60 mm körüli napi mennyiségekkel. 8-án Újfehértón, 9-én Mezőkovácsházán mérték a legtöbb csapadékot, melynek értéke 55,3 mm, illetve 69,0 mm volt, és utóbbi egyben új napi rekord, valamint a havi maximum is lett. A front mögött 10-én és 11-én elszórtan még kialakultak záporok, zivatarok, és a hőmérséklet nem esett vissza számottevően, 23-24 °C körüli maximumok voltak jellemzők.

Egy újabb hidegfront előtt 14-én délen és nyugaton, másnap pedig az ÉNy-i országrész kivételével több helyen ismét 28-30 °C közé melegedett a levegő. A front mentén napközben sokfelé fordult elő zápor, zivatar, néhol felhőszakadással, jégesővel. A legtöbb csapadék Baranya déli részén, valamint a Szombathely-Budapest-Debrecen sávban hullott, lokálisan 30-50 mm-es mennyiségekkel. Tőlünk délre ez a front is behullámozott, egy rajta kialakuló peremciklonból 16-án és 17-én az északnyugati országrész kivételével további kiadós, 20-30 mm eső esett. A ciklon mögött főként áramló mérsékelt labilis és nedves légtömegnek köszönhetően pedig a következő napok sem teltek csapadék nélkül, eleinte szórványosan, 21-étől 23-áig már inkább csak keleten alakultak ki záporok, zivatarok. A hőmérséklet ezúttal már jelentősen visszaesett, 17-étől egy héten át állandósultak a 20 °C alatti maximumok, éjszakánként pedig egyre többfelé hűlt 10 °C alá a levegő, sőt, a derültebb tájakon 5 °C alatti értékeket is mérhettünk. 22-én átmenetileg egy anticiklon húzódott fölénk, aminek köszönhetően nyugalomba jutott a hideg, így ekkor és 23-án néhol a szezon első fagyos napjai is elérkeztek. A leghidegebb mindkét napon Fülöpháza Hattyús-szék állomáson volt, és az utóbbi napon mért -1,1 °C egyben a szeptemberi minimum lett. 25-étől a hónap végéig egymás után érkező frontoknak köszönhetően ismét változékony, csapadékos idő köszöntött be, és a 6 nap alatt az ország nagy részén jelentős, 30-40 mm



Szeptemberben helyenként még hevesebb zivatarok is előfordultak, így például 29-én Szegedet egy jégesőt okozó szupercella érte el (A szerző fotója)

körüli, de kisebb körzetekben 50 mm-t is meghaladó csapadék hullott. Az eső, zápor mellett főként 27-én és 29-én zivatarok is kialakultak, melyeket néhol jégeső és felhőszakadás kísért. A maximum-hőmérséklet összességében nem változott számottevően, de a tartósan csapadékos helyeken 15 °C alatti értékek is előfordultak, míg 29-én és 30-án délkeleten, délen 22-24 °C-ot is mérhettünk. A minimumok viszont a felhős, csapadékos idő miatt megemelkedtek, az utolsó napokban már 10 °C körül alakultak.

A szeptember végül 0,4 °C-kal hűvösebb lett az átlagosnál, de délnyugaton és az Északi-középhegységben voltak kisebb, az átlagnál melegebb területek is. A csapadék az ÉNy-i országrész kivételével elérte vagy meghaladta az átlagos mennyiséget, keleten 2-3-szoros többlet is előfordult. A két szélsőérték 27,7 mm (Fertőrákos) és 239,6 mm (Milota) volt. Érdekességgépp megjegyzendő, hogy utóbbi helyen közel 70 mm-rel több csapadék hullott szeptemberben, mint a megelőző 8 hónapban összesen.

Október

A szeptember utolsó napjait meghatározó frontrendszernek köszönhetően sokfelé csapadékos és enyhe idővel indult az október. Rögtön két havi szélsőérték is 1-jén állt be: a Pitvaroson mért 25,5 °C-nál, illetve a Süllysáp Sűrűpuszta állomáson regisztrált 24,8 mm-es napi csapadékösszege sem fordult elő sehol magasabb a hónap során. Az eső, zápor mellett elszórtan még zivatarok is kialakultak.

A következő napokban a ciklon hátoldalára kerülve csökkent a csapadékhajlam, valamint a hőmérséklet is. 3-án és 4-én visszatértek a 20 °C alatti maximumok, és 5-én reggel néhol gyengén fagyott. Ekkorra egy

anticiklon helyeződött fölé, mely ezt követően tartósan, egészen 21-éig a térségünkben maradt. Ennek köszönhetően szárazra fordult az idő, az időnkénti gyenge, érintőleges frontokból csak egy-két napon és kevés helyen alakult ki kisebb eső, zápor. A csúcshőmérséklet ebben az időszakban általában 20 °C körül ingadozott: a frontok előoldalán 6-án, 7-én és 8-án, majd 16-án, 17-én és 18-án is több helyen mérhettünk 22-24 °C közötti értékeket, a frontok mögött viszont 20 °C alatti maximumok is voltak. A minimumok már jellemzően 10 °C alatt maradtak, a hidegfrontokat követően pedig több helyen süllyedt 5 °C alá a hőmérséklet, sőt, a 18-ai front mögött 20-án, 21-én és 22-én az ország keleti felén immár többfelé fagyott. 21-én Nyírlugoson -5,3 °C-ig hűlt le a levegő, ami a hónap legalacsonyabb értéke lett az országban.

Egy-egy hidegfront előtt 22-én, majd 24-én meleg légtömeg áramlott fölé, így a csúcshőmérséklet az ország déli felén sokfelé elérte a 22-24 °C-ot, sőt az utóbbi napon Kaposváron a 24,9 °C-ot is. Az első frontból

Sűrű, alacsony ködből kikandikáló repülőgép vezérsíkok a ferihegyi Liszt Ferenc repülőtéren október 23-ára virradó éjszaka (A szerző fotója)





Október utolsó napjaiban az ország számos hegycsúcsa mellett a Kőszegi-hegység magasabb részei is kilógtak a Kárpát-medencében megüledő ködfelhőzetből, ahol szintén 20 °C körüli maximumokat mértek a napokban (A szerző fotója)

főként délnyugaton, míg a másodikból az északi határvidéken hullott jelentősebb, 10-20 mm közötti csapadék. A hónap végére visszatért az anticiklonális idő, ám a korábbi csapadék és a magasban érkező enyhébb léghullámok miatt ez ezúttal már egyre kiterjedtebb és tartósabb ködmezők, majd rétegfelhőzet kialakulásával járt, amiből elszórtan kisebb szitálás is előfordult. A naposabb tájakon azonban 27-éig még 20-23 °C-os maximumokat is mérhettünk. 30-án és 31-én a legtöbb helyen már egész nap borult maradt az ég, és nem volt melegebb 11-15 °C-nál, ám a magas minimumok miatt a napi középhőmérséklet még így is több fokkal a sokéves átlag felett alakult. Ezeken a napokon szokatlan módon a felhőrétegből kilógó hegycsúcsainkon volt a legmelegebb, ahol 20-22 °C-os csúcscértékek is előfordultak. Október végül 1,8 °C-kal melegebb lett az átlagosnál, míg a havi csapadékösszeg országszerte jelentősen elmaradt az átlagostól, mellyel az október 1901. óta a 8. legszárazabb lett. A két szélsőérték 0,3 mm (Csabacsúd Nagyráta) és 33,1 mm (Milota) volt.

November

November első napjaiban többfelé felszakadt az október végén fölénk telepedő rétegfelhőzet, így enyhült az idő. 1-jén DNy-on és DK-en, K-en, 2-án sokfelé, 3-án a Dunántúl nyugati felén, míg 4-én a Tiszántúlon emelkedett 15-20 °C közé a hőmérséklet, de a hónap első napján Letenyén a 22,7 °C-ot is elérte a csúcscérték, ami rögtön a havi maximum lett hazánkban.

Az első 3 nap nagyrészt szárazon telt, 4-én és 5-én azonban egy nyugatról érkező és felettünk hullámot vető hidegfront jóvoltából többfelé fordult elő csapadék, az ország középső sávjában a két nap alatt 20-30 mm-es összegek is. A front mögött némileg visszaesett a hőmérséklet, de a csúcscértékek még így is nagyrészt

10 °C felett, a naposabb helyeken és napokon 15 °C körül alakultak, és az ország nagy részén az éjszakák is fagymentesek maradtak, csak egy-két helyen csökkent kevéssel 0 °C alá a hőmérséklet. 10-én egy gyenge hidegfront vonult át, de ez sem érdemi csapadékot, sem lehűlést nem okozott, igaz, mögötte 12-étől 15-éig keleten már több helyen előfordultak gyengébb fagyok. Ez utóbbi napokban már egy anticiklon alakította az időjárást, mely ismét kedvezett az egyre kiterjedtebb köd és rétegfelhőzet kialakulásának, a tartósan borult tájakon 10 °C alatti maximumokat eredményezve. 16-ától nyugat felől érkező frontok és ciklonok hatására változékony, csapadékos idő vette kezdetét. Főként az ország keleti felén már 15-én is előfordult eső, zápor, majd 16-án az ország déli felén sokfelé hullott jelentősebb, 10-15 mm körüli csapadék. 17-e átmenetileg szárazabb volt, majd két csapadékosabb nap következett: 18-án az ország középső és keleti, 19-én pedig a délnyugati részén újabb, 10 mm-t meghaladó esővel. Eközben a hőmérséklet napról napra csökkent, egyre többfelé maradtak 10 °C alatt a maximumok, sőt, 19-én északnyugaton és északkeleten sokfelé csupán 2-3 °C körül alakultak, az Északi-középhegység térségében pedig néhol napközben sem volt melegebb 0 °C-nál. 20-a és 21-e szárazabb, hűvös időt hozott, reggelente sokfelé fagygal. Utóbbi napon mérhettük az országos havi minimumot, hajnalban Gagybátoron és Szikszón is -5,9 °C-ig hűlt a levegő. 22-én és 23-án egy mediterrán ciklon az északkeleti térség kivételével sokfelé okozott kiadós csapadékot, a Dunántúlon több helyen 30-40 mm körül alakult a teljes csapadékösszeg. Az előbbi napon Zalatárnokon 41,8 mm eső esett, mellyel ez lett a legnagyobb napi mennyiség novemberben az országban. Az eső mellett a magasabb dunántúli hegyekben havas eső, hó is hullott, és a Kőszegi-hegység csúcsain vastagabb hótakaró alakult ki.

A hónap hátralévő része már nagyrészt anticiklonális, csendes idővel telt, egyedül 30-án fordult elő jelentősebb (5-10 mm) csapadék a délnyugati határvidéken. A hőmérséklet éjszakánként nagyrészt fagyponthoz közel vagy néhány fokkal az alatt, míg napközben 5-8 °C körül alakult, de a tartósan borongós, ködös tájakon 1-4 °C közötti, míg 25-én és 26-án nyugaton 10 °C feletti értékek is előfordultak. A november országosan végül 1,0 °C-kal lett melegebb az átlagosnál, míg a havi csapadékösszeg az ország nagyobb részén elérte vagy meghaladta az átlagos értéket, az északi harmadban viszont elmaradt attól, így országosan átlagosan zárt a hónap. A két szélsőérték 13,8 mm (Felsődobsza) és 97,7 mm (Alsószentmárton) volt.

HÉRINCS DÁVID

Cikkpályázati felhívás

A fiatalok jelentik a jövő ígérését a tudományban és a tudománykommunikációban egyaránt. A Bolyai Műhely Alapítvány (BMA) és a Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) ezért ismeretterjesztő esszépályázatot hirdet a Bolyai Önképző Műhely jelenlegi és alumnus tagjai részére, valamint a felsőoktatásban, bármilyen képzési formában, határainkon belül és túl részt vevő hallgatók számára.

A pályázat tematikus: a kiírók olyan pályamunkákat várnak, amelyek teljes terjedelmükben vagy egy jelentős részükben *a tágabb értelemben vett fenntartathatóság kérdéseivel foglalkoznak*. A kiírók hangsúlyosan várják ezen belül *a körforgásos gazdaság, a hulladékhasznosítás* témakörével foglalkozó írásokat. A pályázat célja, hogy az esszéírók e kérdésekről alkotott nézeteiket és azok tudományos összefüggéseit közérthető, olvasmányos módon közkinccsé tegyék.

A pályázatot a TIT *Élet és Tudomány* hetilapjának formai útmutatásai alapján kell elkészíteni: a pályázók a széles nagyközönség számára írott, figyelemfelkeltő, az *Élet és Tudomány* stílusában készülő népszerűsítő cikkel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 6-12 ezer n (szóközökkel). Ehhez 2-6 színes kép vagy ábra, grafikon, illusztráció is csatolandó.

Pályázni csak eredeti, máshol még nem közölt, illetve máshova közlésre be nem küldött, egyszerűs kézírattal lehet.

A pályaműveket a www.termvil.hu oldalon található pályázati felületre kell feltölteni. A pályázat feltétele az ott található Pályázói adatlap hiánytalan kitöltése.

A pályázatok beérkezési határideje: 2023. május 15.

A pályaműveket a TIT és a BMA által felkért zsűri bírálja el.

A zsűri *körforgásos gazdaság díjak* odaítélését irányozza elő 200.000 Ft összértékig: a díjazottak értékes vásárlási utalványban részesülnek.

Különdíjként a BMA a Bolyai Önképző Műhely tagjai számára pénzjutalmat is előirányoz – első különdíj: 100.000 Ft, második különdíj: 75.000 Ft, harmadik különdíj: 50.000 Ft.

A díjazottak számáról és a díjak pontos mértékéről a zsűri dönt.

A cikkpályázatot a KEHOP-3.1.5-21-2021-00003. sz. projekt révén támogatja Magyarország Kormánya és az Európai Unió.

Az *Élet és Tudomány* és a BMA által kiadott *Bon-BOM* című folyóirat szerkesztőségei a díjazott és a díjazásban nem részesült, de közlésre alkalmas cikkeket – a szerzőikkel egyeztetett szerkesztés után – ellenszolgáltatás nélkül megjelentetik. A pályázat beküldői a pályázaton való részvétellel egyben hozzájárulnak cikkük online közzétételéhez is a lapok internetes változatában.



Cikkpályázati felhívás doktoranduszok számára

A fiatal kutatók jelentik a jövő ígérését a tudományban és a tudománykommunikációt frissítő munkában. A Tudományos Ismeretterjesztő Társulat (TIT) és a Doktoranduszok Országos Szövetsége (DOSZ) ezért ismeretterjesztő cikkpályázatot hirdet a doktori tanulmányaikat határainkon belül, valamint külföldön jelenleg folytató, tudományos fokozattal még nem rendelkező fiatal kutatóknak. A pályázat tematikus: a kiírók olyan pályamunkákat várnak, amelyek teljes terjedelmükben vagy jelentős részükben a körforgásos gazdálkodás, a hulladékhasznosítás, tágabb értelemben pedig a fenntarthatóság témakörével foglalkoznak. A pályázat célja, hogy a doktoranduszok elsősorban saját kutatásaikat, illetve azok tudományos háttérét és összefüggéseit közérthető módon közkinccsé tegyék.

A pályázatot három kategóriában lehet benyújtani:

1.) Élet és Tudomány kategória: a pályázók ebben a kategóriában a széles nagyközönség számára írott, figyelemfelkeltő, az Élet és Tudomány stílusában készülő népszerűsítő cikkel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 10-12 ezer n (szóközökkel). Ehhez 4-6 színes kép vagy ábra, grafikon, illusztráció is csatolandó.

2.) Természet Világa kategória: a pályázók ebben a kategóriában a természettudományok és a műszaki tudományok iránt érdeklődő olvasók számára írott, figyelemfelkeltő, a Természet Világa stílusában készülő ismeretterjesztő közleménnyel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 15-18 ezer n (szóközökkel), amihez 5-7 színes illusztráció vagy magyarázó ábra is csatolandó.

3.) Valóság kategória: a pályázók ebben a kategóriában a társadalomtudományokhoz kapcsolódó, figyelemfelkeltő, a Valóság stílusában készülő cikkel pályázhatnak. A cikk terjedelme: 35-40 ezer n (szóközökkel).

Pályázni csak eredeti, máshol még nem közölt, illetve máshova közlésre be nem küldött, egyszerűs cikkel lehet.

A pályaműveket a www.termvil.hu oldalon található pályázati felületre kell feltölteni. A pályázat feltétele az ott található Pályázói adatlap hiánytalan kitöltése.

A pályázatok benyújtási határidejét az érdeklődésre való tekintettel a kiírók meghosszabbították: **2023. március 15-ig.**

A pályaműveket a három lap szerkesztősége, a TIT, valamint a DOSZ által felkért tagokból álló zsűri bírálja el. Mindhárom kategóriában a zsűri hoz döntést a díjazottak számáról és a díjakról, amelyek értékes vásárlási utalványok.

A szerkesztőségek a díjazott és a díjazásban nem részesült, de közlésre alkalmas cikkeket — a szerzőikkel egyeztetett szerkesztés után — ellenszolgáltatás nélkül megjelentetik. A pályázat beküldői a pályázaton való részvétellel egyben hozzájárulnak cikkük online közzétételéhez is a lapok internetes változatában.





A METEOROLÓGIAI KIFEJEZÉSEK SZTÁRJAI

Fogalmak viharában

Az időjárás-előrejelzés legfrissebb hívszavai közül sok olyan természeti jelenségeket ír le, amelyek nem új keletűek, és nem is feltétlenül gyakoribbak, mint korábban, még akkor sem, ha az éghajlatváltozás általában több időjárási szélsőséghez vezetett. A terminológia viszont napjainkban széles körben használt, hol pontosabban, hol kevésbé.

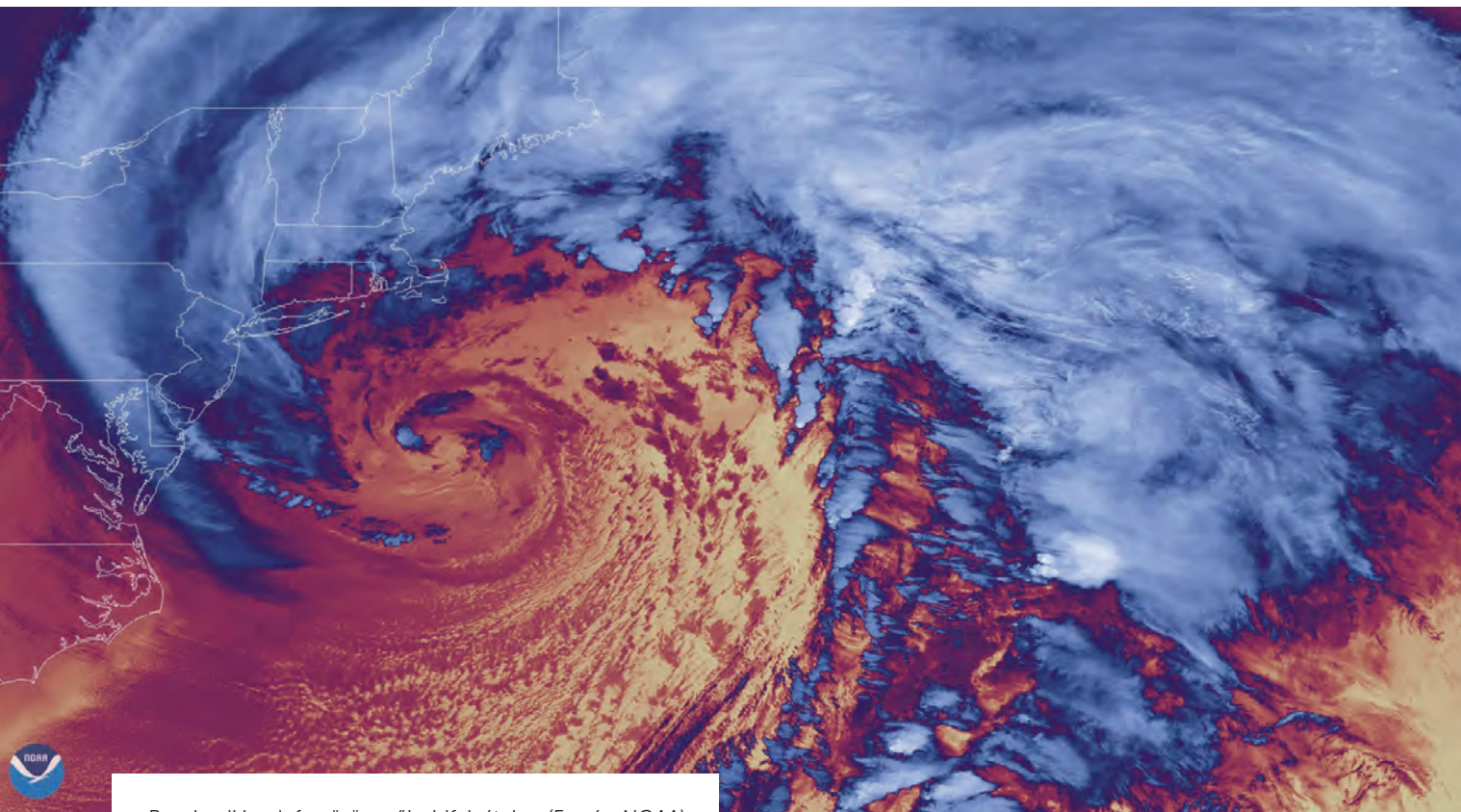
A most bemutatott három jelenség régóta a kutatók látókörébe tartozik, és alapvető légköri folyamatnak számít. Viszont mint több külső tényezőre érzékeny meteorológiai esemény működésébe, a globális felmelegedéssel összefüggésben álló változások e felvázolt mozzanatokba is beleszólnak. A szakemberek ennek mértékét jelenleg sem tudják pontosan, így e cikk nem foglalkozik az ezt illető legújabb kutatási eredményekkel, inkább a kifejezések alaposabb megismerését igyekszik elősegíteni.

Poláris örvény

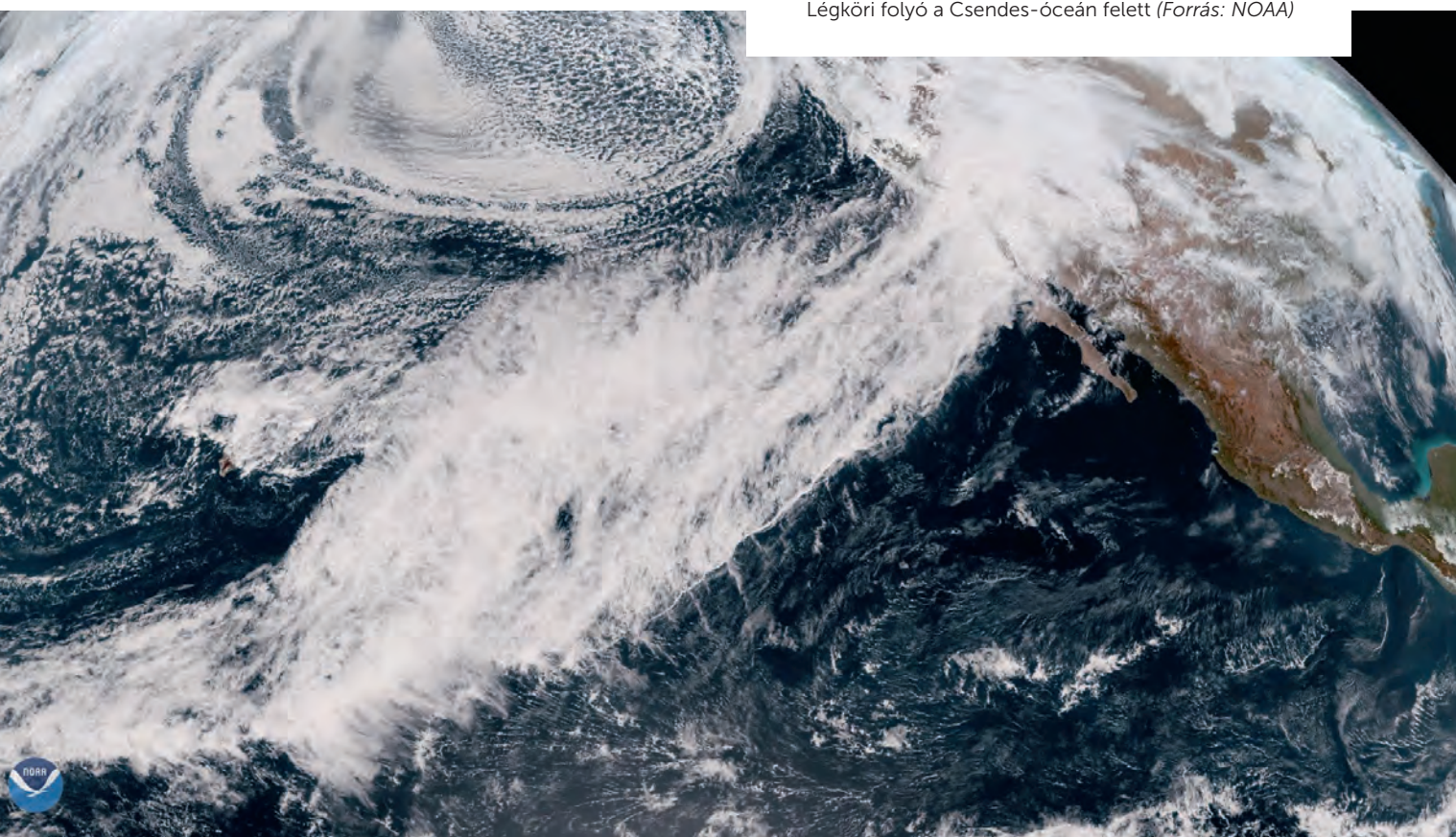
Az angolul *polar vortex* néven futó jelenség a Föld mindkét pólusát körülvevő, nagy területet lefedő, alacsony nyomású és hideg levegőjű szélörvény.

Mindig a sarkpontok közelében jön létre — nyáron gyengül, télen pedig erősödik — és az óramutató járásával ellentétes áramlások révén segít a hideg levegőt a pólusok közelében tartani. Az északi félteke telén azonban kiterjedése gyakran megnövekszik, és a futóáramlásokkal hideg légtömegeket küldhet dél felé. Például az Egyesült Államokban ez gyakran vezet a sarkvidéki levegő „betöréseéhez”, de Európában is jelentkezhet, és akár a Kárpát-medence időjárására is hatást gyakorolhat.

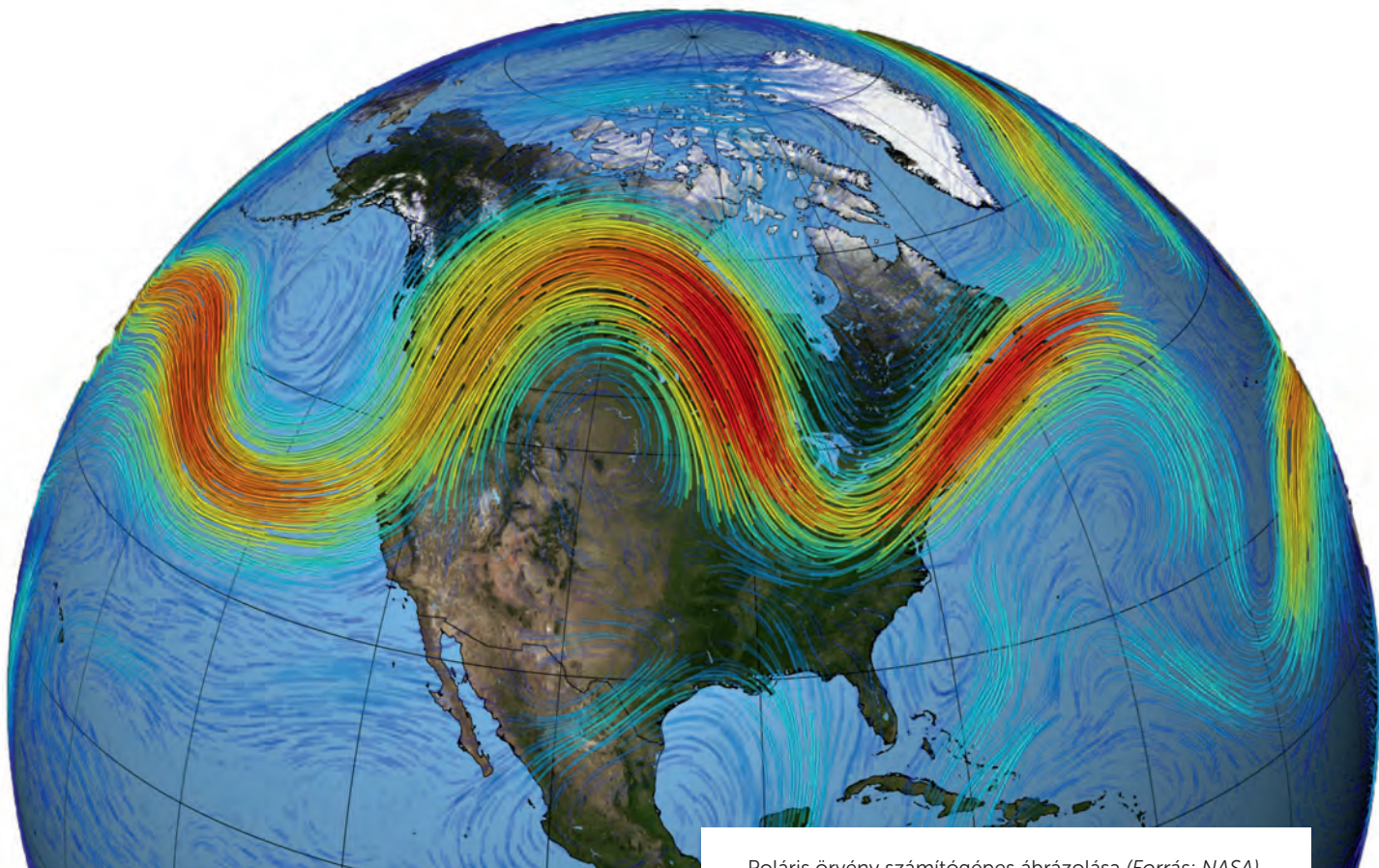
Számos dolog viszont nem jellemző a poláris örvényre. Többek között a léte nem újdonság, ám a kifejezés népszerűségére csak az utóbbi években tett szert. Emellett nem is olyan jelenség, amely a felszín közelében lép fel, valójában a több kilométer magasságban zajló időjárási folyamatnak már



Bombaciklon infravörös műholdfelvételen (Forrás: NOAA)



Légköri folyó a Csendes-óceán felett (Forrás: NOAA)



Poláris örvény számítógépes ábrázolása (Forrás: NASA)

csak az utóhatásaként érezzük a dermesztő hideget. Önmagában az egyetlen veszélyt az emberre — más, pusztító légörvényekkel (tornádó, hurrikán) szemben — tehát csak az jelentheti, ha esetleg szélsőséges nagyságrendet ér el a hőmérséklet-csökkenés, főleg azokon a területeken, ahol ez nem annyira jellemző.

Bombaciklon

Az Észak-Amerikában nemrég hirtelen lecsapó, szélsőséges téli időjárás mögött húzódó jelenségre a híradások egyre-másra a *bomb cyclone* kifejezést használták. Bár ez a fajta vihar nem ritka, a mostani rendkívül erősre sikeredett, orkán erejű széllel, a nyomában érkező, nagy területet érintő jelentős esőzessel vagy havazással. Ha az alacsony nyomású légtömegben rendkívül gyorsan — 24 óra alatt legalább 24 hPa-al — csökken a légnyomás, akkor a hirtelen létrejövő nyomáskülönbség hatására fokozódik a létrejövő vihar erőssége.

A december végén az Egyesült Államokban bombaként robbanó jelenség sokfelé több tíz centiméternyi havat és száz kilométer/órát meghaladó szelet, helyenként több tíz Celsius-fokos mínuszokat elérő hőmérsékletet eredményezett. Ám nemcsak dermesztő fagyot és hófúvást, hanem rendkívüli mennyiségű esőt, nyomában pedig villámáradásokat is okozott. A közlekedés földön és égen is lehetetlenné vált, emellett a vihar sok tíz halálos áldozatot is követelt.

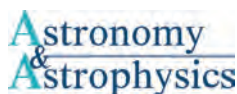
Légköri folyó

Ez a kifejezés a légkör olyan, viszonylag szűk keresztmetszetű régióira értendő, amelyek a vízgőz trópusokról az északi szélességek felé történő, vízszintes irányú szállításának nagy részéért felelősek. Míg az angolul csak AR-eknek (*atmospheric river*) nevezett jelenségek sokféle formában és méretben előfordulhatnak, azok, melyek a legnagyobb mennyiségű vízgőzt, illetve a legerősebb szeleket hordozzák magukban, valamint árvízre hajlamos vízgyűjtő területek felett rekednek meg, a szélsőséges csapadékhullás révén áradásokat okozhatnak. A légköri folyók egyik jól ismert példája az Ananász Expressz (*Pineapple Express*), mely a trópusi Csendes-óceán felett, Hawaii közelében felhalmozódó nagy mennyiségű nedvességet szállítja el az Egyesült Államok és Kanada nyugati partvidékére, jelentős esőzést vagy havazást okozva.

A heves események földcsuszamlásokat is előidézhetnek, ám a legtöbbjük gyenge marad, és mindössze jótékony esőt vagy havat eredményez. A továbbfejlesztett megfigyelési rendszer, az így azonosított folyamatok megértése és a jelenség előrejelzése biztosítja az árvízvédelmi döntéshozóknak, a vízellátásért felelős szolgáltatóknak, valamint a víztározók üzemeltetőinek a legfontosabb tudnivalókat a jelentősnek ígérkező árvízeseemények kockázatának mérsékléséhez, miközben képes ezeket az esős időszakokat az aszályos hónapok ellensúlyozására hatékonyabban kihasználni.

SZOUCEK ÁDÁM

A JUPITER TRÓJAI KISBOLYGÓINAK LÉTSZÁMELTÉRÉSE



A Nap-Jupiter rendszer L_4 és L_5 Lagrange-pontjai körüli régiókban az óriásbolygóval együtt keringő több mint tízezer ismert trójai kisbolygó létszáma aszimmetrikus: az L_4 -es csapat létszáma meghaladja az L_5 -ösét. Az, hogy minek köszönhető ez az eltérés, nem világos, ám most egy kínai vezetésű nemzetközi csoport új elképzelést tárt elénk az okokról. A fő kisbolygóövtől ugyan elmaradó, ám igen nagy létszámukon kívül érdekes fizikai és dinamikai tulajdonságokat is mutatnak, amelyek miatt a korai Naprendszer viszonyait, történeteit hordozzák magukban, mint például az óriásbolygók kialakulása.

A trójaiak eredetéről a Naprendszer dinamikai fejlődését leíró Nice-modell előtt azt tartották, hogy a Jupiter akkréciója idején befogott bolygócsírák lehetnek. A Nice-modell alapján azonban az tűnik a megfelelő magyarázatnak, hogy az óriásbolygók vándorlása a jeges bolygócsírákat szétszórta, s ezek némelyike, a mai Kuiper-öv területéről befelé sodródva érkezett a két Lagrange-pont körüli régióba. Számos elképzelés a részleteiben eltérően magyarázza ugyan, de feltételezhetően a Jupiter igen korai életszakaszához kötődhet a trójaiak befogása, ezt, a Nice-modellen alapuló elméletet támogatja az is, hogy a méreteloszlásuk hasonló a Pluto és a Charon felszínét ért becsapódásokéhoz. A trójaiak befogására vonatkozó elméletekkel azonban az a probléma is fennáll, hogy a belőlük következők alapján a tapasztalt D és P típus helyett inkább C vagy S típusúak kellene legyenek, és az inklinációjuk sem stimmelne. A leginkább elfogadott elképzelés az, hogy egy másik óriásbolygóval való közeli találkozás zavarainak hatására foghatta be a Jupiter a trójaiakat. Bár számos téren hiányosak még a trójaiakról alkotott ismereteink, talán a *Lucy* űrszonda néhány év múlva ezen javítani fog.

A két csoport létszámával kapcsolatban világos, hogy csak egy kis töredéküket ismerjük, de a méreteloszlások alapján az eltérés valós. Még ha van is észlelési okra visszavezethető hiányosság, akkor is jelentős az eltérés, a kutatók a mostani számításaikban az L_4/L_5 pontok körül keringők arányaként 1,6-ot határoztak meg.

Voltak eddigi elméletek is, amelyekben a Jupiter migrációjához kötötték a különbséget, azonban ezek nem a tapasztalható arányt eredményezték. Emellett az egyik ilyen elmélet szerint 3,5 CsE távolságot kellett volna befelé vándorolnia a Jupiternek ahhoz, hogy

a tapasztalt arány megszülessen, ez viszont már a belső Naprendszerben okozott volna zavarokat, például a fő kisbolygóövbe bekerülő tömegnek a jelenleginél sokkalta nagyobbak kellett volna lennie.

Szimulációkat végeztek a kutatók a Jupiter vándorlásáról, amelyet a Naprendszer korai időszakában fennálló instabilitás okozott. A szimulációkban kiindulásként 500-500 trójait helyeztek mindkét csoportba, mivel ez már statisztikailag értékelhető eredményt ad, de nem követel meg túl nagy számítási kapacitást.



A kutatók arra jutottak, hogy az eltérés okát az eredetileg megegyező létszámban befogott két csoport kis ideig eltérő evolúciója jelentheti. Az modellszámítások szerint a Jupiter nagy sebességgel távolodott a Naptól (kifelé ugrásnak nevezték ezt) a kérdéses időszakban, amelynek hatására az L_4 -es csoportban lévő trójaiak pályája jóval stabilabbá vált, mint az L_5 -ös. Minél gyorsabban mozgott kifelé a Jupiter, annál több trójai élte túl a vándorlást az L_4 -es csoportból, s annál kevesebb az L_5 -ösből. Lassabb vándorlásnál megfordultak az arányok. A Jupiter vándorlása során a befelé irányuló szakaszokban az L_5 -ös trójaiak száma nőtt, de a kifelé irányuló vándorlásban az L_4 -es. Akárhány ki-be mozgást is végzett a Jupiter, ha az utolsó egy gyors kifelé irányuló ugrás volt, akkor kialakult a most tapasztalható arány a két csoport közt. A most felállított elméleti modellen persze sokat kell még finomítani, és ezen sokat segítenek majd a trójaiak további megfigyelései.

(*Astronomy & Astrophysics*, 2023. január)

FÖLDMÁGNESSÉG ÉS AZ ELTÉVEDŐ MADARAK

SCIENTIFIC REPORTS

A madármegfigyelők számára kevés kellemesebb meglepetés van, mint egy-egy, az adott helyen ritka, kóborló madárfaj megpillantása. E madarak megjelenése azonban biológiai szempontból rejtély. A viharok, frontok ugyan elsodorhatnak egyes madarakat a vándorlási útvonalukról, de lehet más, navigációs alapú probléma is, amelynek hatására letérnek a kiválasztott útról, így keveredhet például egy óriásrétiás (*Haliaeetus pelagicus*) az Ohotszki-tengerről Bostonba. A vándormadarak navigációs módszerei közé tartozik a látás, a szaglás, az égbolt (beleértve az éjjeli, csillagos eget is) látványa, és a földmágnesség alapján tájékozódás, ezeket leginkább kombináltan használják a vándorútjuk során. Bár az eltévedő madarak jó eséllyel kimaradnak a szaporodásból (ha persze magányos kóborlóról van szó), ám a tapasztalataik egy potenciális új élőhelyről elősegíthetik egy-egy faj terjeszkedését is, de még a kórokozók terjesztését is, így ennek a



jelenségnek akár komolyabb következményei is lehetnek. Laborkísérletekben számos alkalommal bebizonyosodott már, hogy a mágnesség változására a madarak irányt téveszthetnek, vagy épp teljesen elveszíthetik irányérzéküket, így a természetes földmágnesség-változások is befolyásolhatják útjaikat. Különösen a magasabb szélességeken hatnak a madarakat jelentősen megzavaró geomágneses háborgások, valós helyzetekben ilyen esetekben például postagalamb-versenyeken eltévedt egyedekben, vagy épp

kóbor madarak felbukkanásában mutatkozott meg a hatás. Távrolról sem volt azonban világos, mekkora jelentőségű is a földmágneses zavarok hatása a vándormadarakra.

Egy új kutatásban 152 észak-amerikai madárfaj több mint 2 millió egyedének 60 év során (1960–2019) begyűjtött adatait elemezték, s összevetették a geomágneses háborgásokkal, valamint a naptevékenységgel.

Az eredmények alapján az őszi vándorlási időszakban erős összefüggés állt fenn az eltévedések és a földmágnesség viselkedése közt a vizsgált fajok 83 százalékában, a tavaszi időszakban jóval kisebb volt a hatás. A nagyobb távolságokra vándorlók voltak hajlamosabbak a földmágnességhez köthető eltévedésre az őszi vándorláskor, ám az mindegy volt, hol volt az adott madár szaporodóhelye, szélességi öv szempontjából. Ez utóbbi kissé meglepő, mivel a kutatók arra számítottak, hogy az eleve jelentősebb zavarokat mutató mágneses szélességek madarait jobban érinti majd e probléma. A jelentősebb geomágneses zavarok idején nőtt a ritka kóborlók felbukkanási esélye: a gyűrzési adatokban átlag 2 százalékot képviseltek az ilyen, nem a „megfelelő” helyen meggyűrzött madarak, ám a geomágneses háborgások idején 5 százalékra ugrott, vagyis 2,5-szeresére nőtt ezek aránya.

A fiatal madarakat gyakrabban láthatják a madarászok a kóbor példányok közt, ebből a kutatók arra gondoltak, talán ők fogékonyabbak lehetnek erre a hatásra is. Azonban gyakorlatilag nem volt eltérés a fiatal vagy az idősebb, tapasztaltabb madarak közt, a kikelés évében járó, vagyis első őszi migrációjukat végző fiatalok közt nem volt gyakoribb a geomágneses háborgásokkal együtt járó kóborlás, mint a többi korosztályban. Vagyis: ugyan tényleg sok a fiatal kóborló, ám ezek nem mágnességhez kötött okból térnek el útvonalaiktól.

Ha mind az őszi, mind a tavaszi időszak naptevékenysége azonos mértékű volt, akkor is az őszi kóborlók voltak jóval többen, valamiért a tavaszi időszakban kevésbé hatott a mágnesség viselkedése a madarakra. Talán a „visszaúton” nem támaszkodnak annyira a mágnességre, hanem az égbolt vagy a nap állása a döntő a vándorlásban. Különös, de a napfoltszámmal fordított arányban állt a kóborlók száma, vagyis a naptevékenység erős időszakában kevesebb madár tévedt el, mint máskor! Ez az ellentmondásos eredmény valószínűleg szintén azt jelzi, hogy amikor eleve zavarosabb a földmágnesség, akkor a madár egyszerűen nem használja, vagy, a naptevékenység erősödésével járó geomágneses háborgások idejét pihenéssel tölti.

(Scientific Reports, 2023. január)

VOLT EURÓPAI REZERVOÁRJA A PESTISBAKTÉRIUMNAK?

PNAS

A pestisbaktérium rezervoárjai a különböző vadon élő rágcsálók, mint a prérikutya Amerikában, vagy a mormota Ázsiában, vagy épp a patkány például Madagaszkáron, de ez utóbbit teszik felelőssé a baktérium terjesztéséért is a nagy pestisjárványok során. De vajon volt-e Európában állandó vadállati rezervoárja a *Yersinia pestis*-nek, vagy újra és újra Ázsiából kaptuk? Egy norvég vezetésű nagy, nemzetközi kutatócsoport nemrégiben környezeti modellezéssel vizsgálta meg a kérdést.

Világszerte 279 olyan, üregben élő rágcsálófaj létezik, amelyek hordozhatják a *Y. pestis*-t, és általában akkor jut át a rágcsálóról az emberre, ha a rágcsálók populációja felduzzadt bizonyos létszám fölé,



általában kis idővel azt megelőzően, hogy a populációja összeomlana. Van olyan elképzelés, amely szerint Európa egyes vidékein lehetett olyan rágcsáló-rezervoár, amelyben a nagy járványok során fennmaradt a baktériumállomány. Az első pestis (Justinianus-féle) járványa idejére ezt az Ibériai-félszigetre tették, míg a fekete halál járványa idejére Közép-Európa és a Balkán került szóba, a harmadik, a XIX-XX. század fordulóján dúló járvány idején pedig brit földön feltételeztek ilyen rezervoárt.

A kutatók a mai pestis-rezervoár kínai rágcsálók ökológiai igényeit felmérve végeztek modellezést, olyan adatokat felhasználva, mint a talaj kémiai összetétele, kémhatása, szerves széntartalma, agyagos volta, valamint időjárási viszonyok, és tengerszint

feletti magasság. Az ezekből felállított modell alapján ellenőrizték, hogy a talált, pestis-rezervoárként működni képes körülmények megfeleltethetőek-e az amerikai rezervoár-rágcsálók körülményeinek, majd miután meggyőződtek róla, hogy helyes a modell, megvizsgálták, vajon Európában fennállhattak-e ennek megfelelő körülmények a múlt járványai során. Az elmúlt 2000 év európai időjárási viszonyaiból mind a nyári hőmérsékletet, mind a csapadékot figyelembe vették, a kérdéses rágcsálók szempontjából ezek a meghatározók.

Az elemzések azt mutatták, hogy míg a kínai és amerikai élőhelyek, ahol ma jelen van a pestis, jó egyezést mutattak a modell szerint alkalmas helyekkel, addig Európában a modell alapján csak elhanyagolható méretű terület lehetett erre alkalmas az Ibériai-félszigeten. A kutatók számításai szerint a járványok időszakaiban megfelelő európai rezervoár nem alakulhatott ki, még kisebb terület volt erre alkalmas ezen rágcsálók számára, mint jelenkorunkban (ma 0,6 százalék). Azt azért érdemes még tudni, hogy a balkáni régióból nem túl sok adat volt, így ez a terület részben kimaradt a modellezésből.

A kontinensünk esetében arra jutottak tehát, hogy leginkább a csapadékviszonyoknak köszönhetően egész egyszerűen nem alakulhatott ki a pestist hosszú távon megőrizni képes rágcsálóállomány. Míg Amerikában, Afrikában vagy Ázsiában ma is rendszeresen előfordulnak a helyi rezervoárból átcsurranó fertőzések, Európában a XX. század eleji járvány óta nem volt pestis. Az elképzelhető azonban, hogy rövidebb időszakokban Európában is lehettek alkalmas rágcsálópopulációk, de tartós, hosszú távon fennálló, vagy nagyobb kiterjedésű rezervoár nem volt. Ahhoz, hogy a rövidebb időtartamú és korlátozott területű pestisraktárak létezését igazolni lehessen, a régészeknek számos más tudományág képviselőivel közösen kell átfogó és alapos vizsgálatokat végezni, felmérve nemcsak a rágcsálók környezeti igényeit és körülményeit, hanem azok bolháit, az emberrel és az ember külső élősködőivel együtt.

Egyelőre azonban úgy tűnik, az Európában dúló egykori pestisjárványok mindegyike új behurcolás eredménye lehetett, amelyek az ázsiai rezervoárokból újra és újra átcsorduló baktériumokat hozták magukkal. Az emberek mozgása sokkal egyszerűbb magyarázatot jelent a pestis többszöri megjelenésére, és a baktérium egyes filogenetikai tulajdonságaira, mint a helyi fennmaradása. A kutatók azonban azt is hangsúlyozták, hogy a két lehetőség nem zárja ki egymást, vagyis lehettek kisebb, rövid idejű európai góccok, de emellett a döntő a behurcolt járvány lehetett.

(PNAS, 2022. december)



Hérincs Dávid felvételei
a 2022 őszének időjárása című cikkünkhöz



