

Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY

148. évf. 8. sz.

2017. AUGUSZTUS

ÁRA: 780 Ft

Előfizetőknek: 670 Ft



- VAN GOGH HERVADÓ FESTMÉNYEI
- A NAP MÚLÁSA
- PRIVÁT ZÓNA AZ INTERNET KORÁBAN

- EGRI CSILLAGOK
- GYORSHAJTÁSTÓL AZ ERDŐIRTÁSIG
- VADÁSZAT A MÚLTBAN

- HONNAN NÉZTE POSZEIDÓN TRÓJA OSTROMÁT?

Válogatás Gilicze Bálint természetfotóiból



Patagónia (2004)



Magas-Tátra (2015)



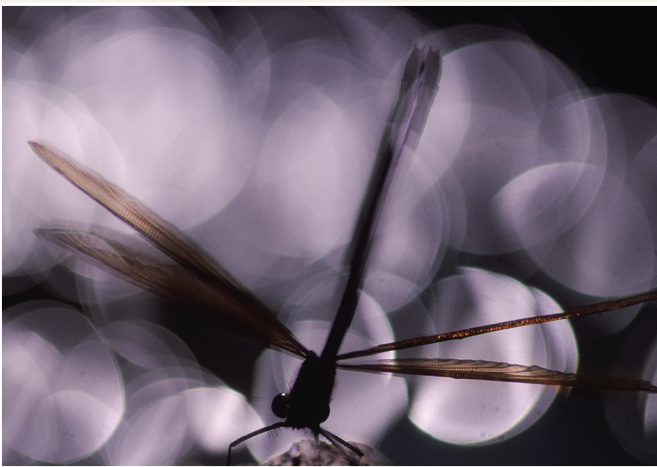
Sorakozó (2003)



Potyautas (2002)



Izland (2002)



Kisasszony-szitakötő (2004)

Természet Világa



A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ
TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KOZLÓNY
148. ÉVFOLYAMA



2017. 8. sz. AUGUSZTUS
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat



EMBERI ERŐFORRÁSOK
MINISZTERIUMA



Szellemi Tulajdon
Nemzeti Hivatala



Nemzeti
Tehetség Program



EMBERI ERŐFORRÁS
TÁMOGATÁSKÉZELŐ



NKA
Nemzeti Kulturális Alap



MMMA
MAGYAR MŰVÉSZETI
AKADÉMIA

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



A kiadvány a Magyar Tudományos
Akadémia támogatásával készült.

Megbízott főszerkesztő:
GÓZON ÁKOS
Szerkesztőség:

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

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomás:
PAUKER Nyomda

Felelős vezető:
Vértés Gábor

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

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

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

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

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

TARTALOM

Keleti Arthur: A magánélet nyílt titkai, avagy privát zóna az internet korában.....	338
Lente Gábor: Van Gogh hervadó festményei.....	342
Besenyei Ádám – Csomós Petra: A gyorsajtástól az időjárásig. Kalandok az alkalmazott matematikában.....	346
Csaba György: Az ember neme. Második rész.....	352
<i>E számunk szerzői</i>	355
A hétköznapi kérdések is elvezetnek a mélyebb megértéshez. Gilicze Bálinttal beszélget Tószegi Zsuzsanna	356
Herczeg János: Olvasónaplómból. Honnan nézte Poszeidón Trója ostromát?.....	359
Landy-Gyebnár Mónika: Érdekes légköri jelenségek a sarkvidékeken. Második rész.....	362
Kretzer Balázs: Miért tűntek el a grönlandi vikingek?.....	367
Schiller Róbert: A nap múlása (<i>KÖZÖTT</i>).....	370
<i>HÍREK, ESEMÉNYEK, ÉRDEKESSÉGEK</i>	372
Isépy István: Amiről a Linné-szobor mesél.....	374
Babinszki Edit – Kőbányai Péter – Gáspár Anita: Az Astrolabe, a francia Beagle.....	376
Rezsabek Nándor: Egri csillagok. Madarassy János jezsuita asztronómus emlékére.....	378
Remete Attila Mária: Tisztelt Természet Világa! (<i>OLVASÓI LEVÉL</i>).....	379
Szabó Márton: Óscápazsákmányok. Vadászat a múltban.....	380
<i>FOLYÓIRATSZEMLE</i>	381
<i>KÖNYVSZEMLE</i>	383

Címképünk: Carl von Linné bronzszobra (*Kapitány Katalin felvétele*)

Borítólapunk második oldalán: Válogatás Gilicze Bálint természetfotóiból

Borítólapunk harmadik oldalán: Gilicze Bálint fotóalbumából

Mellékletünk: A XXVI. Természet–Tudomány Diákpályázat cikkei. *Imre Noémi:* Ikerkutatás – belevágjak? *Péterfi Orsolya:* Sic volo, azaz így akarom!; *Filipszok Péter Gusztáv* – *Jónás Andrea Petra:* Háztartási szürkevizek és csapadékvíz környezethatékony újrahasznosítása. Vendégoldal: *Frey Sára–Varga Márton:* Modell és valóság; A XXVII. Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása és a verseny szabályzata.

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

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

A lapszámot összeállította: STAAR GYULA

Szerkesztők:

KAPITÁNY KATALIN (yka@titnet.hu; 327–8962)
NÉMETH GÉZA (n.geza@titnet.hu; 327–8961)

Tördelés: LÉVÁRT TAMÁS

Szerkesztőségi irodavezető:
HORVÁTH KRISZTINA

KELETI ARTHUR

A magánélet nyílt titkai, avagy privát zóna az internet korában

A mikor Thomas Edison a szénzásas izzólámpáján dolgozott, azt mondta, hogy immár sok ezer kísérletet be tud mutatni, amelyek közül egyik sem működőképes. Több mint húsz évnyi kibevédelmi munka után én is elmondhatom magamról, hogy számtalan olyan módszert ismerek, amelyik nem nyújt megfelelő védelmet. Sosem gondoltam volna, hogy amikor a kibertitkok kutatása kapcsán belemertülök a téma társadalomtudományi vonatkozásaiba, a felfedezéseim jobban megrázzák a kibevédelemben vetett hitemet, mint korábban bármi. Azt kellett látnom ugyanis, hogy a digitális valóság megálíthatatlanul elszabadult, mint egy vad bika, és maga alá gyűr társadalmakat, államokat, cégeket és családokat, és kibevédelmi szakemberként még mi sem tudjuk garantálni az érintettek számára a védelmet.

Régen elég volt tartani magunkat a mondáshoz, hogy hallgatni arany. Ha barátainkban megbízhattunk és bizalmasaink nem fecsegték ki titkainkat, nyugodtan aludhattunk. Manapság már nem csupán a barátaink vagy bizalmasaink veszélyeztetik a titkainkat, hanem sosem látott, vadidegen emberek egy távoli ország kis lakásának számítógépei előtt. Titkaink őrzéséhez megfelelő technikai eszközökre és folyamatosan fejlődő szakmai tudásra van szükségünk, mert az évszázados, kipróbált módszerek mára használhatatlanná váltak.

A titok és az emberi agy

Mindnyájunknak vannak titkai. És mindig lesz valaki, akit pont a mi titkaink érdekelnek. A titok mibenlétét mégis nehéz meghatározni, hiszen rengeteg olyan dologra, jelenségre utalhat a fejünkben, melyek mindegyikét gyakran felülvizsgáljuk, vagy akár meg is változtatjuk. Bármi titokká minősülhet az egyik pillanatban, míg a másikban elveszíti titokjellegét. A meghatározásnak mégis van egy kulcseleme, ez pedig a védelem. A titkok ugyanis megvédenek minket. Biztonságot adnak.



A magánélet kialakításának és fenntartásának alapfeltétele, hogy önmagunkat, kapcsolatainkat, tulajdonunkat stb. biztonságban tudjuk. Nem akarunk aggódni, az otthonunkba térve nyugalomra vágyunk, hogy pihenhessünk, feltöltődhessünk, visszanyerjük energiánkat.

Amikor egyedül, vagy szűk családi körben vagyunk, olyasmiket is csinálunk, amiket nem szívesen vállalnánk fel nyilvánosan. A magánszféra biztosítja számunkra a szabadság érzését.

A kibertitkokkal azért kezdtem el foglalkozni, mert meg akartam érteni, hogyan működnek a titkok és milyen kapcsolatban állnak az emberi természettel. Egy kiváló szociológus, *Szvetelszky Zsuzsa* volt segítségemre, aki egy rendkívül érdekes kutatást végzett a pletykáról. A tagolt beszéd kialakulása után a pletyka a második helyen áll az emberi kommunikáció fejlődésében, mégpedig minden embercsoport körében, legyen az egy ausztrál bennszülött törzs vagy egy manhattani irodaház közössége. Fontos számunkra a többi ember, különösen azok, akiknek az arcát

gyakran látjuk és hangját gyakran halljuk. Evolúciós sajátosságunk, hogy róluk minél többet szeretnénk megtudni és a titkaikra is kíváncsiak vagyunk; valószínűleg ez magyarázza a pletykák hihetetlen gyors terjedését. A titkok napfényre kerülését, továbbadását, a pletykát ráadásul – szintén evolúciós sajátosság – nem valami rosszként, ártalmasként értelmezzük, hanem pozitívumként. A közösséget romboló rágalmozással vagy manipulációval szemben a pletykanak közösségépítő szerepe van, és az emberek közti beszélgetés 60%-át teszi ki.

A kutatásom során azzal kellett szembesülnöm, hogy amit a szakemberek felfedeztek a titkokról, vagy kibevédelemről, azt megtartották maguknak és a felfedezéseiket nem publikálták. Ki kellett hát dolgoznom a saját módszeremet: a kibertitkok kockázatelemzését.

A módszer az emberi agy titokkezelési működésén alapul, mely egy körkörös folyamat különböző állomásokkal. Az ember agya, amikor szembesül egy titokkal, mindig mérlegeli annak a környezetét. Majd

számba veszi az egyén szükségleteit és azok hierarchiáját (lásd: Maslow-piramis). Gondosan mérlegeli, hogy ha kiderül a titok, akkor az miként hat az alapvető fizikai szükségletek kielégítésére, ill. a többiére. Elménk mindemellett még mérlegeli a normákat is, vagyis azt, hogy a titokkal megtörünk-e valamilyen normát, legyen az vallási, társadalmi, törvényi, szokás alapú vagy esetleg belső, deklarált vagy hallgatólagos.

Minden titkunkat folyamatosan ezen az összetett koordináta-rendszeren vizsgáljuk, és arra próbálunk rájönni, hogy a titok nyilvánosságra kerülése kényelmetlenséget jelent majd csupán, vagy komoly gondot okoz. Meg tudjuk magyarázni, ki tudjuk menteni magunkat, vagy megállíthatatlanul felboríthatja az életünket?

A komoly gondok mögött általában súlyos, ún. fekete titok húzódik meg, például gyilkosság vagy egy jelentősebb céges pénzügyi csalás, de ilyen lehet egy céges leépítési hullám is, amelyet a főnökség az utolsó pillanatig titkol. Amikor viszont amiatt bukunk le, hogy hetekig hordjuk ugyanazt a zoknit anélkül, hogy kimosnánk, akkor fehér titokról beszélünk, ami kínos és kellemetlen, tehát komoly hatása lehet, de inkább kellemetlen, mint problémás. Vannak tehát fehér és fekete titkaink, illetve köztük a szürke szátmalan árnyalatába burkolódnak.

Elmondhatjuk tehát, hogy a közvélekedéssel ellentétben nem információink vannak, hanem titkaink. Titkaink, amelyeket összetett szerkezetű, a viszonyunk hozzájuk és a technológiai körülmények miatt egyre kevésbé vagyunk képesek megvédeni. A rendelkezésünkre álló idő is egyre rövidebb. 2020 már nagyon közel van.

Mik azok a kibertitkok?

Mielőtt folytatnánk a gondolatmenetet, végezzünk el képzeletben egy kísérletet. Idézzük fel a négy legmélyebbre elásott, legsötétebb titkunkat, amiket sosem akartunk még csak megosztani sem senkivel. Nem olyan csekélysegekre gondolok, mint amikor ebéd előtt sütít loptunk a nagyitól, hanem azokra a nagy titkokra, amelyek, ha egy nap kiderülnének, fel tudnák borítani az eddig kialakított életünket. Például házasságunként van egy titkos szeretőnk, vagy úgy alakítottuk a számokat a céges beszámolóinkban, hogy kedvezőbb fényben tűnjünk fel a főnökünk előtt, vagy valójában a saját nemünkhöz vonzódnak és erről senki sem tud, esetleg nem hiszünk Istenben, de ezt titkoljuk a rendkívül vallásos családunk előtt. Majd képzeljük el, hogy fel

kell mennünk egy körszínpadra, melynek minden oldalán emberek ülnek, akiknek a szemébe kell néznünk, és miközben egy kamera veszi az adást és élőben közvetíti a Facebookon, a négy legféltebb titkunkból hármát hangosan kimondva kell megosztanunk a nyilvánossággal.

2020-ra pontosan ez az, ami történni fog velünk. A Gartner 2013. évi jelentése szerint addigra a négy legféltebb adatunkból három online elérhető lesz, vagyis legmélyebb titkunkból ennyi kerülhet nyilvánosságra. Kiberbiztonsági szakértőként kijelenthetem, hogy adataink 75%-ának nyilvánosságra kerülése nemcsak felkavaró élmény lesz, hanem igencsak fájni fog. Elsőre talán úgy tűnik, hogy egy furcsa apokaliptikus látomást vizionálok. De ezek gondolatok igencsak valószínűek például annak fényében, hogy 2010-ben *Mark Zuckerberg*, a Facebook alapítója és elnöke nem kevesebbet állított, mint hogy a magánélet magánjellege megszűnt általános társadalmi norma lenni. Az emberekben ugyanis feloldódott az az elvárás, hogy a magánélet kizárólag magánügy legyen.

A világ mára különböző kapcsolatok hálózatává vált, ami nagyrészt a számítógépeknek köszönhető. Számítógépek természetesen már elég régóta léteznek, de az elmúlt néhány évtizedet leszámítva, az informatikai szakmán kívül senki nem törődött velük, társadalmi hatásuk pedig egészen elenyésző volt. Mára viszont a számítógépek rendszereket alkotnak, és az emberekhez hasonlóan több szinten és rendszerben kapcsolódnak össze egymással. Az ilyen rendszerek kapacitásainak exponenciális növekedésével és a technológia fejlődésével pedig eljutottunk oda, hogy szükségtelennek látszik kiírni a stúdiókban, hogy „Csendet kérünk, felvétel zajlik!”, hiszen hang- és videófelvétel készülő folyamatosan szinte mindenhol és mindenről.

A számítógépek rengeteg információt tudnak közvetíteni. Ráadásul a minket körülvevő gépek adathordozó és -feldolgozó kapacitása is egyre növekszik. Az elektromos kenyérpírtónak a konyhában bonyolultabb számítógépes rendszere van, mint az embereket a Holdra szállító Apollo űrhajó irányítórendszerének volt. De hogyan tudjuk kiszűrni a modern gépek által kezelt hatalmas információfolyamból, hogy mi az, ami érdemes a figyelmünkre?

Az információ fontos vagy lényeges?

E kérdés eldöntése – bár különböző szinteken, de – általában a felhasználóra van bízva. Ki-ki keresse meg, szelektálja, rangsorolja a maga vagy a munkaadója számára szükségesnek és értékesnek tartott információkat. Egyes munkahelyeken ehhez esetleg kapnak még írásbeli instrukciókat meglehetősen nehezen emészthető szabályzatok és eljárások formájában. Az emberek viszont nem túl jók az adatok osztályozásában. Az átlagember például nem tud különbséget tenni a „szigorúan titkos” és a „különösen bizalmas” információ kategóriák között. Valószínűleg a törvényhozók, auditorok és a joggal foglalkozó szakemberek tisztában vannak a fogalmak pontos jelentéseivel, ám a szaknyelv árnyalatainak ismerete nem várható el. Vajon közölünk ki ejtett ki a száján vagy hallott már ilyen mondatot: „Anya születésnap ajándéka titkosított információ, korlátozott hozzáféréssel.” Nem hinném, hogy bárki is, hiszen nem így zajlik a hétköznapi életünk. Egy olyan mondat sokkal valószínűbb, hogy „Anya szülinapi ajándéka titok, ha bárki elárulja neki, nagyon mérges leszek.”

Emberi sajátosság, hogy az adatokat nem önmagukban, elszigetelten szemléljük, hanem szeretjük látni azok környezetét és összefüggéseit, vagyis a kontextus megha-



tározza a gondolkodásmódunkat, mi több, gyakran az adat értékét is. Kontextus alapján mérlegeljük azt is, hogy mi az, amit fontosnak tartunk és mi az, amit nem. Az információk osztályozását azok kontextusa – sőt annak szubjektív értelmezése – alapján végezzük, nem pedig azok tartalma alapján. Emiatt elképzelhető, hogy két szakember, azonos adatok alapján, két egymástól eltérő fontossági sorrendet állít fel vagy különböző következtetéseket von le.

Az említett okok miatt már szinte ki is zárhatjuk egy társadalmi vagy akár szakmai konszenzus meglétét az információk fontosságáról. Ez viszont nem jelenti azt, hogy ne lennének olyan információk, melyek fontos-

ságát egy hivatal, egy cég vagy egy magán-személy deklarálja, és ennél fogva elvárja ezen információk bizalmas jellegének fenn-tartását és védelmét.

Miből áll a kibervédelem fegyvertára?

A védelemhez eszközök is kellenek. A fizikai harcászattól tudjuk, hogy a hatékony védekezéshez legalább olyan jó fegyverek szükségesek, mint a támadáshoz. Sőt, az igazán felkészült védelem folyamatosan új fegyverek kidolgozásán munkálkodik, mert bár ő van hazai terepen, de neki az egész várat és minden oldalról egyszerre kell védeni, míg egy sikeres támadáshoz elég egyetlen ponton koncentráltan áttörni a védelmet. Természetesen a támadók sem tétlenkednek, igyekeznek megtalálni a gyenge pontokat és az új fegyverek meglepetésszerű erejét kihasználni, így a fegyverek fejlesztése mindkét oldalon párhuzamosan történik, és a hatás-ellenhatás törvényének köszönhetően egyre bővül a fegyvertár.

Elég csak, ha eszünkbe jut az egész világon nemrégiben órák alatt végig söpört zsarolóvírus, amelynek hihetetlenül gyors terjedését az amerikai titkosszolgálatól kiszivárogtatott támadó programok tették lehetővé. Vegyük most sorra a védelem legfontosabb fegyvereit.



Titkosítás

Az első a titkosítás. A titkosítás a kibervédelem Szent Grálja. Pontosabban az lehetne, ám mivel nem tudjuk, hogy mit tekintünk fontos információnak, azt sem tudjuk pontosan, hogy mit védjünk vele, ennek következtében általában mindent igyekszünk titkosítani. Például a számítógépünk merevlemezének teljes tartalmát, beleértve az ideiglenes fájlokat is. Ha viszont mindent titkosítunk, akkor valójában semmit sem titkosítunk. Amikor pedig használjuk a számítógépeinket, különböző fájlokat nyitunk meg és dolgozunk azokban, akkor bár csak arra az időre, de feloldjuk a titkosítást, hogy el tudjuk végezni a kívánt feladatainkat, ám a titkosításnak ez az időleges feloldása pont olyan, mint amikor egy gyereksapat előtt felnyitjuk a játékokkal teli doboz fedelét: bárki rávetheti magát az ott talált információkra, jöhetnek a hackerek és szabadon ki-be pakolhatnak benne. A gépekre titokban feltelepített hátsó ajtók, kémprogramok és további ártalmas tartalmak „túlélnek” a titkosítást. Számukra a gép titkosítva is nyitott könyv. Láttá már valaki, hogy ilyen helyzetben a titkosítás visszatart egy hackert? Én bizony nem.

Mindemellett a titkosításnak vannak vitathatatlan érdemei, például hatékonyan megvédi adatainkat, amikor továbbítjuk azokat, vagy ha véletlenül elhagyjuk gépünket vagy pendrive-unkat.

A titkosításnak azonban van egy nagy hátránya is: megköti a törvény végrehajtó szerveinek a kezét, és sokszor ellehetetleníti vagy nagyon megnehezíti, hogy küzdjenek a terrorizmus vagy a gyerekbántalmazás ellen, mert nem feltétlenül férnek hozzá a nyomozás szempontjából elengedhetetlenül szükséges információkhoz.

Kockázatelemzés

A kibervédelem varázserejű kardja a kockázatelemzés. Amikor kockázat-elemzünk, azt mérlegeljük például, hogy milyen kockázati tényezők veszélyeztetik adatainkat, mekkora eséllyel férnek hozzá adatainkhoz, milyen gyakorisággal léphet fel egy-egy kockázat, az adatok feltérzése milyen mély hatással lehet a cégünk működésére stb. Mivel mi magunk, vagyis a

nyos védelmet használnak. Sőt, a lehető legjobb terméket használják a kockázatokkal arányos védelem biztosítására. És valóban, én még sosem talákoztam olyan gyártóval, aki nem a legminőségibb és legfejlettebb rendszerrel állt volna elő. Mindenki a saját portékáját dicséri, és ahogy a jelmezbálban nehéz kihirdetni a győztest, mert minden gyermek ötletesen választott kosztümöt és mind a tündér, mind lovag tökéletesen hozza saját karakterét, úgy a kockázatokkal arányos védelmi rendszereket is nehéz rangsorolni. Hiszen megfelelnek az alapvető követelményeknek, ráadásul mindegyik tartalmaz olyan extrát, ami a többieknél nincs, vagy nem pont úgy jelenik meg.

Azt azért nem érdemes szem elől tévesztünk, hogy a gyártók szinte a lehetetlenre vállalkoznak, ugyanis a számtalan hibával, pontatlansággal, becsléssel meghatározott kockázatokra kínálnak minden kétséget kizáró és teljes körű biztonságot szavatoló védelmet, és ezzel igencsak közel állnak az önellentmondáshoz.

Ha az említett fegyverek jól működnek, nem történének újabb és újabb hacker támadások, ám azok mégis bekövetkeznek.

Milyen lehetőség áll még előttünk? Végző soron, fordulhatunk az emberek felé. Az embereket ugyanis könnyű hibáztatni, mert nem elég óvatosak vagy felkészültek. A biztonság-tudatosság növelése olyan téma, amit bármikor elővehetünk, ha kibervédelemről esik szó. Az emberek azonban mindig csak emberek maradnak, ezért természetüktől fogva a békességet keresik és első reakciójuk nem az, hogy megakadályozzák mások információszerzését. Nem véletlen, hogy a lakosságnak csak egy kis része lesz katona vagy biztonsági őr.

Az OPM (Office of Personnel Management) már 2004 óta tart biztonságtudatosságot fejlesztő tréningeket. Ez azonban nem tartotta vissza például a kínai hackereket, hogy megszerezzék az amerikai katonaság és az államigazgatás több mint 20 millió tagjának az adatait.

A gép és az ember

A titkokat nehéz megragadni, ennél fogva megvédeni sem könnyű. Amit ugyanis mi valóságnak tartunk és amit mások valóságnak tartanak, az nem feltétlenül esik egybe. Ráadásul a kibertitkok folyamatosan változnak. Sajátos értékeik, minőségeik vannak.

Milyen megoldásokat látok szakemberként?

1. Fel kell ismernünk a titkokat.
2. Folyamatosan terítéken kell tartanunk a magánügy vs. biztonság témáját.
3. Mindehhez pedig gépekre, mesterséges intelligenciára (MI) lesz szükségünk, mégpedig egyre többre.

Egy dolgot tudunk csak biztosan kijelenteni a jövőről: az emberek egyelőre jelen lesznek benne. „Egyelőre”, hiszen az egyre összetettebb elektronikus eszközök és intelligens számítógépek feltűnésével több szakember is rámutatott az ember és gép párosításának előnyeire. Egyes kutatók, professzorok ebben az esetben már transzhumanizmusról beszélnek, értve ezalatt az emberi képességek növelését és kiterjesztését a gépek segítségével. Tisztább hallást, élesebb látást, gyorsabb és pontosabb memóriát, erősebb testet is elérhetünk számítógépes rendszerek és programok bevonásával. Elég, ha csak a DARPA által kifejlesztett agyvezérelt robotikus karra gondolunk, vagy az exoskeletonra, mely mozgásérült embereknek adta vissza a mozgás lehetőségét. Azt tehát, hogy milyen formában és alakban lesznek jelen az emberek a jövőben, még nem látjuk előre. De a változások minden bizonnyal nem csupán a fizikai testünket, hanem a gondolatainkat, önképünket, társas szokásainkat is érinteni fogják.

Sokan felvetik, hogy talán túl nagy gondot jelent az emberiség számára, hogy számítógépeink és okostelefonjaink jobban ismernek bennünket, mint mi magunkat. Hiszen nemcsak méri, azonosítja és elemzi életvitelünket, fizikai reakcióinkat, fogyasztási szokásainkat, érdeklődési körünket, hanem megjegyzi és tárolja gondolatainkat, cselekedeteinket. Ezzel egyidejűleg rendkívül hálások is vagyunk nekik pontosan ugyanazekért a tulajdonságaikért. Sokkal kényelmesebbé teszik az életünket, már nem kell telefonszámokat megjegyeznünk, vagy nem kell azzal foglalkoznunk, hogyan érjük el barátainkat és munkatársainkat, mert a gép felkínálja a leghatékonyabb lehetőséget, ahogy az autónk célba juttatásakor is teszi. Kedvenc márkánknak vagy stílusunknak megfelelő termékeket kínál fel az online vásárlás során, s így nem kell felesleges köröket megtennünk, hogy elérjük célunkat. A gépekkel való kapcsolatunkat áthatja ez az örökös ellentét, egyszerre rajongunk értük és undorodunk tőlük, pont mint amikor kedvenc nagymamánk odakozmált levesét kanalazzuk.

Mindezzel együtt megfigyelhető, hogy társadalmunk egyre toleránsabb lett és az átláthatóság igénye is egyre nagyobb tért nyert. Többet fedünk fel magunkból, mint régebbi korokban, és kevésbé szűgyelljük magunkat. Mark Zuckerberg is rámutatott erre, amikor hét éve így fogalmazott: „Az emberek kellemesen érzik magukat, amikor nemcsak egyre több és különböző fajta információt osztanak meg magukról, hanem teszik ezt egyre nyíltabban és egyre több emberrel... Ez egy olyan társadalmi norma, ami folyamatosan alakulóban van.” Őt sokan kritizálták e mondatokért, végül vissza is vonta azokat. De nem lehet nem egyetérteni vele. A minket körülvevő nyilvánosság egyre nagyobb és összetettebb, és e tény kihatással van a magánéle-

tünkre is. Miközben a társadalom lineárisan, az információéhség és informatikai képesség exponenciálisan növekszik, s ezzel a ténnyel még elég nehezen tudunk bármit is kezdeni. Marad-e egyáltalán bármink, ami teljesen a sajátunk? Lehetnek-e titkaink? Meg tudjuk-e őrizni azokat?

Miközben a titkok és tabuk száma csökken, az információ iránti vágy növekszik, a társadalomnak nincs más lehetősége, mint alkalmazkodni a megváltozott feltételekhez. A magánélet első szintje mellett (értve ezalatt a személyes kapcsolatokat) megjelent a második szint is, melynek nem feltétele a személyes találkozás, hiszen olyan technológiai zónák is lehetővé teszik a magánélet virtuális irányú kiterjesztését és a titkok megosztását, amelyekhez elegendő néhány korlátozott hozzáférésű projektor, vagy titkosított hang- vagy képi kapcsolat. A magánélet ilyen irányú kiépítésének és fenntartásának alapfeltétele, amit Marcus J. Ranum amerikai IT biztonsági szakember úgy nevezett: tárgyas bizalom, vagyis a hálózatok és gépek iránti bizalom.



Amikor például Barack Obama amerikai elnök felvetette, hogy terrorizmus- gyanú és veszély miatt a szakembereknek olyan titkosító algoritmus kifejlesztésén kellene dolgozniuk, amely csak egy bizonyos szűkebb csoport számára tenné elérhetővé az adatok elérését a titkosítás feloldásával. Ennek kapcsán azonnal felvetődött: ki választaná ki ezen szakembereket és milyen szempontok alapján, ill. ki ellenőrizné őket és kinek tartoznának elszámolással? Egy ilyen lépés megtételének alapfeltétele egy olyan technológia létrehozása, mely képes arra, hogy csak bizonyos szakemberek előtt fedje fel a titkosítást, vagyis ilyen esetekben a megoldást a mesterséges titokfelismerő vagy viselkedés-elemző eszközök bevetése jelentheti. Amikor például terrorizmus vagy egyéb bűntény elkövetésének gyanújába keveredünk, akkor elfogulatlan gépek segíthetnek a helyzetünk tisztázásában, amikor részrehajlás nélküli kereső algoritmusokkal át tudják fésülni adatainkat, ki tudják gyűjteni az összes releváns és a tárgyra vonatkozó információt, és azokat – de csak azokat – át tudják adni az illetékes szerveknek. Emberek

nem tudnák elvégezni ezt a feladatot anélkül, hogy ne sértenék meg számtalan egyéb személyes adat titkosságát, és ne hoznák napvilágra, hogy például minden áldott este a szeretőnkkel chatelünk miközben tisztázunk minket a terrorizmus vádjai alól.


Még ránk vár

Természetesen néhány „kisebb” technikai problémát még meg kell oldanunk ahhoz, hogy mindez valóban megbízhatóan működni tudjon. Például bizonyos esetekben az alapoktól újra kell írni némelyik informatikai rendszert (akár teljes operációs rendszereket is), miközben a jelenlegi memória- és tárhelykapacitást növelnünk kell. És még tisztázásra vár az a kérdés is, hogy mi történik azzal az adattal, amit például megfosztunk a védelmétől.

Az emberiség történetében azonban nem ez az első lehetetlennek tűnő feladat, mely megoldásra vár, és nem is a legbonyolultabb. Az 1960-as, 70-es évek űrprogramjainak eszközei egyszerűbbek voltak, mint egy mai elektromos borotvácé, az űrhajók memóriakapacitása pedig 1000-szer kisebb, mint ami 2016-ban szükséges volt ahhoz, hogy el tudjunk kapni egy Pokémont. John F. Kennedy mondta híres beszédében: „Nem azért döntöttünk amellett, hogy még ebben az évtizedben a Holdra szálljunk és véghezviszünk más dolgokat is, mert azok könnyűek, hanem mert nehezek...”

Stephen Hawking szerint ugyanakkor nem fogjuk korlátozni a gépek használatát, hiszen az emberek folyamatosan fejlesztik azokat, azért hogy megkönnyítsék saját munkájukat és életüket kényelmesebbé tegyék. A kényelmünket pedig nem adjuk. Alapvetően csak a gépek képesek arra, hogy gyorsan és hatékonyan elemezzék az ember előtt álló lehetőségeket és kockázatokat, és a szükségleteinek megfelelő automatizált válaszokat adjanak.

A titkaink megbízható és pontos kezeléséhez és védelméhez gépekre van szükségünk. A gépek meg tudják őrizni a magánéletünk magánjellegét, ugyanakkor eleget tudnak tenni a társadalmi vagy egyéni biztonság fenntartásához szükséges adatszolgáltatási kritériumoknak. A gépek a jövőben meg tudják oldani a magánélet vs. biztonságunk ezt a nagy emberi dilemmáját, amelyet egymás közt nem voltunk képesek kezelni.

Érdemes tehát új szemmel tekintenünk magunkra, a gépekre és a digitális információkra: az embereknek ugyanis nem adataik vannak, a cégeknek pedig nem információik, hanem titkaik. 

LENTE GÁBOR

Van Gogh hervadó festményei

Vincent Willem van Gogh (1853–1890) posztimpreszionista holland festő nevét manapság mindenhol ismerik és munkáit nagy becsben tartják. Közel 900 képet festett, de ezek közül a (mind- eddig meg nem cáfolt) legendák szerint 37 éves korában elkövetett öngyilkosságáig mindössze egyetlen egyet tudott eladni. Fennmaradt festményei manapság a legdrágább műtárgyak közé tartoznak, a 2017-es évre korrigált árak szerint négy képe is 100 millió dollár fölötti összegért cserélt gazdát az elmúlt 25 évben.



Önarckép (42 × 34 cm, 1887, Art Institute of Chicago, USA)

Talán meglepő, de van Gogh művészete a természettudósoknak is bőven adott munkát az elmúlt évtizedben. Egy értékes műtárgy állagmegőrzése fontos feladat, ezért az általában évtizedek vagy évszázadok alatt végbemenő lebomlási folyamatokról pontos tudományos információt kell szerezni. Ez a feladat azonban éppen a folyamatok lassúsága miatt nehéz. Van Gogh műveinek különlegesen nagy szerepe van az ilyen kutatásokban, és ennek a festmények értékén túl is vannak okai. A művész szenvedélyesen érdeklődött a festékek és előállításuk technikai részletei iránt, így kortársainál jóval tájékozottabb volt ezen a téren. Mindössze tíz éves aktív korszakában majdnem ezer képet festett, s ezalatt kiterjedt levelezést folytatott. Ilyen írásai nagyrészt mind a mai napig megmaradtak, s ezek igen megbízható in-

formációforrásnak számítanak alkotásainak eredeti állapotáról. Így aztán a holland festő munkássága korábban soha nem látott lehetőségeket nyitott meg a festmények állagmegővését célzó kémiai kutatások számára. A következőkben ezekből láthatunk néhány érdekes történetet és anyagot.

Kárminvörös bíbortetűből

A kárminvörös szerves festékanyag ($C_{22}H_{20}O_{13}$), amelyet a bíbortetű (*Dactylopius coccus*) nőnemű példányainak szárított testéből nyernek ki és évszázadok óta használnak. A tiszta pigmentanyag manapság az engedélyezett élelmiszerfestékek közé tartozik, ipari jelölése E-120 (a közhiedelemmel ellentétben az E-számokon nyilvántartott élelmiszeradalékok jelentős hányada természetes anyag).

A bíbortetű tenyésztése a XIX. században a Kanári-szigeteken számított hatalmas üzletnek, mert az ott nagy mennyiségben található fügekaktuszfaj (*Opuntia gosseliana*) a bíbortetű ideális táplálékának bizonyult. Az olcsóbb anilinvörös színezék ipari előállítása után azonban a kárminvörös iránti kereslet erősen megcsappant, így napjainkra már csak Lanzarote szigetén vannak tenyészetek. A legutóbbi években viszont az anilinfestékek alkalmazásának genetikai kockázata nagy nyilvánosságot kapott, ezért a bíbortetű iránti érdeklődés is reneszánszát kezdi élni.

Néhány más, hasonló színárnyalatú festékre is hivatkoznak időnként kárminvörös néven. Ezek közös sajátja, hogy

Bíbortetűk és a kárminvörös festék



Rózsák vázában (74 × 93 cm, 1890, Metropolitan Museum of Art, New York, USA)

erős fénynek kitéve viszonylag rövid idő alatt kémiai átalakulásokon mennek át, így színük is jelentősen változik. Van Gogh sokszor használt kárminvöröst képein; ezek a művek már a festő életében elkezdtek megváltozni. Kevés festményen volt ez nyilvánvalóbb, mint a *Rózsák vázában* címűn, amely 1907-re, vagyis alig 17 éve alatt elvesztette eredeti színeit, miközben a művész édesanyjának házában állt.

Az *Íriszek a mezőn Arles* közelében alkotóan egy másik, ugyanilyen színű, de mesterségesen előállított vörös festék, az eozin ($C_{20}H_{12}K_2Br_4O_5$) okozott ugyanilyen jelenséget. Leveleiben van

Gogh az íriszeket bíborszínűként írta le, de jelenleg kékes árnyalatban láthatók. A változás tudományos vizsgálatára az a tény ad módot, hogy az eozinmolekula – a színezékek között igen ritka kivételként – brómatomokat is tartalmaz. A festék bomlási folyamatai közben a molekulák megváltoznak ugyan, de az anyagmegmaradás törvényének köszönhetően, a brómatom természetesen

valamilyen formában ott marad a vásznon. Így a brómatomok kimutatása elég egyértelmű jel arra, hogy valaha a kép azon a helyen szép vöröses színű lehetett.

Van Gogh egyébként tudott róla, hogy a vörös festékek hamar fakulnak, de nem



Íriszek a mezőn Arles közelében (54 × 65 cm, 1888, Van Gogh Múzeum, Amszterdam, Hollandia)

tudott ellenállni a rendkívül élénk színek vonzásának. A fakulás tudatos kompenzálására széles ecsetvonásokkal nagy mennyiségű festéket felhasználva dolgozott, hogy így tegye tartósabbá alkotásait. Testvérenek, a műkereskedő Theo van Gogh-nak egyszer egy levelében le is írta: „A festmények – akár a virágok – elhervadnak.”

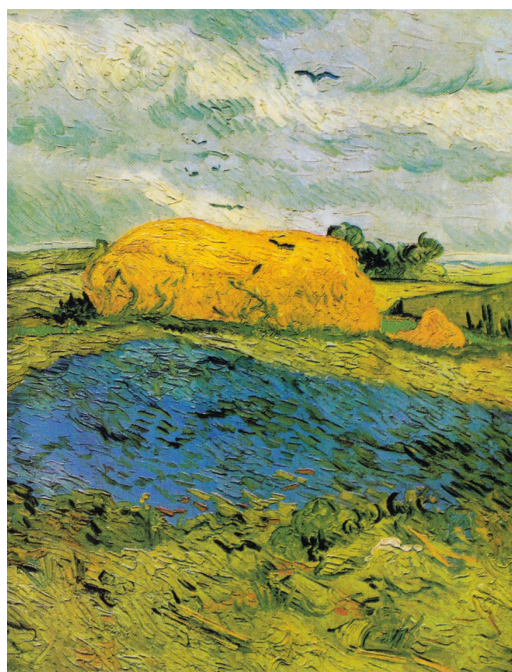
Fehéredő ólomvörös

Az ólomvörös egyszerű szervesetlen vegyület, kémiai képlete Pb_3O_4 . A természetben ritkán fordul elő, de más, sokkal gyakoribb ólom-oxidokból könnyűszerrel előállítható. Már az ókori Rómában is használták színezőanyagként, felhasználása csak a XX. században kezdett visszaszorulni, amikor felismerték az ólomvegyületek mérgező hatását. Van Gogh ezt a vörös színt is elég gyakran használta, erre példa a *Búzamezők felhős ég alatt* című festménye. Ebből a műből belga tudósok vettek parányi festékmintákat, elsősorban a képen látható tó felszínére koncentrálnak. Ezen a képen a művész eredetileg vörös színnel akarta megteremteni a lehullott falevelek hangulatát, de mindez nem bizonyult időállóknak: a levelek előbb elszürkültek, majd ki is fehéredtek. A vizsgálat megállapította, hogy az érdekes részlet közepe a festékréteg vastagságában befelé haladva egyre élénkebb vörös,

csak a felszíni, szemmel is látható rész vált fehérré. A jelenség kialakulásához jelentősen hozzájárulhatott az a tény is, hogy a kép restaurálásakor cinkfehér pigmenttel próbálták azoknak a részeknek a minőségét javítani, amelyekről azt gyanították, hogy eredetileg is fehér színűek voltak.

A kutatók már régóta felismerték, hogy az ólomvörös idővel kifakulhat. Ennek oka, hogy a Pb_3O_4 a levegő szén-dioxid-tartalmával reagálva lassan cerusszittá ($PbCO_3$) vagy hidrocerusszittá ($Pb_3(CO_3)_2(OH)_2$) alakul, kén-dioxiddal szennyezett környezetben pedig anglezít ($PbSO_4$) is keletkezhet, s mindhárom lehetséges végtermék fehér színű. Ennek a kémiai átalakulásnak a részletei sokáig elég rejtélyesek voltak. A közelmúltban a röntgendiffrakció nevű módszerrel sikerült a fakuló ólomvörös festéket tartalmazó mintákban azono-

Búzamezők felhős ég alatt (64 × 52 cm, 1889, Kröller-Müller Múzeum, Otterlo, Hollandia)



Ólomvörös festék

sítani a $Pb_{10}(CO_3)_6O(OH)_6$ összetételű, ásványként igen ritkának számító, plumbonakritnak nevezett vegyületet is, amely a fehéredés folyamatában kulcs szerepet tölthet be.

Krómsárga – a kémiai rémálom

Van Gogh egyik legismertebb csendéletsorozata a *Napraforgók* címet viseli. Ezek megfestésénél a nem sokkal korábban, a XIX. század elején terjedni kezdő, krómsárga nevű festékcsaládra támaszkodott. Ennek is szervesetlen anyag az alapja, amelynek összetétele $PbCrO_4$, s az ásványvilágban is előfordul krokoit néven, de ott színe a csekély mennyiségben jelen lévő szennyezőanyagok miatt inkább vöröses. Ez egyébként mai ismereteink alapján akár kémiai rémálomnak is nevezhető, mert egyszerre van jelen benne a rendszerint mérgező vegyületeket alkotó ólom, valamint a rákkeltő hatásúnak ismert hatvegyértékű króm.

A világosabb árnyalatú krómsárga festékek rendszerint szulfátiont is tartalmaznak, s ez a tény csökkenti a színezék stabilitását: a szép sárga szín idővel sokkal jellegtelenebb barnává alakul. Ezt a folyamatot is megvizsgálták már szakértők. A változás lényege, hogy a hatvegyértékű króm háromvegyértékűvé redukálódik. Ezt számos reakciópartner okozhatja, melyek közül az első helyen az olajfestékben lévő többi anyag szerepel. Egy ilyen festék száradásakor az olajfestékben lévő telítetlen kötések között alakulnak ki oxidációval keresztkötések, s ezen



Krómsárga festék

folyamatok során olyan szabad gyökök is keletkezhetnek, amelyek elősegítik a hatvegyértékű króm redukcióját.

A részletes vizsgálatoknak volt egy szerencsés mellékterméke is: az a felismerés, hogy a kromátredukció folyamatát a 490 és 540 nm közötti hullámhossztartomány, vagyis a kékeszöld színű fény jelentősen elősegíti. Kicsit bonyolítja a helyzetet, hogy ez a hullámhossztartomány a szokásos fehér fényben is megtalálható, így ennek kiszűrése már önmagában is megváltoztathatja az emberi szem színérzékelését. A múzeumokban kiállított képeknél lassíthatja a krómsárga barnulását, ha a megvilágításban megtalálják a szem színérzete és a festék bomlása közötti kedvező egyensúlyt megteremtő világítást.

Napraforgók (95 × 73 cm, 1888, Van Gogh Múzeum, Amszterdam, Hollandia)



A kadmiumsárga mint luxuscikk

A krómsárga festék barnulásának jelenségét már a XIX. századi művészek is felismerték, ezért az 1890-es évekre a kadmiumsárga vált az új kedvencé. Ennek nagy hatása volt például *Claude Monet* művészetére. A folyamatosan szegénységben élő van Gogh számára azonban a kadmiumsárga használata egyfajta luxusnak számított, amit csak nagy ritkán engedhetett meg magának.

A kadmiumsárga az ólomvöröshöz és a krómsárgához hasonlóan szervetlen anyag, összetételét tekintve kadmium-szulfid (CdS), az ásványok világban greenockit néven ismert. Az ed-



Kadmiumsárga festék

dig bemutatott festékek tulajdonságainak ismeretében aligha meglepő, hogy a kadmiumtartalmú anyagok is mérgező hatásokról nevezetesek, így nem különösebben környezetbarátak. A greenockitban kis mennyiségben előfordulnak különböző szennyezőanyagok: ezek hatására néhány évtized alatt kimutathatóvá gyorsul az a folyamat, amely során a CdS a levegő oxigénjével reagálva fehér színű kadmium-szulfáttá ($CdSO_4$) alakul.

Ezen jelenség példájának gondolták van Gogh *Virágok kék vázában* című festményét is, amelynek jellegzetesen kadmiumsárga színű virágszirmain narancsos-szürkés elszíneződés jelent meg. A részletes kémiai analízis azonban nagyon meglepő eredményt hozott: a szirmok felszínéből vett parányi mintában a $CdSO_4$ helyett anglezit ($PbSO_4$) és kadmium-oxalát (CdC_2O_4) volt kimutatható. Habár sok öreg festmény tartalmaz oxalátszármazékokat, van Gogh munkái esetében eddig még soha nem tapasztaltak ilyesmit. A kép történetének alapos tanulmányozása fényt

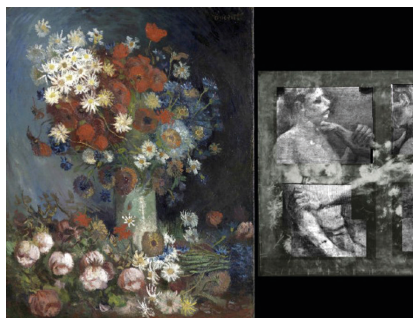


Virágok kék vázában (61 × 38 cm, 1887, Kröller-Müller Múzeum, Otterlo, Hollandia)

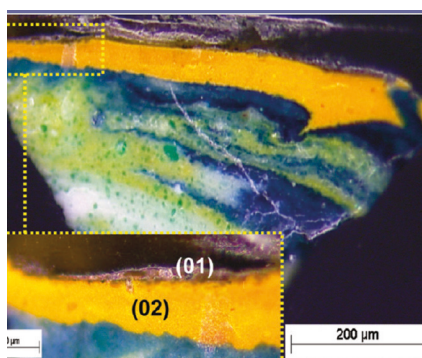
derített a rejtélyre: a kép egy korai restaurátora lakk segítségével tett kísérletet a kadmiumsárga fakulásának megállítására (maga a művész ilyet soha nem tett volna, „nyers” állapotban kedvelte saját munkáit). Sajnos ezzel csak rontott a műtárgy állapotán: a lakkban lévő ólom és oxalátionok elkezdtek reagálni a CdS -dal, s így a viszonylag lassú fehéredés helyett egy kicsit gyorsabb szürkülés lett a végeredmény. A felfedezés hatására az amszterdami Van Gogh Múzeum alaposan megvizsgálta saját képeinek állapotát és történetét is. Szerencsére semmi nyoma annak, hogy hasonló probléma előforduljon más alkotásokon is a közeljövőben.

A láthatatlan képek és a szinkrotron

Ahogy már volt róla szó, van Gogh rengeteget festett aktív korszakában, de igen szerény körülmények között élt. Művészi ihlete és ambíciói rendszeresen nagyobbra törőek voltak, mint ahogy az anyagi lehetőségei engedték volna neki. Ennek az lett a következménye, hogy gyakran nem volt vászna a festéshez, s ilyenkor általában egy korábbi kompozíció (amelyet eladni amúgy sem tudott) tetejére festette az újabbat, vagyis jó néhány műve egy másik kép alatt található. Ez lehet a fő oka annak, hogy van Gogh leveleiben számos olyan festményt említ meg, amely ma ismeretlen.



Csendélet mezei virágokkal és rózsával (100 × 80 cm, 1886, Kröller-Müller Múzeum, Otterlo, Hollandia) és az alatta található birkózópáros



Íriszek a mezőn Arles közelében című festmény fénymikroszkópos képe

Becslések szerint a pályájának elején készített képek akár egyharmada is áldozatul eshetett az ilyen vászon-újrahasznosításnak.

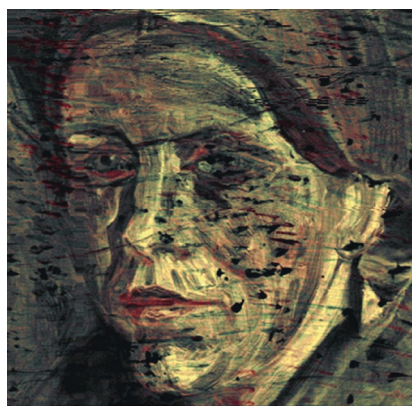
Korunk természettudományos módszereivel szerencsés esetekben meg lehet találni ezeket a láthatatlan képeket is. Az ilyen jellegű kutatás 2008-ban vezetett látványos sikerre. A módszer kulcsa egy szinkrotron használata volt, amely stadionnyi méretű, nagyon intenzív röntgensugárforrás. Manapság nagyjából ötven szinkrotron működik a Földön, az egyik Hamburgban. Ennek segítségével az 1887-ből származó *Fűcsomó* című festmény alatt felfedeztek egy női arcot, amelyet valószínűleg 1884-ben, más paraszttábrázolásokkal együtt készíthetett a művész. Azt is gyanítják, hogy 1885-ös *Krumplievők* című képénél ugyanezt az asszonyt festette meg.

Ugyancsak egy szinkrotron segítségével vett gyökeres fordulatot a *Csendélet mezei virágokkal és rózsával* című festmény története. Ez a kép 1974 óta a világ második legnagyobb van Gogh-gyűjteményének otthont adó hollandiai Kröller-Müller Múzeum tulajdona. A festmény eredetéről azonban sokáig nem

volt megbízható adat, s a vele kapcsolatos kétségek annyira súlyosak voltak, hogy 2003-tól a szakértők ismeretlen művész alkotásaként tartották nyilván. 2012-ben azonban a röntgensugárzásos vizsgálat vitathatatlan bizonyítékot tárt fel: a jelenleg látható festmény alatt felfedeztek egy olyan képet, amelyet Vincent és Theo van Gogh levelezéséből már jól ismertek.

1885-ben Vincent Antwerpenben tanult a művészeti akadémián. Az ottani iskola szokásainak a nagyméretű képek feleltek meg, a vászon megvásárlásához postán kért Theótól segítséget. Néhány héttel később be is számolt bátyjának arról, hogy két meztelen birkózót festett meg, s nagyon elégedett volt az eredménnyel. Ez az érzés azonban nem volt hosszú életű: néhány hónappal később Párizsban (az eredeti réteg levakarása vagy elfedése nélkül) ráfestette a ma is látható csendéletet. Ez a történet tisztázta azokat a stílusbeli furcsaságokat is, amelyek miatt a szakértőknek kétségeik voltak a mű eredetét illetően. A van

A Fűcsomó című kép vizsgálata során talált női arc színes rekonstrukciója (felül); hasonló részlet van Gogh Asszonyportré (42 × 34 cm, 1884-85, Van Gogh Múzeum Amszterdam, Hollandia) című képéből (alul)



Fűcsomó (30 × 39 cm, 1887, Kröller-Müller Múzeum, Otterlo, Hollandia) és az alatta található asszonyportré

Gogh számára szokatlanul nagy méret az antwerpeni akadémia szokásainak hatása, a virágok furcsa hivalkodásának pedig az az oka, hogy el kellett takarniuk az eredeti figurákat. Az analízis azonban egyértelműen azonosította a van Gogh-ra oly jellemző ecsetvonásokat, s a képhez használt festékek is megfeleltek a szokásainak.

Nem ritka dolog, hogy egy neves tudós érdeklődési köre a saját szűken vett szakmájánál jóval szélesebb. Az ebben a cikkben bemutatott példák azt mutatják, hogy néha képzőművészeknek is fontosak lehetnek a fizikai és kémiai ismeretek, mert a természettudományoknak a művészetekben is – mint ahogy az élet sok más területén – látható eredménye van. ❖

Irodalom

- J. Dik, K. Janssens, G. van der Snickt, L. van der Loeff, K. Rickers, M. Cotte, *Anal. Chem.* 2008, 80, 6436-6442.
- L. Monico, G. van der Snickt, K. Janssens, W. de Nolf, C. Miliani, J. Verbeeck, H. Tian, H. Tan, J. Dik, M. Radepon, M. Cotte, *Anal. Chem.* 2011, 83, 1214-1223.
- L. Monico, G. van der Snickt, K. Janssens, W. de Nolf, C. Miliani, J. Dik, M. Radepon, E. Hendriks, M. Geldof, M. Cotte, *Anal. Chem.* 2011, 83, 1224-1231.
- S. Everts, *Chem. Eng. News*, 1 February, 2016, p. 32.
- O. Mohamed, *Chem. World* 2016, 13(5) p. 30.
- A. B. Muñoz-García, A. Massaro, M. Pavone, *Chem. Sci.* 2016, 7, 4197-4203.

BESENYEI ÁDÁM–CSOMÓS PETRA

A gyorsajtástól az időjárásig

Kalandok az alkalmazott matematikában

Az élet szinte minden területén időben és térben lezajló jelenségek vesznek körül minket: szüntelenül dobog a szívünk, mozognak a járművek, az időjárás folyton változik, a bankszámlánk egyenlege vagy a tőzsdérfolyamok folyamatosan ingadoznak, az erőművek éjjelnappal termelik a villamos energiát, a hírek futótűzként terjednek a világhálón, és a sort a végtelenségig folytathatnánk. E folyamatok mind szerves részei a hétköznapjainknak, és rendszerint teljesen természetesnek vesszük, hogy az ember képes befolyásolni, szabályozni vagy legalábbis előre jelezni az alakulásukat. Hogy ez valóban így van, abban számos tudomány, köztük a matematika is alapvető szerepet játszik. A matematika nyelvén a valóságot némiképp leegyszerűsítő, ám mégis hűen tükröző modelleket állíthatunk fel, amelyek a számítógépek hatékony közreműködésével segítenek a különféle folyamatok megértésében. A modellezés egyik fő eszköze a változás sebességének, ütemének fogalma, amely egy gyorsajtó autós példáján találozhatjuk szemléltethető. Írásunkban e csattanós történetből kiindulva könnyed, játékos modelleken keresztül az egyre összetettebb alkalmazások felé haladunk, és egészen az időjárás-előrejelzés problémáig kalauzoljuk az olvasót. Utunk során bepillantást nyerünk az időben és térben változó jelenségek modellezésének szépségeibe és kihívásaiba.

Tanmese a sebességről

A következő tréfás kis történetet a kiváló fizikus és tudomány népszerűsítő, *Richard Feynman* (1918–1988) előszeretettel mesélte előadásában a sebesség fogalmának bevezetésekor (lásd a Leighton és Sands szerzőtársakkal írt [2] tankönyvének 102. oldalát).

A rendőr megállít egy gyorsan hajtó autót, és kérdőre vonja.

– Kérem, Ön óránként 90 kilométeres sebességgel hajtott.

– Ez lehetetlen, hiszen én csak 7 perce indultam el. Nevetséges! Hogyan tudtam volna megtenni 90 km-t egy óra alatt, amikor még nem is megyek egy órája?!

A 90 km/h sebesség megméréséhez természetesen nincs szükség arra, hogy

1 órán keresztül állandó iramban, megállás nélkül autózzunk. Hiszen a 90 km/h sebesség azt is jelenti, hogy ezzel fél óra alatt 45 km utat teszünk meg, avagy negyedóra alatt 22,5 km-t, vagy 0,11667 óra (azaz kb. 7 perc) alatt 0,11667 · 90 (azaz kb. 10 és fél) km-t, vagy 0,00278 óra (azaz kb. 10 másodperc) alatt 0,00278 · 90 km-t (azaz kb. 250 métert), és ezt így folytathatjuk tovább egészen a másodperc tört részéig.

A traffipax (más néven közúti sebességmérő műszer) a kibocsájtott, majd a gépkocsiról visszaverődő (és szabad szemmel nem látható) lézersugarak segítségével éppen azt méri meg, hogy mekkora volt a gépkocsi elmozdulása egy igen-igen rövid időtartam alatt, amelyből az eltelt idővel való osztás után adódik a gépjármű sebessége. Ez valóban csupán átlagos sebesség, ám mivel az emberi reakcióidőhöz képest elenyésző századmásodpercek alatt a sofőr már se nem fékez, se nem gyorsít, ezért a mozgás egyenletesnek tekinthető, így a traffipax által jelzett érték joggal nevezhető a gépjármű *pillanatnyi sebességének* a szóban forgó rövid időtartam bármely pillanatában.

Matematikai traffipax

A traffipax tehát a gépkocsi helyzetének pillanatnyi változási ütemét méri: az elmozdulás arányítva az eltelt igen rövid időtartam hosszához. Minél nagyobb a változás üteme, annál hosszabb utat tett meg az autó az adott idő alatt, vagyis – szemléletünkkel összhangban – annál gyorsan haladt. Ha a változás üteme 0, akkor az autó egy helyben állt. Bár negatív sebességet a traffipax nem mutat, a negatív változási ütemnek mégis van jelentése: ez a traffipaxtól való távolodást fejezi ki. Minél nagyobb e negatív szám abszolút értéke, annál gyorsabban távolodik az autó. Ekkor a negatív előjelet az autóra rápillantva érzékeljük, nem pedig a mérőműszeren.

Az iménti gondolatokat tetszőleges mennyiségre átvittethetjük anélkül, hogy lézersugarakra lenne szükségünk. Vizsgálhatjuk többek között a forró tea hőmérsékletének, az olvadó hógolyó térfogatának vagy éppen a bankszámlán kamatozó pénzünknek a változási ütemét. Ha $x(t)$ jelöli

az adott mennyiség értékét a t időpillanatban, akkor a változási üteme a mennyiség *nagyon kicsi* Δt idő alatti megváltozásának aránva az eltelt Δt időhöz:

$$x(t) \text{ változási üteme} \approx \frac{x(t+\Delta t) - x(t)}{\Delta t}$$

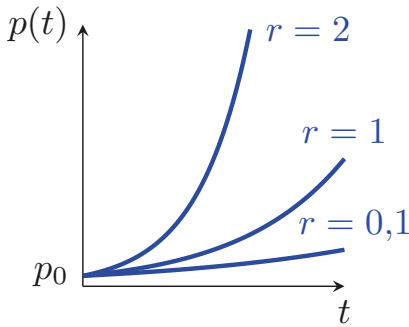
Szabatos matematikai megfogalmazásban valójában a hányadosnak az úgynevezett határértékét kellene képezni, midőn az időtartam hossza 0-hoz közelít; ezt a határértéket szokás differenciálhányadosnak hívni és $x'(t)$ -vel jelölni. Sokszor azonban csupán véges számú mérési adat áll rendelkezésünkre, ezért a határérték helyett a gyakorlatban a fenti közelítő képletet használjuk (feltéve, hogy Δt valóban kicsi!).

Az autó sebességénél megszokott szemléletünk érvényben marad: ha a változás üteme pozitív szám, akkor a mennyiség nő; minél nagyobb ez a szám, annál gyorsabban. Ha a változás üteme negatív, akkor a mennyiség csökken, 0 változási ütem esetén pedig a mennyiség állandó. Például Las Vegas-i kaszinózás közben kifejezetten örömteli, ha pénzünk 100 dollár/perc ütemben változik, a mínusz 200 dollár/perc viszont igencsak nyugtalanító.

A változás üteme a kiindulópontja a matematika differenciálszámítás nevű ágának, amely a XVII. században *Isaac Newton* (1643–1727) és *Gottfried Wilhelm Leibniz* (1646–1717) munkássága nyomán, többek között a mechanika alaptörvényeinek matematikai formába öntése kapcsán bontakozott ki. A változás ütemére ma leginkább használatos $x'(t)$ jelölést és a *derivált* elnevezést az 1700-as évek végén *Joseph-Louis Lagrange* (1736–1813) francia matematikus vezette be. A deriváltról tehát leginkább egy *matematikai traffipax* juthat eszünkbe, amely bármely pillanatban megadja egy adott mennyiség változási ütemét. Ez az időben és térben zajló folyamatok modellezésének nélkülözhetetlen eszköze.

A Sosemvolt Bank

Első példánkban képzeljük el, hogy a Sosemvolt Bank egy különleges ajánlattal próbálja csábítani az ügyfeleket: a megszokott éves kamatozás helyett foly-



1. ábra. Pénzünk időbeli alakulása p_0 kezdő tőkéből indulva a változás ütemét befolyásoló r arányossági tényező három különböző értéke mellett

tonos kamatozást biztosítanak a náluk elhelyezett pénzösszegnek, ami azt jelenti, hogy a bankszámlán lévő összeg garantált változási üteme arányos magával az összeggel. Ha $p(t)$ jelöli a bankszámla egyenlegét a t időpillanatban és az arányossági tényező pedig r , akkor matematikailag:

$$p'(t) = r \cdot p(t).$$

Ez egy differenciálegyenlet, amelyben a $p(t)$ mennyiség az ismeretlen. Az egyenlet önmagában nem elegendő a pénzünk alakulásának meghatározásához, szükséges az induló összeg ismerete is, ezt *kezdeti értéknek* hívjuk. Az **1. ábrán** egy adott kezdeti értékből induló, három különböző r tényezőhöz tartozó megoldás grafikonja látható: pénzünk exponenciálisan gyarapodik.

A modell apró finomításához vegyük figyelembe, hogy mindennapi megélhetésünkre időegységenként k forintot veszünk ki a számláról, azaz pénzköltésünk sebessége k . Költsérről lévén szó, ez negatív előjellel jelenik meg pénzünk változási ütemében:

$$p'(t) = r \cdot p(t) - k.$$

Már ebből is a valóságot jól tükröző következtetések vezethetők le vagyunk alakulásáról. Nevezetesen, adott p_0 kezdő tőkével a tönkremenés csupán attól függ, hogy a k pénzköltési sebesség hogyan viszonyul az $r \cdot p_0$ kifejezéshez: ha k ennél nagyobb, akkor idővel a számlán lévő összes pénzünk elfogy; ha kisebb, vagyis nem költünk túl sokat, akkor pénzünk folyamatosan gyarapszik. A $k=r \cdot p_0$ esetben a kamatozás és pénzköltés egyensúlyban van, az egyenlegünk változatlan az idők során. Mindezt a **2. ábrán** látható grafikonok szemléltetik.

A kamatozás mellett népességszámok növekedése, radioaktív anyagok bomlása és a forró tea kihűlése szintén leírható az előbbiekhöz hasonlóan egyenletekkel. Nézzünk most egy olyan modellt, amely már két egyenletről áll.

A királylány és a lovagok

Deriv Állam királyának egyetlen lánya, Dacos Dalma fura viselkedésű: minél inkább szereti valaki őt, annál kevésbé szereti ő az illetőt; és minél kevésbé szereti valaki őt, ő annál inkább szereti az illetőt. A király szeretné férjhez adni a lányát, Dalmának azonban egyszerre több lovag is udvarol:

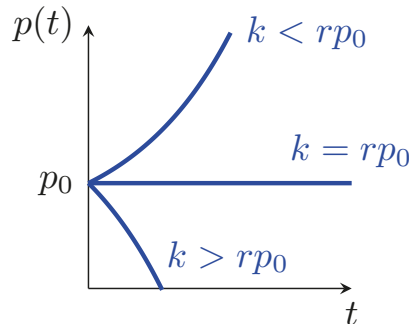
Normál Norman, aki teljesen szokványosan viselkedik;

Furi Feri, aki Dalmához hasonlóan eléggé fura figura;

Kedély Kenéz, aki szokványos, de hangulatai kissé befolyásolják;

Kedély Kende, aki szokványos, de hangulatai erősen hatnak rá.

A király tüstént hívatta udvari matematikusát, Deriv Álmost, hogy segítsen a tökéletes lovag kiválasztásában. Vajon kihez érdemes feleségül adnia lányát?



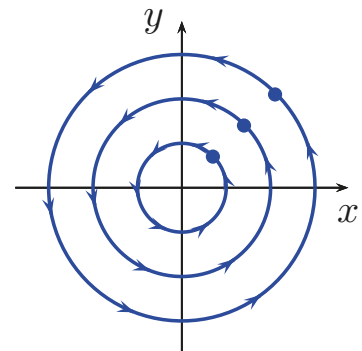
2. ábra. Pénzünk időbeli alakulásának háromféle esete az r arányossági tényező, a pénzköltési sebesség és a p_0 kezdő tőke viszonyának tükrében

A Dalma és udvarlója közti érzelmi viszonyra felállítandó modellünkben két mennyiség fog szerepelni: Dalma érzéseinek mértéke az adott lovag iránt a találkozásukat követő t időpillanatban, ezt $x(t)$ fogja jelölni, valamint a lovag érzéseinek mértéke Dalma iránt, ezt $y(t)$ jelöli majd. Ha tehát $x(t) > 0$, akkor a t időpontban Dalma szereti a lovagot, és minél nagyobb $x(t)$, annál inkább; ha viszont $x(t) < 0$, akkor Dalma ellenszenvvel viszonyul a lovaghoz – az $y(t)$ mennyiség jelentése hasonló Dalma felé. Ekkor Dalma fura viselkedése modellezhető oly módon, hogy az érzelmeinek változási üteme (azaz $x'(t)$) a másik fél érzéseivel ($y(t)$ -vel) ellentétes. Egy szokványos viselkedésű személyre pedig gondolhatunk úgy, mint akinek érzései a másik fél érzelmeivel összhangban változnak. Ezenfelül a hangulathatóság jelentse azt, hogy az adott lovag érzelmeire a saját érzései is hatnak: ha szereti Dalmát, akkor ettől az érzései még erőteljesebbé válnak, ám ha Dalma ellenszenvves számára, akkor ez az elutasítás lesz egyre nagyobb fokú.

Két differenciálegyenletről álló egyszerű szerelmi modellünk ennek megfelelően így fest:

$$\begin{aligned} x'(t) &= -y(t) \\ y'(t) &= ax(t) + by(t) \end{aligned}$$

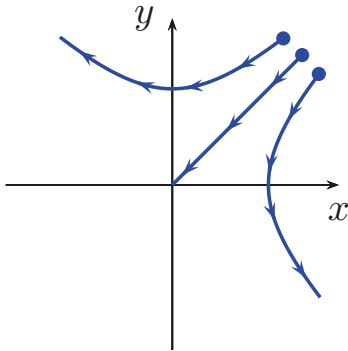
Itt a és b olyan számokat jelölnek, amelyek értékeit az egyes jelöltek viselkedése határozza meg. Vegyük például rögtön Normán Normant, akit a saját érzelmei nem befolyásolnak, ezért $a=0$, másrészt Norman érzései Dalma érzéseivel összhangban változnak, így modellünkben b értékét 1-nek választjuk. Feltételezhetjük továbbá, hogy Dalma és Norman a találkozásokkor egymásba szeretnek. Ennek konkrét mértékét megadva a megoldások már adódnak, ám képletek felírása helyett célszerűbb koordináta-rendszerben ábrázolni az $(x(t), y(t))$ pontok alkotta görbét, mert ez éppen Dalma és Norman szerelmének fejlődéstörténete. Most ezek a **3. ábrán** látható körvonalak – a kezdőpontokat kiterjedt pontok, az irányt nyilak jelzik. Egy ilyen görbe kezdetben a jobb felső síknegyedben halad, ahol $x(t)$ és $y(t)$ is pozitív, tehát a fiatalok kölcsönösen szeretik egymást. Később a görbe a bal felső síknegyedbe fordul át, ekkor a lovag még szereti Dalmát, de Dalma már ellenszenvvel viszonyul felé. Ezután olyan időszak következik, amikor egyszerre ellenszenvsek egymásnak. Szerencsére érkezik a „tavasz”: Dalma ismét kedvelni kezdi a lovagot, végül mindketten újra szeretik egymást, és kezdődik minden előlről. Kapcsolatuk olyan, mint az évszakok folyamatosan ismétlődő váltakozása.



3. ábra. Dalma és Norman érzelmeinek folyamatosan ismétlődő váltakozását leíró körvonalak. A görbék pontjainak koordinátái a felek egymás iránti érzéseinek felelnek meg. A találkozás pillanatát fekete pontok, a haladás irányát pedig nyilak jelölik.

Nézzük most Fura Feri lovagot. Az ő viselkedése Dalmához hasonló, ezért azt az $a=-1$ és $b=0$ paraméterekkel modellezhet-

jük. Kiindulva abból, hogy találkozássukkor vonzódnak egymáshoz, a **4. ábrán** látható háromféle kimenetel adódik kapcsolatukra. Ezek közül az egyik a kölcsönös közömbösség, a görbe az origó felé halad. A további két esetben Dalma és a lovag ellentétesen fog egymáshoz viszonyulni: a pár egyik tagja lassacskán kiábrándul, és az idő



4. ábra. Dalma és Feri kapcsolatát leíró görbék három különböző kezdőpont esetén. Az origóba futó görbe a teljes közömbösség felé haladásnak, a másik két görbe pedig hosszú távon a két fél közötti egyre erőteljesebb imádat-utalat ellentétnek felel meg

haladtával egyre ellenszenvesebb lesz számára a másik, aki éppen ezért töretlenül, sőt egyre jobban imádni fogja párját – nem szokványos kapcsolat.

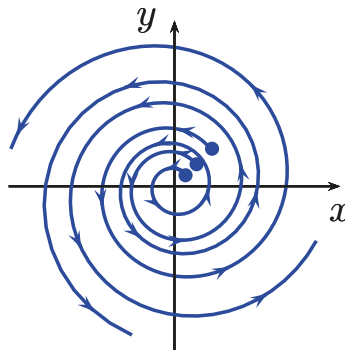
A Kedély lovakok esetében a szokványos viselkedés alapján $a=1$, de őket a saját érzelmeik is befolyásolják, Kenéznel ez nem annyira jelentős, ám Kendén elhatalmasodik. Ennek modellezésére célszerű Kenéz esetében a $b=1$, míg Kende esetében a $b=2$ paraméterérték választása. Ekkor Dalma és Kenéz viszonyát jellemző görbék az **5. ábrán** látható spirálok: a kapcsolatnak négyféle állapota váltakozik, azonban az érzelmeik mértéke folyamatosan erősödik – gyaníthatóan ez a „téli” szakaszokban nem vezet sok jóra. Dalma és Kende viszonyát a **6. ábra** mutatja: Dalma fokozatosan kiábrándul Kendéből, ami Kendét egyáltalán nem zavarja, rendíthetetlenül odavan Dalmáért.

A kapcsolatok alakulása alapján most már mindenki a saját izlése szerint dönthet, mi legyen Deriv Álmos tanácsa, és hogyan végződjön a mese...

Különbőle kétszereplős kapcsolati modellek nem csupán szerelmi viszony, hanem például ellenérdekelt felek közötti háborús stratégiák vagy ragadozó és zsákmányállatok együttélésének matematikai leírására is alkalmasak (bővebben lásd Hatvani és Pintér [4], valamint Strogatz [7] könyvét). Most azonban lépünk tovább egy ezeknél még összetettebb modellre.

Matematika egy bögre kakaóban

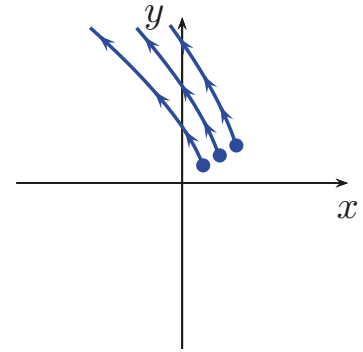
Edward Norton Lorenz (1917–2008) amerikai meteorológus és matematikus az 1960-as évek elején az elsők között figyelt fel a fizikai jelenségeket leíró modellek egy meglepő és később sokat kutatott tulajdonságára. A tudós éppen egy egyszerű időjárás-előrejelző modell eredményeit szeretne volna részletesen megvizsgálni, ezért egy korábbi számolás közben kapott adatot kezdeti értéként felhasználva újraindította a számítógépes program futását, majd elment kávézni. Mire visszatért, a gép már ki is számította a vizsgálni kívánt adatokat, azok időbeli alakulása azonban eltért az eredetileg kapott adatsortól – eleinte csak kicsit, a végére azonban számottevően. Lorenz hamarosan rájött, hogy a különbség oka a kezdeti értékekben keresendő: a második futtatáskor kevesebb tizedes jegyet használva adta meg azokat, mint amennyivel a gép eredetileg számolt. Így tehát nem *pontosan* ugyanabból a kezdeti értékből indította el az időjárás előrejelzését, és emiatt kaphatott két, egymástól teljesen különböző eredményt. Ez az észrevétel rávilágított



5. ábra. Dalma és Kenéz kapcsolatát leíró spirálok. Az egymáshoz való szeretet-ellenszenv viszony ismétlődően változik, ám az érzelmeik erőssége folyamatosan nő

arra, hogy bizonyos rendszerek viselkedése érzékeny a kezdeti értékek megválasztására.

Korszakalkotó megfigyelését Lorenz [5] dolgozatában az alulról melegített, felülről hűtött folyadékokban kialakuló áramlás (konvekció) kissé egyszerűsített modelljén szemlélte. A folyadék az alsó, melegebb rétegekből eleinte feláramlik, a hűvösebb felszín közelében lehül, majd süllyedni kezd. Mivel közben újabb rétegek emelkednek fel, létrejön a **7. ábrán** látható, cellás szerkezetű áramlási kép fel- és lezálló áramlatokkal. Ilyen típusú áramlást figyelhetünk meg például egy



6. ábra. Dalma és Kende kapcsolatát leíró görbék. Az idő múlásával Dalma egyre ellenszenvesebben viszonyul Kendéhez, aki viszont egyre jobban imádjja Dalmát

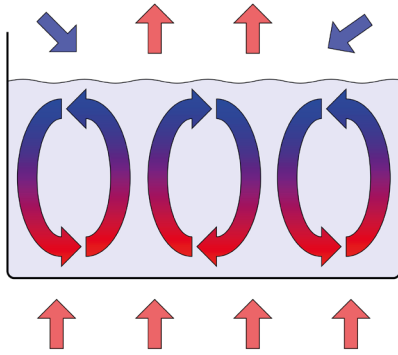
napsütéses napon gomolyfelhők képződésekor a légkörben vagy a reggeli kakaó melegítésekor az edényben. Előbbi esetben a gomolyfelhők, utóbbiban a kakaópor „festi” meg az áramlási cellákat (lásd a **8. ábrát**).

Ha az áramlás bizonyos fizikai tulajdonságait $x(t)$, $y(t)$ és $z(t)$ jelöli a t időpillanatban, akkor ezen mennyiségek időbeli viselkedése az alábbi, Lorenz-rendszerként is emlegetett három differenciálegyenlettel írható le, amelyben A valamilyen paraméter:

$$\begin{aligned} x'(t) &= 10(y(t) - x(t)), \\ y'(t) &= Ax(t) - x(t)z(t) - y(t), \\ z'(t) &= x(t)y(t) - \frac{8}{3}z(t). \end{aligned}$$

Ezek az egyenletek merőben különböznek az eddigi példáinktól. Míg azokban egy mennyiség változási üteme *lineáris* kapcsolatban állt magával a mennyiséggel vagy a többi ismeretlen mennyiséggel (azaz a különféle ismeretlen mennyiségek csak egy számmal megszorozva szerepeltek az egyenletek jobb oldalán), ebben a modellben az ismeretlen mennyiségek szorzata is megjelenik. Ez az úgynevezett *nemlineáris* kapcsolat vezet a kezdeti értékektől való érzékeny függéshez.

A Lorenz-rendszer megoldása az A paraméter „kis” értékére (például $A=1,1$) megadja a **7. és 8. ábrákon** bemutatott áramlási képet. Ha azonban például $A=28$ értéket választunk, a Lorenz-rendszer többé nem ezt a természeti jelenséget írja le, hanem érdekes viselkedésnek lehetünk tanúi. A **9. ábrán** a Lorenz-rendszer $(x(t), y(t), z(t))$ megoldását ábrázoltuk a háromdimenziós koordináta-rendszerben két, egymástól kicsit eltérő kezdeti érték esetén. Látható, hogy a két megoldás eleinte közel halad egymáshoz, ám egy idő



7. ábra. Alulról melegített, felülől hűtött folyadékban kialakuló, cellás szerkezetű áramlás képe. A folyadék hőmérsékletét és áramlásának irányát megfelelő színű nyilak jelzik (a piros szín a melegnek, a kék a hidegnek felel meg). Az edény alatti és feletti nyilak a melegítést és hűtést jelképezik

után feltűnően szétválnak. A megoldás időbeli lefolyása tehát érzékeny a kezdeti értékekre. A **10. ábrán** ugyanezen megoldásokat hosszabb ideig ábrázoltuk (az [1] előadás fóliáin a megfelelő animáció is végigkövethető).

Lorenz további vizsgálatai azt is megmutatták, hogy a megoldás sohasem ismétli önmagát, azaz nem periodikus, és meglehetősen kiszámíthatatlanul, „kaotikusan” viselkedik. Ezt szemlélteti **11. ábra**, amelyen az $x(t)$ függvény viselkedése látható.

A fenti eredmények fényében érthető, miért röppent fel a következő költői kérdés egy 1972-es konferencián: egy pillanagó szárnycsapása Brazíliában kiválthat-e tornádót Texasban? Még ha erre nemleges is a válasz, a kérdés a földi légkör mozgásait leíró matematikai modellnek a gyakorlati életben legfontosabb tulajdonságára hívta fel a figyelmet: kis hatások idővel nagyra nőhetnek. Csakúgy, mint a Lorenz-rendszer, az időjárás előrejelzésére alkalmazott modell is nemlineáris, megoldásának vizsgálata során tehát ugyancsak megfigyelhető a fenti jelenség. A nemlineáris modellek további érdekességeiről és alkalmazási területeiről olvashatunk Gleick [3] ismeretterjesztő könyvében, valamint Tél és Gruiz [8] tanműhelyében.

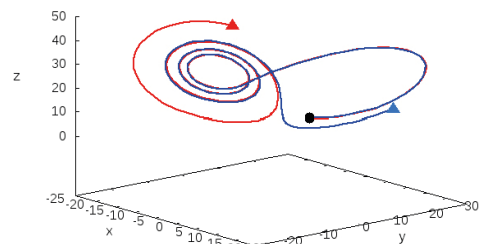
Előrejelezhető-e az időjárás?

Műholdképen örvénylő felhőzet vagy radarképen felvillanó villámok láttán bizonyára sokak fejében megfordult már, hogyan is lehet az időjárás, azaz a légkör alsó rétegének állapotát és bonyolult folyamatait előre jelezni. Mindenekelőtt

tudnunk kell, milyen értékekre vagyunk kíváncsiak a jövőben; ezek az időjárás-előrejelző modellek ismeretlen mennyiségei. Érdemes a légkör fizikai állapothatározói közül olyanokat választani, melyeket minél pontosabban meg is tudunk mérni, és amelyek változási ütemének (deriváltjának) nagyságáról valamilyen ismerettel rendelkezünk. Ezek leginkább a hőmérséklet, a nyomás, a sűrűség, a relatív nedvesség és a szélesség három irány szerinti összetevőinek értékei, melyek immáron nemcsak az időtől függnek, de attól is, hogy a légkör mely pontjában mérjük őket. Ezen mennyiségek között a fizika alaptörvényei teremtenek kapcsolatot, amelyek matematikai alakban felírva hét bonyolult, egymással összefüggő, nemlineáris differenciálegyenlethez vezetnek.

Mint a szintén nemlineáris Lorenz-rendszer esetében láttuk, egymástól kezdetben csak kicsit eltérő adatok egészen más eredményhez vezethetnek. Az időjárás-előrejelző modellek ezen matematikai tulajdonsága meglepő mértékben befolyásolja az emberek mindennapjait. Nem mindegy ugyanis, hogy a meteorológus meleg napsütéses időt vagy hősést jósol-e a hétvégére. Az időjárás tehát megjósolhatatlannak tűnik. Vigyázzunk azonban, mert nem mindegy, mi okozza ezt a fajta megjósolhatatlanságot! Mint a példáinkban szereplő összes differenciálegyenlet, az időjárás-előrejelző modell is determinisztikus, azaz a kezdeti érték

(az időjárás-előrejelző modellek esetében a hőmérséklet, nyomás, sűrűség, relatív nedvesség és szélesség értékek) pontosan kiszámítható az egyenletek alapján. Az időjárás-előrejelzések pontatlanságát nagy részben éppen az okozza, hogy nem ismert a modell *pontos* kezdeti értéke, azaz a légkör pontos állapota. Mint ahogyan kávézás előtt Lorenz is csak pár tizedes jegy pontossággal adta meg a kezdeti adatokat a számítógépnek, a légkör aktuális



9. ábra. A Lorenz-rendszer két, egymáshoz igen közeli, egy fekete ponttal jelölt kezdeti értékből indított (piros és kék) megoldásának időbeli alakulása a háromdimenziós koordináta-rendszerben, $A=28$ érték esetén. A $t_1=3,2$ időpontbeli értékeket megfelelő színű háromszögek jelölik

állapotát – melyből a következő napokra vonatkozó előrejelzést indítjuk – mi is csak pontatlanul ismerjük. Ez a pontatlanság a mérések időbeli és térbeli ritkaságából és természetesen azok hibáiból származik. A légkör pontos állapotától vett bármilyen kicsi eltérés a kezdeti értékben bizonyos idő után jelentős eltérést okoz az előrejelzésben.

Az előrejelzés időben egyre bizonytalanabbá válása jól nyomom követhető az úgynevezett valószínűségi előrejelzések segítségével. Ezek éppen azon az elgondoláson alapulnak, hogy a légkör pontos állapotának ismerete nélkül a modellnek több „hibás” kezdeti értéket adunk meg, és a belőlük indított előrejelzések sokaságát vizsgáljuk (ezen megoldásokat az Ensemble Prediction System angol kifejezés rövidítéséből eps tagoknak is szokás nevezni). Az előrejelzések átlaga nagy eséllyel a várható időjárást adja meg, míg a szórásuk az előrejelzés bizonytalanságát számszerűsíti. Ilyen típusú diagramok az *Országos Meteorológiai Szolgálat* [9] honlapján is elérhetőek az aktuális előrejelzések között, egy példát láthatunk **12. ábrán**. Nagyszerűen nyomom követhető a Lorenz-rendszerrel megfigyelt viselkedés: a kezdetben kis eltérések az idő múlásával egyre nagyobb



8. ábra. Melegedő kakaóban kialakuló áramlást ábrázoló fénykép, melyhez hasonlókat bárki saját maga is készíthet

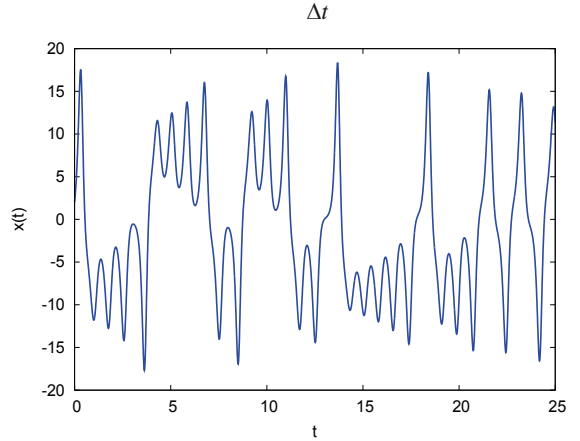
ke egyértelműen meghatározza a rendszer időbeli fejlődését. A **9. ábrán** látható görbék pontjainak elhelyezkedése

bakká válnak – megnehezítve az előrejelző meteorológus dolgát, akinek el kell döntenie, hogy szerdán 16 °C vagy 4 °C lesz-e délbén.

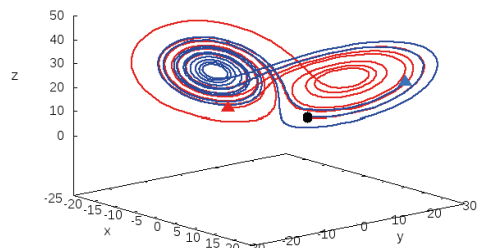
Számtalan sok számolás

Felmerülhet a kérdés, hogyan származtatható egy ilyen sok egyenletből álló, bonyolult, nemlineáris modell megol-

20-ai, reggel 7 óras mérési adatsorból a 6 órával későbbi előrejelzést. Munkája 6 hetet vett igénybe. Richardson becslése szerint mintegy 60 ezer fő segítségével kellene ahhoz, hogy a másnapi időjárás előrejelzését hamarabb ki tudják számítani, mint ahogyan az a valóságban bekövetkezik. Ez volt az első, matematikai alapon nyugvó, differenciálegyenleteket felhasználó kísérlet az időjárás számszerű előrejelzésére. A modell részletes leírását Richardson a [6] könyvében adta közre. Ugyan a tudós számításai pontosak voltak, előrejelzése mégsem adta vissza a mért adatokat, sőt, a valóságban nehezen elképzelhető méretű nyomásváltozást és túl nagy szelet jósolt. Mint a későbbi kutatások eredményeiből kiderült, ennek többek között egy matematikai oka is volt, melyre csak egy 1928-ban megjelent, óriási jelen-



11. ábra. A Lorenz-rendszerben szereplő $x(t)$ mennyiség időbeli alakulása $A=28$ paraméterérték-választással



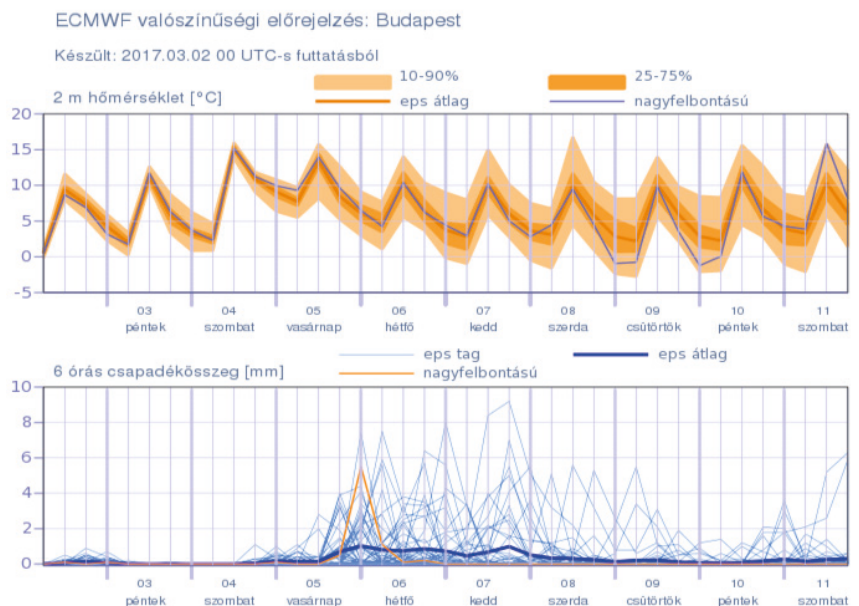
10. ábra. A Lorenz-rendszer két, egymáshoz igen közeli, egy fekete ponttal jelölt kezdeti értékből indított (piros és kék) megoldásának időbeli alakulása a háromdimenziós koordináta-rendszerben, $A=28$ érték esetén. A $t_1=8,3$ időpontbeli értékeket megfelelő színű háromszögek jelölik

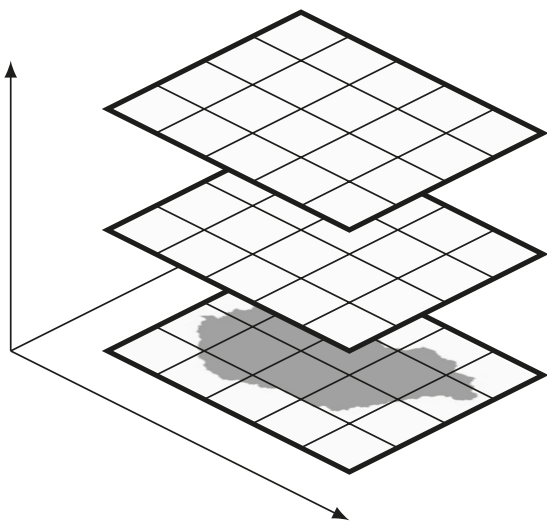
dása, vagyis az időjárás előrejelzése. Az időjárás-előrejelző modellek megoldása kizárólag közelítő módszerekkel és számítógépek segítségével állítható elő – ráadásul a légkörnek még csak nem is minden pontjára és nem is minden időpillanatra. A mennyiségek értékeit a légkör összes pontja helyett csak egy, a **13. ábrán** láthatóhoz hasonló, háromdimenziós rácsáló csúcsaiban tudjuk előre jelezni, és azokat is csak bizonyos kis időközönként. Az egyenletekben megjelenő deriváltakat az általunk matematikai traffipaxnak nevezett hányadossal közelítve felírható egy, deriváltakat már nem tartalmazó egyenletrendszer, melyből a mennyiségek Δt időpillanatbeli értékei kifejezhetők az ismert, Δt időpillanatbeli értékekkel. A számítógépes megoldás így lépked tehát, lépésről lépésre, Δt időközönként az időjárást meghatározó mennyiségek kezdeti értékétől a holnapra vonatkozó, előrejelzett értékig.

A számítógép használata valójában csak a számításokat gyorsítja meg, de mindegyik elvégezhető lenne kézzel is. Jóval a számítógépek megjelenése előtt, 1922-ben Lewis Fry Richardson (1881–1953) angol matematikus, fizikus, meteorológus valóban nekiállt papíron ceruzával meghatározni az 1910. május

tőségű tudományos dolgozat világitott rá. Richard Courant (1888–1972), Kurt Friedrichs (1901–1982) és Hans Lewy (1904–1988) német származású amerikai matematikusok megmutatták, hogy az előrejelzés csak akkor lehet a valósághoz közeli, ha a Δt időköz és a térbeli rácsáló csúcsainak távolsága között fennáll egy bizonyos összefüggés: a rácsáló csúcsainak adott távolsága esetén az időköz nem lehet akármilyen nagy! Ez

12. ábra. Hőmérsékletre és csapadékösszegre vonatkozó valószínűségi előrejelzés a [9] honlapról. Mindkét ábrán a különböző kezdeti értékből indított megoldások, ún. „eps tagok”, valamint azok átlaga látható. A sötét narancssárgával jelölt területek a nagyobb valószínűséggel, míg a világos narancssárga területek a kisebb valószínűséggel előforduló értékeket jelölik. A „nagy felbontású” görbe az időjárás-előrejelző modell egy, az eps tagoknál pontosabban számított megoldását jelöli





13. ábra. Az időjárás-előrejelző modellekben használt háromdimenziós rácsháló szemléltetése. Az előrejelzés a differenciálegyenletek 13. közelítő módszerekkel való megoldásának segítségével csak ezen rácsháló pontjaiban számítható. A köztes értékek ezekből ún. interpolációs eljárással származtathatók

a matematikai feltétel igencsak megnöveli az előrejelzés számítási igényét. Ennek illusztrálására vegyünk egy példát: tekintsük például a kb. 3000 km x 2500 km nagyságú Európára vonatkozó 48 órás előrejelzést. A térbeli rácsháló csúcsai között a felszínen legyen 8 km a távolság, függőlegesen vegyünk 50 szintet, és számítsuk az előrejelzést 15 perces időközön-

Egy szuperszámítógép az időjárás-előrejelzés matematikájának a szolgálatában: a LUNA az Egyesült Államok óceán- és atmoszféra-kutató szolgálatánál (NOAA)



ként. A modell megoldása során ekkor mintegy tízmilliárd darab számot kapunk eredményül. És a matematikai feltétel miatt nem választhatjuk nagyobbra a 15 perces időközöt...

Nem meglepő tehát, hogy mindezen számolásokat számítógépek végzik. Példaként említjük meg, hogy az angliai Readingben található Európai Középtávú Időjárás-előrejelző Központ két darab Cray XC40 szuperszámítógéppel rendelkezik, melyeknek csupán egy harmadát használják számításokra, két harmada az adatok tárolására szolgál. Az előrejelzések számításában 129 960 processzormag vesz részt, és napi 130 terabyte adat keletkezik!

Kitekintés

A változás ütemére felírt egyenletek és a segítségükkel kiszámított előrejelzések az életünk szinte minden területén, a fizikai és műszaki tudományoktól kezdve a biológián és kémián át a közgazdaságtanig mindenütt megjelennek. Egy időjárás-előrejelző modellhez csatolva fontos alkalmazási területük a légszennyező anyagok, a vulkántörésekből származó hamu és por, továbbá a légköri radioaktív részecskék terjedésének előrejelzése. Áramlási modelleket használnak a tengerek, óceánok vízfelszínén megjelenő olajfoltok terjedésének előrejelzésekor is. Hasonló egyenletekkel modellezhető a betegségek, járványok terjedése. Ebben az esetben az ismeretlen mennyiségek a fertőzött, a fertőzhető és a gyógyult egyedek száma. A rádió és a mobiltelefon működéséhez is elengedhetetlen az elektromágneses hullámok terjedését modellező differenciálegyenletek megoldása. A változás üteme azonban nem csak a természettudományokban játszik nagy szerepet: a piaci és a tözdefolyamatok is modellezhetők segítségükkel. Külön érdekessége van a modelleknek abban az esetben, amikor az általuk leírt folyamatokat kívülről befolyásolni, szabályozni szeretnénk. Ilyen típusú egyenletek megoldásait kell kiszámítani rakéták irányításakor, űreszközök landolásakor, de a pénzköltésünk és megtakarításunk egyensúlyban tartásához is. Az alkalmazások tárháza végeleáthatatlan, és a minket körülvevő világ



Joseph Fourier

folyamatosan szolgáltatja az újabb és újabb, érdekesebbnél érdekesebb problémákat, kihívásokat. *Joseph Fourier* (1768–1830) francia matematikus és fizikus gondolatát idézve: „A természet elmélyült tanulmányozása a matematikai felfedezések legtermékenyebb forrása.” ✂

Irodalom

- [1] Besenyei Á. – Csomós P.: Pillangók, százszorszépek és szerelem – avagy egy alkalmazott matematikus mindennapjai, Kutatók éjszakája, 2016. <http://abesenyei.web.elte.hu/publications/pillangok.pdf>
- [2] R. P. Feynman – R. B. Leighton – M. Sands: Mai fizika 1. (A természettudomány alapjai, A mechanika törvényei), 4. kiadás, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1970.
- [3] J. Gleick, Káosz (Egy tudomány születése), Gönczöl, Budapest, 2004.
- [4] Hatvani L. – Pintér L.: Differenciálegyenletes modellek a középiskolában, Polygon, Szeged, 1997.
- [5] E. N. Lorenz: Deterministic nonperiodic flows, Journal of the Atmospheric Sciences Vol. 20, 130–141, 1963.
- [6] L. F. Richardson: Weather Prediction by Numerical Process, Cambridge University Press, Cambridge, 1922.
- [7] S. H. Strogatz: Nonlinear Dynamics and Chaos, With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering, Addison-Wesley, 1995.
- [8] Tél T. – Gruiz M.: Kaotikus dinamika (Bevezetés a kaotikus dinamika világába a klasszikus mechanika jelenségein keresztül), Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2002.
- [9] <http://met.hu/idojaras/elorejelzes/valoszinu-segi/>

CSABA GYÖRGY

Az ember neme

Második rész

Hormonszennyezés: az endokrin dizruptorok

A múlt század közepén ismerték fel, hogy környezetünkben számos olyan anyag (molekula) van, melyek kémiai szerkezetükben hasonlítanak egyes, az emlősök (így az ember) szervezetében jelen lévő (és funkcionáló) hormonokra, melyek bejutva az emberi szervezetbe, befolyásolják annak endokrin (hormonális) rendszerét, általában károsítva azt. Ezeket az anyagokat nevezzük *endokrin dizruptoroknak* (ED). Hatásuk létrejöhet: 1. a szervezetben lévő természetes hormon receptoraihoz kapcsolódva, így a természetes hormon hatását utánozva; 2. ugyancsak a receptorokhoz kapcsolódva, de nem mutatva a jellegzetes hormonhatást, éppen ellenkezőleg, gátolva a természetes hormon kapcsolódását, így gátolva a hormon hatását; 3. az egyedfejlődés kritikus periódusában kapcsolódva a receptorhoz hibás hormonális imprintinget hozva létre; 4. gátolva a természetes hormon, vagy hormonreceptor létrejöttét (**1. ábra**). Kis mennyiségű endokrin dizruptor is kiválthat jelentős hatást, és folyamatos jelenléte esetén fel is halmozódhat, ami a hatásereóséget fokozhatja.

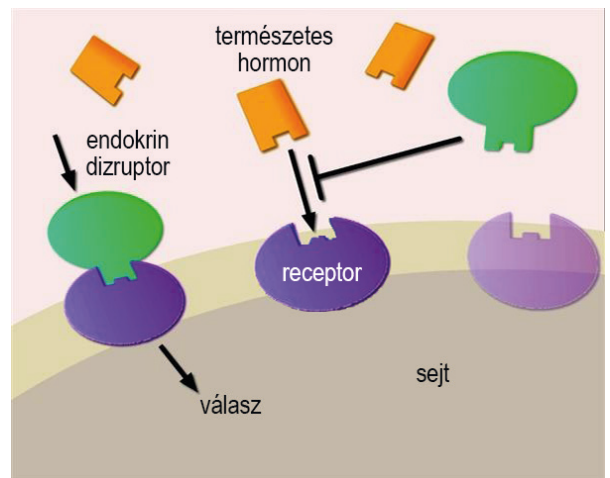
Nem véletlen, hogy éppen az ipari fejlődés előrehaladtával ismerték fel az endokrin dizruptorokat és jelentőségüket, ugyanis ekkorra szaporodtak fel minőségileg és mennyiségileg úgy, hogy népegészségügyi problémát okoztak. Az iparban használatos szintetikus endokrin dizruptorok (1. csoport) felismerése ugyanakkor magával hozta, hogy a kívülről az emberi (állati) szervezetbe kerülő természetes dizruptorok (2. csoport) is vizsgálatra kerüljenek. Ez utóbbiak viszont már ősidők óta jelen vannak az emberi táplálkozásban, csak ebből a szempontból korábban nem vizsgálták meg őket. Az 1. csoport tagjai – a teljesség igénye nélkül – egyes mezőgazdasági rovarölő szerek (a legismertebb a DDT) és növényvédők szerek, az iparban széleskörűen felhasznált anyagok (például a dioxinok vagy poliklórozott bifenilek), illetve a ftalátok és fenolok (legismertebb a bisphenol-A), de ide tartoznak az

autók kipufogóiból, vagy a dohányfüstből a légkörbe kerülő benzpirén és dioxin (TCDD) is. A 2. csoportba sorolandók az ún. fitoösztrogének, mint amilyen a szójababban lévő genistein és daidzein vagy a coumestrol, és egyes toxikus gombák termékei, de a zsírban oldódó vitaminok is, elsősorban az A- és D-vitamin. Egy 3. csoportot alkothatnak az ember által szintetizált gyógyszerek, mint amilyen a katasztrofális hatású dietilstibösztról (DES) volt, vagy a jelenleg is forgalomban lévő fogamzásgátló tabletták és azok bomlástermékei.

Az ED-hatás fejlődési fázis függősége

Mint az előző cikkben láttuk, az ember neme és annak normalitása vagy abnormalitása alapjaiban az embrionális és magzati időszakban dől el, azonban ennek meghatározódása a születéssel nem fejeződik be. A nemi magatartás és a pszichés nem finomhangolása perinatálisan, azaz a születés körüli időszakban zajlik, majd a folyamat egészen a pubertásig tart. A kívülről érkező kémiai hatások a folyamatot jelentősen befolyásolják. Ezek érzekhetnek az anya közvetítésével (az anyatejből), vagy a mesterséges táplálásból éppen úgy, mint a vízből, levegőből, vagy az orvosi rendeltetle adott gyógyszerekből. A kémiai hatások túlnyomó többsége az endokrin dizruptorokból származik. De tovább folytatva a gondolatmenetet, ezek a behatások a szexuális rendszer kóros fejlődését, érett korban való megjelenését, betegségeit is kiválthatják, mint amilyenek a nemi szervek rosszindulatú daganatai. Ez utóbbihoz nem szükséges (de lehetséges) a nemi szervek fejlődésének időpontjában való hatás, az érett korban

történő krónikus expozíció is előhívhatja a sejtekben megmaradt (kóros) fejlődési potenciákat. Ez magyarázza a bizonyos iparágakban, munkahelyeken dolgozók gyakrabban jelentkező nemi szervi (emlő-, méh-, petefészek-, here-) daganatait endokrin dizruptorok folyamatos és nagymértékű jelenlétének hatására. A műanyagiparban dolgozó férfiak esetében például hatszoros a hererák gyakori-



1. ábra. Az endokrin dizruptor kapcsolódhat a receptorhoz, így a sejtre hormonszerű hatást fejt ki, vagy éppenséggel megakadályozza a természetes hormon kapcsolódását

sága és a műanyag- vagy gumigyárakban dolgozó nők esetében kétszeres az emlőrák előfordulásának gyakorisága.

Az endokrin dizruptorok tehát bármely életkorban károsíthatják a hormonális rendszert, azonban nem azonos módon és nem azonos veszélyességgel. Minél fiatalabb a szervezet, annál erősebb az ED-k hatása, és különösen veszélyesek – akár minimális mennyiségben is – a születés körüli (perinatális) időszakban. Ilyenkor történik ugyanis a hormonális imprinting, mely életre szólóan beállítja a még fejlődő hormonreceptor kötési képességét: az ED becsapja a receptort, így hibás imprinting jön létre. [1] Ez életre szólóan megváltoztathatja a hormonreceptor kötési képességét annak minden következményével, tehát betegségekre való

hajlam alakul ki, vagy betegség lép fel felnőtt korban. Ez azt is jelenti, hogy a korai fejlődésben okozott zavar (például a hormonszint labilitása) évtizedekkel később mutatkozik meg. Ennek jellegzetes példája volt a DES-katasztrófa [2], amikor terhes anyák a veszélyeztetett terhességük védelmében (később már anélkül is) kapták ezt a szintetikus ösztrogénhatású anyagot (mintegy 5 millió terhes nő), és alig több mint két évtized elteltével leányaikban az egyébként ritka hüvelyrák tömegesen fordult elő nem hiábákkal (bisexualitás, homoszexualitás, libido csökkenése stb.) karöltve, és utóbbiak a fiúgyermeken is megmutatkoztak (2. ábra).

A legényegesebb endokrin dizruptorok

Egy ilyen cikkben nincs helye az ipari és mezőgazdasági ED-k tételes felsorolásának, de a legfontosabbakat nem lehet mellőzni, mert adataik világosan mutatják a probléma nagyságát. Elsőként a *bisfenol A*-t (BPA) érdemes említeni, mert tömeges felhasználása és hatás szélessége ezt indokolta teszi. BPA-ból már jelenleg is több mint 27 millió tonnát állítanak elő világszerte, és ez a mennyiség több mint 7%-kal nő évente, mivel alapvető tényező a műanyagiparban. A BPA-t az ipar széleskörűen



2. ábra. A DES volt a gondatlanul alkalmazott nagy hatású endokrin dizruptor iskolapéldája. Ötmillió terhes nő szedte és gyermekeik szenvedték meg

alkalmazza a műanyag cumikban, palackokban, konzervek belső borításában (3. ábra), italos palackokban, szemüveglencsékben, mobiltelefonokban, orvosi eszközökben, de vízvezetékcsövekben is benne van és beleoldódik a tartalomba. Benne van a műanyag tányérokban, ivóvízes tárolóedényekben és égésgátlókban. Mikor kivonták a forgalomból az

amalgám fogtöméseket, éppen a higany ED-hez hasonló hatása miatt, műanyagtömésekkel helyettesítették, melyek jelentős mennyiségben tartalmaznak BPA-t. Ugyanakkor az embrionális fejlődés alatt BPA-kezelésben részesült terhes egerek utódainak prosztatája 30%-kal lett nagyobb és spermiumszámuk jelentősen csökkent felnőtt korukra. Emberben, az átlagpopuláció 93%-ában találtak BPA-t a vizeletben, és kimutattak jelentős szexuális hatásokat, mint a prosztata- és emlőtumorok gyakoriságának növekedését éppúgy, mint a pubertás időpontjának előre jövetelét. Hatására műanyagipari munkásoknál hétszer gyakoribb volt az erekciós probléma, mint a BPA-nak ki nem tett populációban, ugyancsak csökkent a libidó és a szexuális élettel való elégedettség.[3] Egy másik ipari ED, a *dioxin* esetében az utódok között a születéskori normális nemi arány (106 fiú/100 lány) tolódott el a lányok javára a rovarölőszergyár férfi munkásai esetében, miközben a női munkásokat nem érintette.

Az agráriumban számos peszticidet (rovarölő anyagot) használnak fel, legrégebben és legszélesebben körben a DDT-t, melyet egyszer betiltottak, majd újra engedélyeztek. A peszticidek az emberekbe is bejutnak az ételekben, illetve a vizek, a talaj és a levegő révén.[4] Használatuk folyamatosan nő, például 1961 és 1964 között Európában mintegy 0,5 kg/hektárról 2 kg/hektárra emelkedett és azóta is nőtt. Ezek az agrár-ED-k szexuálhormonreceptorokhoz is kapcsolódnak, és különböző, a nemiséggel kapcsolatos eltéréseket hoznak létre, de leginkább hipospadiaszt

(hasadék a péniszben) és kriptorchizmust (rejtetherjúséget). Különösen kifejezett a nem morfológiai hatásuk magzatokban, csecsemőkben és gyermekekben, azonban e hatások csak felnőtt korban mutatkoznak meg. Ezek között szerepel a csökkent hímivarsejt-képződés, a spermiumok minőségi romlása és ezek következtében a férfi meddség. Emel-



3. ábra. Az Egyesült Államokban forgalmazott konzervek 60%-ában találtak bisfenol A-t

lett bizonyított, hogy előmozdítják nőben az emlőrák, férfiban a prosztatarák képződését. Az ED-„fertőzés” különösen gyakori levegőből, vízből és talajból, elsősorban a peszticidet használó területekben vagy azok közelében, de azoktól távolabb is előfordul. A gyümölcsök és zöldségek mintegy 27%-ában találtak egy vagy több peszticidet és ez a mennyiség folyamatosan növekszik.

Hasonló hatásuk van a herbicideknek (növényvédő szereknek), melyek többsége ED (4. ábra). Ilyen a leggyakrabban használatos Atrazin is, melynek reprodukciót zavaró hatása bizonyított.

Talán a leginkább környezetszennyező ED a benzpirén, mely a cigarettafüsttől a kémények füstjén át az autók kipufogógázaiáig mindenütt előfordul. Izolált hatásának mérése is nehéz, mert például Európában a populáció kevesebb, mint 7%-a él olyan helyen, ahol légkoncentrációja alacsonyabb, mint az elfogadható kockázati szint, és valószínűleg ez alatt sem indifferens.[5] Ugyanakkor állatkísérletekben jelentősen károsítja a szexuális aktivitást, a nemi hormonok termelését és terméketlenséghez vezethet.[6] Terápiás szempontból, mint ED-k, figyelmet érdemelnek a fogamzásgátló tabletták és a zsírban oldódó vitaminok, melyek tömegméretű alkalmazásának szexuális hatását még nem mérték fel.

A fitoösztrogének

A fitoösztrogének (növényi eredetű szteroid hormonok) külön csoportot képviselnek, nemcsak azért mert a táplálékkal és tudottan kerülnek a szervezetbe, hanem mert hatásuk kettős lehet. Míg az ipari vagy mezőgazdasági ED-k között egyál-

talán nincs olyan, amelynek pozitív hatása is lehetne, a fitoösztrogének ezzel is rendelkeznek.

Bár mintegy 300 növény tartalmaz fitoösztrogéneket, a leggyakrabban „felhasznál” fitoösztrogének a szójabab izoflavonjai, a genistein és daidzein. [7] A szója az ázsiai konyha leggyakrabban és legváltozatosabb módon használt növénye, mely többezer éves múltra tekint vissza. Az európai és amerikai kontinensen csak a XX. században kezdett elterjedni, de azóta is egyre növekvő mennyiségben fogyasztják, lassan le is körorozve az ázsiai felhasználást. Vannak „hivatalos” szójaételek (például tofu, szójaszós, tempeh, miso), de vannak olyanok is, amelyek rejtetten tartalmazzák, mint számos felvágott, virsli, kenőmájás, kenyér, édes sütemények, fagyaltok stb. Sokszor elsősorban előnyös tulajdonságait emelik ki és ezek valóban vannak. Így például az ázsiai populációban kevesebb a mellrák és prosztatatarák, éppúgy, mint a vastagbélrák. Kisebb a csontmegbetegedések (csontritkulás) gyakorisága és súlyossága is. A klimaxos tünetek enyhébben jelentkeznek. Csökkentik a vér lipidszintjét és antioxidáns hatásuk is van. Ugyanakkor ED jellegű káros hatásaiak széles körben megfigyelhetők. A több ezer éves ázsiai táplálkozás ismerete kizárhatná a „káros” kategóriába helyezést, de lehet, hogy éppen ez felelős az ázsiai és európai ember számottevő nem jellegű különbségéért (vérhormonszintek, menarche stb.), ami felé éppen az ED-k miatt mi is tartunk. Ennél nagyobb problémát jelent, hogy a csecsemők mesterséges táplálásában a szója alapvető szerepet játszik és ebben a kritikus periódusban hibásan állítja be a szteroidhormon-receptorokat. [8] A szójaalapú csecsemőtápszerrel táplált – és például az USA-ban a mesterségesen táplált csecsemők negyede ilyen tápszert fogyaszt – csecsemő vérének szteroidhormon koncentrációja 13 000–22 000-szer magasabb, mint a tehéntejalapú tápszereken lévőké. Ez azt is jelenti, hogy az egy nap alatt fogyasztott szójatáp ösztrogéntartalma 5 fogamzásgátló tablettá ösztrogéntartalmának felel meg. Így nem kell csodálkozni, ha felnőtt korban eltérés mutatkozik egyrészlől a kromoszómális, illetve gonádális nem, másrészlől a másodlagos nemi jellegek és a pszichés nem között. A magzatkori anyai szó-

ja fogyasztás hatására a nemi érés időpontja lányoknál (menarche) előrejön, a menstruációs ciklus zavarttá válik, míg fiúk esetében fertilitási zavarokhoz, hipospadiaszhoz (hasadék a péniszben), és esetleg kriptorchizmushoz (rejtettheréjűséghez) vezethet.

Hol és hogyan támadnak az endokrin dizruptorok?

Úgy tűnik, nincs alsó határa az ED-k dózisának és nincs felső határa a nemi fejlődés érzékenységének hormonális hatásokra, tehát a legkisebb mennyiség is hibához vezethet a nemiség kialakulásában. Ehhez képest az ED-k olyan mennyiségben használnak fel, illetve kerülnek be akár a legkritikusabb periódusokban is a várandós női szervezetbe, hogy hatásuk nem lehet kétséges. Lehet, hogy mennyiségi eltérések határozzák meg a hatás irá-



4. ábra. A zöldfélék fogyasztása egészséges, de a rajtuk (bennük) található herbicid nem

nyát, azonban akár pozitív, akár negatív irányban változik meg a fejlődési folyamat, ez káros lehet, mert a normális (gén szinten beépített) programot zavarja meg. Ezért is lehetnek az ED-k hatásai rendkívül széleskörűek.

Alapkérdés, hogy hol és mikor támadhatják meg az endokrin dizruptorok a nemi apparátust. Mint láttuk, a kromoszómális nemet az X kromoszómával rendelkező petesejt és az X vagy Y nemi kromoszómával rendelkező spermium határozza meg, XX esetében nővé, míg XY esetében férfivé fejlődés indul meg. Úgy tűnik tehát, hogy a kromoszómális nemben az ED-k nem tudnak zavart kelteni. Ugyanakkor ez nem vonatkozik a kromoszómális nem előtti időszakra, itt ugyanis az ED-hatásnak jelentős befolyása van, amit a nemi arány korábban említett eltolódása mutat. A gonádok kiala-

kulását a kromoszómális nem, illetve az Y kromoszóma SRY génje határozza meg, és nincs adat arra, hogy ebbe az ED-k bele tudnának szólni. Ez érthető, mert mint látuk, hatásukat a nemi hormonok receptorain keresztül fejtik ki és a nemi hormonokat a gonádok állítják elő. Az ED-k hatása tehát (a nemi aránytól eltekintve) a gonádok kifejlődése utáni időszakra korlátozódik, a késői nemi fejlődésben, valamint a nemi magatartásban és a pszichés nemben mutatkozik meg.

A késői nemi fejlődésben az ED-k elsősorban a kriptorchizmust [9], a hipospadiaszt, és az ivarsejtek termelődését tudják befolyásolni. Ezek a folyamatok az abnormális nemihormon termelődéssel állnak kapcsolatban, ami az ED-k által súlyosan érintett lehet. A kriptorchizmus esetében a fejlődő herék nem ereszkednek le, vagy csak részlegesen ereszkednek le a herezacskóba, ezért a spermiumok fejlődése a szükségesnél magasabb hőmérsékleten történik, ami elég ahhoz, hogy részben számuk csökkenjen, részben degenerált formák jelenjenek meg. Ez viszont teljes terméketlenséghez is vezethet. Hipospadiasz esetében a húgycső nem a makk hegyén nyílik, hanem a pénisz alsó felszínén (ez tűnik hasadéknak), ami közösülési zavart is okozhat. Az ivarsejtek termelődése hormonfüggő, ezért a receptorok hibás beállítódása terméketlenséget válthat ki. A fiatal férfiak 20%-ának spermiumai (iparilag fejlett országokban) csak mintegy 5–25%-ban egészségesek, és míg a spermiumszám mintegy 50 évvel ezelőtt több, mint 100 millió/ml sperma volt, jelenleg 60 millió/ml, és fiatal férfiak 15%-ában kevesebb, mint 20 millió/ml. Mindez demográfiai problémákhoz vezethet.

Az ED-k jelentős szerepet játszanak a nemi szervi daganatok képződésében. Ilyenkor a hormonreceptorokhoz ED-k kapcsolódnak, ezáltal hibás (fokozó vagy éppen gátló) üzeneteket továbbítanak a sejtek felé. Ez megzavarja a sejtek normális programját és lehetőséget teremt a daganatos elfajulásra. Lehetséges, hogy az ED még a korai fejlődés alatt zavarja meg a programot úgy, hogy a receptor csak a késői életkorban reagál hibásan egy normális hormonális akcióra, de arra is van lehetőség, hogy az ED krónikus hatása felnőtt korban váltja ki a daganathoz vezető hibát.

A nemi magatartás zavarait és a homoszexualitást korábban nevelési (társadalmi környezeti) okokkal próbálták magyarázni, de a biológia és az orvostudo-

mány újabb eredményei ezt nem támasztják alá. Ugyanakkor nem találtak homoszexualitást, vagy transzvesztita gént sem, tehát ezek a jelenségek nem genetikailag, azaz kromoszómáisan meghatározottak. Találtak viszont molekulákat, melyek a korai nemi fejlődés alatt az anyai szervezetből a magzatba jutva azt a homoszexualitást (transzszexualitást stb.) felé terelik. Az agy nemi beállítódása alapvetően női, és a férfi nemi hormonok (androgének) adják azt a női nemi hormonná alakuló többletet, ami a férfi (heteroszexuális) irányt kialakítja. A nemi identitást tehát a fejlődő agy és a szexuálhormonok együttműködése alakítja ki. A szexuálhormonok szerepét be tudják tölteni az ED-k is, akár azzal, hogy a korai nemi hormoniótt kiegyensúlyozatlanná teszik. Hibás perinatális hormonális imprinting zajlik le, ami epigenetikus – tehát a DNS bázissorrendjét nem érintő – változást hoz létre, ezáltal az agy kezdetben transzsexuális régiói a gének által meghatározott (programozott) utasításoktól eltérő hibás impulzusokat kapnak és az anatómiai nemtől eltérő irányban alakulnak ki. Mivel a korai fejlődésben bekövetkező hibás hatások később jelentkeznek, a homoszexualitás és a nemváltási igény is csak a pubertás idején, illetve felnőtt korban jelenik meg. [10] Valószínűleg ebben szerepet játszanak környezeti (társadalmi) provokáló tényezők is. Ugyanakkor megfigyelték, hogy az első generációban, mely a peszticidiek tömeges alkalmazása után született, a transzszexuálisok száma is észrevehetően nőtt. Figyelembe véve az ED-k minőségi és mennyiségi szaporulatát, valamint a hibás hormonális imprinting epigenetikusi öröklődését [1] is, a pszichés nembem mutatózó hibák várhatóan generációról generációra szaporodni fognak.

Mit hoz a jövő?

Minél többféle endokrin diszruptor van jelen élettelen környezetünkben, annál többféle ED-t találnak az élő szervezetekben. Ez azt is jelenti, hogy az ED-hatások kombinálódhatnak, így egyes számítások szerint 1600-szorosra nő az ED-hatások száma. Ez az emberre is vonatkozik megtoldva azzal, hogy mivel az ember a táplálkozási piramis csúcán helyezkedik el, benne még több (és többféle) ED halmozódik fel. Ez együtt jár a nemi identitás és a reprodukciós képesség zavarainak szaporodásával, aminek már jelenleg is tanúi vagyunk. [11] És nem látszik a menekülés útja. Az endokrin diszruptorok száma és mennyisége nő, mert az emberiség túlszaporodott, és eltartásához, fenntartásához és igényelt jólétéhez a diszruptorokat

tartalmazó eszközöket, anyagokat és módszereket is igénybe kell venni (nem is beszélve arról, hogy az ED-k dollármilliók tüzetet jelentenek). A diszruptorok például – újabb vizsgálatok szerint – már a kozmetikumokban és napvédő krémekben is jelen vannak. [12] A kozmetikumok nem feltétlenül szükségesek az emberiség fennmaradásához, de a napvédő krémek kellenek, mert egyre erősebb a bőrt károsító UV-sugárzás, mely rákot okoz. Tehát az ED-k használata több oldalról is igényelt. És hiba volna azt hinni, hogy az ED-k csak a reprodukciót támadják meg, ugyanis mindenütt hatnak és rombolnak, ahol őket kötő receptort találnak, bár valószínűleg a szexuális hatás a leglényegesebb. ●

Irodalom

- [1] Csaba, G. The biological basis and clinical significance of hormonal imprinting, an epigenetic process. *Clin Epigenetics* 2, 187-196, 2011
- [2] Langston, N. Rachel Carson's legacy: Endocrine disrupting chemicals and gender concerns. *GAIA* 21, 225-229, 2012
- [3] Li, D et al. Occupational exposure to bisphenol-A (BPA) and the risk of self-reported male sexual dysfunction. *Hum Repr* 1-9, 2009
- [4] Mnif W et al. Effect of endocrine disruptor pesticides. *Int J Environ Res Public Health* 8, 2265-2303, 2011
- [5] Guerreiro CB et al. Benzo(a)pyrene in Europe: Ambient air concentrations, population exposure and health effects. *Environ Pollut* 214, 657-667, 2016
- [6] Csaba, G, Karabélyos, C. Transgenerational effect of a single neonatal benzopyrene treatment (imprinting) on the sexual behavior of adult female rats. *Hum Exp Toxicol* 16, 553-556, 1997
- [7] Kim S.H., Park M.J. Effects of phytoestrogen on sexual development. *Korean J Pediatr* 55, 265-271, 2012
- [8] Csaba, G., Karabélyos, C. Effect of single neonatal treatment with the soy bean phytoestrogen, genistein on the sexual behavior of adult rats. *Acta Physiol Hung* 89, 463-470, 2002
- [9] Virtanen, HE, Adamsson, A. Cryptorchidism and endocrine disrupting chemicals. *Mol Cell Endocrinol* 355, 208-220, 2012
- [10] Walker, DM, Gore, AC. Epigenetic impacts of endocrine disruptors in the brain. *Front Neuroendocrinol* 44, 1-26, 2017
- [11] Csaba, G. The present and future of human sexuality: impact of faulty perinatal hormonal imprinting. *Sex Med Rev* 5, 163-169, 2017
- [12] Maipas, S, Nicolopoulou-Stamati, P. Sun lotion chemicals as endocrine disruptors. *Hormones* 14, 32-46, 2015.

E számunk szerzői

DR. BABINSZKI EDIT geológus, PhD, tudományos főmunkatárs, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; DR. BESENYEI ÁDÁM PhD, egyetemi docens, ELTE, Matematikai Intézet, Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszék, Budapest; DR. CSABA GYÖRGY professzor emeritus, Semmelweis Egyetem, Genetikai, Sejt- és Immunbiológiai Intézet, Budapest; DR. CSOMÓS PETRA PhD, egyetemi adjunktus, ELTE Alkalmazott Analízis és Számításmatematikai Tanszék, Budapest; GÁSPÁR ANITA informatikus könyvtáros, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; HERCZEG JÁNOS Rátz Tanár Úr Életműdíjas matematikatanár, az Élet és Tudomány ny. főszerkesztője, Budapest; DR. ISÉPY ISTVÁN botanikus, az ELTE Fűvészkert ny. igazgatója, Budapest; KELETI ARTHUR kibérvédelmi szakértő, Budapest; KÖBÁNYAI PÉTER geográfus, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; KRETZER BALÁZS, ELTE biofizika MSc szakos hallgató, Budapest; LANDY-GYEBNÁR MÓNKA, a Magyar Csillagászati Egyesület tagja, Veszprém; DR. LENTE GÁBOR egyetemi tanár, Debreceni Egyetem, Kémiai Intézet, Debrecen; REMETE ATTILA MÁRIÓ PhD, Szegedi Tudományegyetem, Gyógyszertudományok Doktori Iskola, Szeged; REZSABEK NÁNDOR csillagásztörténész, Budapest; DR. SCHILLER RÓBERT a kémiai tudomány doktora, Budapest; SZABÓ MÁRTON biológus, MTA-ELTE Lendület Dinoszaurusz Kutatócsoport, Budapest; DR. TÓSZEGI ZSUZSANNA PhD, c. egyetemi docens, ELTE BTK Könyvtár- és Információtudományi Intézet, Budapest.

Szeptemberi számunkból

Mező Gábor–Kiss Krisztina–Biri-Kovács Beáta–Oláhné Szabó Rita: Személyre szabott rákgyógyítás

Kéri András: A Nap szigete: Anguilla

„Ki géppel száll fölébe...” Jászai Balázs légifotóssal beszélget Németh Géza

Besenyei Ádám–Bodó Ágnes: Hálózatok, járványok és a változás egyenletei

Trájer Attila: Ősföldtani zátonytörténelem

Locsmándi Csaba–Vasas Gizella: A világitó tölcsérgomba

A hétköznapi kérdések is elvezetnek a mélyebb megértéshez

Beszélgetés Gilicze Bálinttal

– *Fiatalon kapott rangos szakmai elismerést. Árulja el, hogyan lehet elnyerni a Hevesi Endre Díjat? Pályázni kell rá?*

– Engem Simon Tamás, az MTA kommunikációs főosztályvezetője terjesztett föl a díjra, és az utóbbi évben született három legkedvesebb cikkemet küldtük el a bírálóknak. Mondhatnánk, hogy az mta.hu nem klasszikus értelemben vett újság, hanem egy intézmény online portálja, szerencsére azonban az ilyen műhelyeknek is van lehetőségük a nevezésre – különösképpen, hogy az itt készülő ismeretterjesztő cikkeket gyakran szívesen átveszik a hazai médiumok.

– *Mit jelent Önnek ez a jelentős szakmai elismerés?*

– Mivel mindössze három éve foglalkozom tudományos újságírással, így a díjat sokkal inkább motivációnak tekintem, mint egy pályafutás elismerésének – immár talán bízhatom benne, hogy jó úton indultam el, de még bőven lesz módom azon törni a fejem: hova is vezet ez az út.

Az egész úgy kezdődött, hogy 2014 elején írtam az Origónak egy cikket arról, miért is érezhettem magam olyan pocskul a Hobbit című film vetítésén a moziban. Akkoriban pár hónapja képszerkesztőként dolgoztam a hírportálnál, és a témát nem is a Filmklubnak, hanem a tudományrovatnak vettem fel. Kiderült, hogy ha a szokásosnál jóval nagyobb képsebességgel, ráadásul 3D-ben veszik fel a filmet, agyunkban valahogy elmosódnak a képzelet és a valóság határai, és ennek tudható be sokaknál ez a fura, émeletítő érzés. Tolkien műve és Peter Jackson rendezése – no meg a cikk olvasottsága – így belépőt jelentett számomra a tudományos újságírás világába. [1] Az Origo 2014 nyarán lezajlott viharos átalakulása után hamarosan Simon Tamás tudományrovatában találtam magam. Ő az Origótól megválva kommunikációs főosztályvezető lett az Akadémián, ahol én is csatlakoztam hozzá. [2]

– *A művei alapján a munkásságáról tájékozódni lehet, de az életéről szinte semmit nem tudni.*



(Mudura László felvétele)

Idén 29. alkalommal adták át a *Hevesi Endre Díjakat*, amelyben azok az újságírók részesülhetnek, akik az előző évben a legtöbbet tették a tudomány és a technika legújabb eredményeinek népszerűsítéséért.

2017-ben az egyik díjazott *Gilicze Bálint*, a *Magyar Tudományos Akadémia Kommunikációs Főosztályának* munkatársa lett. A zsűri a díj odaítélésével Gilicze Bálint tudományos ismeretterjesztő cikkeinek színvonalát, az mta.hu honlap teljes megújításában kifejtett munkáját, továbbá a 2016-os *Magyar Tudomány Ünnepe* tartalmas programjának kidolgozására irányuló tevékenységét ismerte el.

Az ünnepélyes díjátadón *Herczeg János*, a Hevesi Endre-díj Alapítvány kuratóriumának elnöke méltatta a kitüntetett munkásságát, közérthető, oldott hangvételű cikkeit. A laudációt azzal a gondolattal zárta: jó lenne, ha Gilicze Bálint a multidiszciplináris műveltségét, a gondolatok, élmények továbbításában felmutatott képességét és leleményességét a jövőben is felhasználná tudományos ismeretterjesztésre. (Lásd: Herczeg János: A Hevesi Endre Díjról szubjektíven. *Természet Világa*, 2017. 6. sz. – a szerk.)

– Sokáig kutatónak készültem, a természettudományok vonzottak. A kémia, a biológia már a kezdetektől érdekelt, de talán a legfontosabb impulzusok a Szent István Gimnázium 1990-ben indult speciális matematika tagozatán, Laczkó László óráin értek, ahol nemcsak a matematika, hanem a logikus gondolkodás és a problémamegoldás alapelveit is megtanulhattuk. Nála értettem meg, hogyan is lehet foglalkozni egy problémával, esetleg meglátni benne valami általánosabb összefüggést.

Kémiából a diákolimpia küszöbéig jutottam – pótagként drukkolhattam a Pekingben versenyző csapatnak –, így szinte egyértelmű volt, hogy a vegyész szakon folytatom a tanulmányaimat, és már-már láttam magam fehér köpenyben megőregedni. A dolgok azonban máshogy alakultak, egyetemi szinten érdekelni kezdett a fizika – hálás vagyok Kürti Jenő nagyszerű előadásaiért –, majd végül a matematikus szakon kötöttem ki, gondolván, hogy a világ mélyebb megismerésére errefelé van

a legnagyobb esélyem. Ebbe a történetbe csatlakozott új szálként a fényképezés, ami újabb fordulatot hozott.

– *Így jutott el a természetfotózáshoz.*

– 1998-ban a kezembe került a National Geographic egyik száma Jim Brandenburg érdekes fotós kísérletével (North Woods Journal, 1997/11). Elhatározta, hogy 90 napot tölt el Minnesota állam északi részén, egy nemzeti park területén, és minden nap egyetlen képet készít. Az ötlet, és persze a képek, teljesen magukkal ragadtak, ezért elhatároztam, hogy egyszer én is szeretnék valami hasonlóba fogni. Kezdetben egy Praktica géppel, majd egyre komolyabb felszereléssel felfegyverkezve jártam a természetet, és élveztem, ha a türelem, a lassacskán gyülő tapasztalat és a szerencse együttese elvezetett egy-egy jól sikerült képhez.

Hamarosan már nem negatívot, hanem diát fűztem a fényképezőgéphez (emlékszik még erre valaki?), és bekerültem a hazai természetfotósok társaságába, felvettek a naturArt tagjai közé. Rengeteget tanultam tőlük technikáról, terepről, a természetfotó etikájáról, és talán azt is megértettem, hogy miben különleges a természetfotósok hozzáállása a „jó képekhez”. Itt ugyanis az alkotás megítéléséhez sokszor épp olyan fontos a lefotózott fajok vagy jelenségek alapos ismerete, mint az esztétikai érzék – hasonlóképpen, ahogy a szociófotók értékeléséhez is szükség van a beleérzés képességére és a háttértörténet ismeretére.

– *Tudomásom szerint első nagy sikerét a 2003-as év hozta, amikor elnyerte az ország legrangosabb természetfotós pályázata, az Év Természetfotósa fődíjat.*

– 2003 érdekes év volt az életemben. Akkor fejeztem be a matematikus szakot, és távolodtam el végképp a kutatói pályától, emellett ebben az időszakban kezdtem leginkább elememben érezni magam természetfotósként. A díjat a benyújtott portfóliómmal érdemeltem ki, vagyis több kategóriában – egyebek mellett makrofotókkal és tájképekkel – is sikerült jó helyezést elérnem.

A képeimnek egytől-egyig volt valamilyen története, és a következő években valahogy úgy éreztem, kevésbé a természeti képek, inkább ezek a történetek érdekelnék. Ez persze csak egy lehetséges magyarázat így visszatekintve, annyi viszont bizonyos, hogy vonzani kezdett a sajtó- és a szociófotó világa. Dolgoztam a Heti Válasznak fotoriporterként, voltam képszerkesztő a Magyar Nemzet szombati Magazin mellékleténél, eközben jártam a katasztrófális 2005-ös székelyföldi árvíz helyszínén, testközelből átéltem a tévészékház 2006-os ostromát, Indiát bejárva pedig megtapasztalhattam, mit is jelent az elemi szegénység, és hogyan viszonyul ehhez egy, a miénktől teljesen eltérő kultúra. [3]

Érdekes módon, a legnagyobb élményeim az indiai útnak éppen abból az időszakából származnak, amikor egy bosszantó hiba miatt nélkülözni kellett a fényképezőgépet. Egészen másképp lát az ember, amikor nem fényképez. Manapság gyakran megcsúsz, hogy elő sem veszem a kamerát: inkább megengedem magamnak, hogy átéljem az eseményeket. Azután van úgy, hogy leírom a benyomásaimat, de az is előfordul, hogy egyszerűen csak engedem, hadd hassanak rám – valahol biztosan nyomot hagynak bennem.



Az Év Természetfotósa 2003 pályázat egyik díjazott képe a Madarak és viselkedésük kategóriában

Az elmúlt néhány évben az írás lassan előretört az életemben, a fényképezés pedig, ahogy árnyékba húzódott, úgy vált fokozatosan egyszerűbbé. Ma már nem hordok magammal tászkányi felszerelést, állványt és mindenféle zoomokat. Szeretek fix, nagylátószögű objektívet használni, mellyel mostanra ösztönösen érzem, mi lesz a képen, anélkül, hogy a keresőbe néznék. Az utóbbi időben pedig egészen elvarázsolt a telefonos fotózás – semmi más nem tudta ennyire megadni a közelség, az „otlét” élményét.

Érdekes volt felismerni, hogy a cikkekben sem szakadtam el a „képektől”, mint ahogy ismeretterjesztő újságíróként nem is szakadhattam el tőlük – a képek, metaforák, analógiák talán a legfontosabb kapcsolódási esélyt jelentik a szigorú tudományosság és a hétköznapi megértés között. A jól felépített logikus magyarázatokra persze szükség van, de néhány találó kép segíthet abban, hogy az olvasó egyáltalán hajlandó legyen követni egy-egy gondolatmenetet. Emellett pedig nagy szükség van jó történetekre, iz-

galmas elbeszélésekre, hiszen az emberi agy ezekre fogékony: mesékre, sztorikra, képekre. Az én feladatomban, hogy hitelesek legyenek, és azt a látásmódot adják át legáltalában részben az olvasónak, amit a téma kutatói is magukénak vallanak.

– *A tudományos kommunikáció az elmúlt időszakban nagyon sokat változott. Régóta próbálják a tudományt kiszabadítani az elefántcsonttoronyból és közelebb hozni az emberekhez, csak sajnós, ez a törekvés egybe esett azzal, amikor elveszett a*

tudomány mindenhatóságába vetett hit. Ma már a tudósok sem hiszik a tudományt mindenhatónak, a hétköznapi emberek jelentős része pedig hamarabb hiszi el az áltudományos örültségeket, mintsem elfogadná a valódi tudományos tényeket. Hogyan látja ezt a kérdést belülről, a Magyar Tudományos Akadémiáról?

– Messziről indulnék el: egyszer belekeveredtem egy igen kínos vitába az ott-honzulésről. Kívülállóként nehéz megérteni, miért lehet annyira fontos egy nőnek, hogy otthon szüljön. De ha átgondoljuk és elfogadjuk, hogy létezik olyan világkép, amelynek lényegi eleme az otthoni gyermekszülés, mi viszont pusztán racionális érvek alapján be akarjuk bizonyítani, hogy csak kórházban szülni helyes, ezzel tulajdonképpen egy egész világképet nyilvánítunk érvénytelenné. Amikor tudományos ismeretterjesztésről beszélünk, ezt mindig szem előtt kell tartanunk, mert jóllehet a tudomány rengeteg kérdésre hihetetlenül pontos választ ad, azonban a tudományos gondolkodás alapvető sajátja, hogy a megvála-

szólatlan kérdések mögött mindig ott húzódik egy ismeretlen és semlegesnek tűnő univerzum. A tudomány nem hajlandó semmit állítani ezekről a feltáratlan területekről, legfeljebb kérdéseket, hipotéziseket vethet fel velük kapcsolatban. Következésképp a tudomány vilásképe sosem teljes, ami viszont lélektanilag visszalépés az emberiség ősi létmódjához képest. A racionális gondolkodás nem tudja és nem is akarja a tudás szövetén megjelenő kisebb-nagyobb hasadásokat praktikus szellemekkel befoltozni, márpedig ezekhez – legyenek bár jók vagy gonoszak – legalább lehetett valahogy viszonyulni.

Példaként gondoljunk csak a Google által kifejlesztett AlphaGo mesterséges intelligenciára, melyet emberek terveztek, de a „gondolkodását” (indokolt-e még az idézőjel?) már a világ legjobb gojátékosai sem értik. Teremtettünk valamit, és nem értjük – ugyanakkor nem mondhatjuk, hogy egy emberfölötti tulajdonságokkal bíró démon lakik a gépben.

Egyre több ilyen impulzus ér minket, és az ismeretlenről, a részvételen univerzumból való szorongás legyőzésében segít a tudatosan vagy kevésbé tudatosan kiépített világgépünk.

Az Akadémián nagy erőket mozgósítottunk annak érdekében, hogy valódi tudást és minél differenciáltabb látásmódot kínáljunk – de a világgépét mindenki maga alakítja ki.

– *Mégis, mit lehet tenni az áltudományos tévhitek hódítása ellen?*

– Két reménytelen irányt látok. Az egyik, hogy úgy hiszem, az ember érez valamiféle vonzalmat az egyszerű, harmonikus és szép dolgok iránt. Az áltudományok, a tévhitek gyakran éppen azzal hódítanak, hogy egyszerűnek és tetszetősnek mutatják magukat. Aki azonban elkezd egy kicsit érdeklődni a tudomány iránt, és megismer néhány fontosabb összefüggést, hamar ráébred, hogy itt vannak csak igazán egyszerű, magától értehető természetességgű jelenségek.

Amikor írok valamiről, általában megpróbálok ezeknek a szép, egyszerű és természetes kapcsolatoknak a nyomába eredni – valahogy úgy, ahogy egy matematikus is lelkesen kutatja az „elegáns” bizonyításokat, melyek a probléma mélyén megbújó elemi összefüggésekre épülnek, nem pedig nyakatekert konstrukciók.

A másik, amiben reménykedem, az alapvető emberi kíváncsiság. Hiszek benne, hogy ez legtöbbször, sőt, talán mindannyiunkban megvan, legfeljebb gyakran háttérbe szorul, amikor látszólag fontosabb problémák vagy erősebb érzelmek tülekednek előre. Márpedig, ha sikerül megőrizni a kíváncsiságunkat félelmeink, létbizonytalanságunk és szorongatás mindennapi gondjaink közepette, a tetszetős áltudományos elméletek hamar megad-



Észtországi fotós túrán 2001-ben (Dörögdi Ádám felvétele)

ják magukat kérdéseink súlya alatt.

– *Milyen tervei vannak a következő évekre, évtizedekre?*

– Folyamatosan gyűjtöm a cikkeimhez a témaötleteket, gondolatokat, kérdéseket, melyeknek érdemes volna utánaeredni. A tapasztalat azt mutatja, hogy ezek gyakran olyan, a „levegőben lévő” témák, melyek egy-egy aktualitás kapcsán mélyebben is kifejtethők.

A cikkeik mellett a könyvírás is foglalkoztat, azonban egy ilyen méretű anyag összefogásához még szegényesnek érzem az eszköztáramat. Mindenesetre olvasok szorgalmasan, és próbálok mindent, ami elém kerül, kicsit a történetmesélés szemszögéből is figyelni. Egyik nagy kedvencem a magyar olvasók számára is jól ismert Bill Bryson, aki elképesztő mennyiségű tényanyagot képes úgy átadni, hogy közben végig tükön ülve várjuk, mi sült ki a sztori végén.

Kedvelem John Hillaby elbeszélési módszerét is, aki embertelen távokat képes gyalogolni csak azért, hogy a kellő öniróniával előadott kalandjait kísérvé megismerjük a tájat – lakóinak, élővilágának és köveinek történetével együtt. Gyalogszerrel Nagy-Britanniában című könyve minden bizonnyal ma is könnyedén beszerezhető sok antikváriumban.

Végül megemlíteném egy amerikai klasszikus, Barry Lopez nevét, aki egy kicsit tágabb perspektívából tekint az ember és a természet kapcsolatára. Úgy emeli be történeteibe az egyéni tapasztalatot, a hagyományt és az emberi hiedelemvilágot, hogy közben képes hiteles maradni.

– *A méltatásban egyik írásából idéztek, és ezzel összefüggésben párhuzamba állították Esterházy Péterrel. Mindketten*

matematikusként végeztek az egyetemen, mégis más hivatást választottak: sokkal szélesebb közönséget szólítva meg, mint ami egy kutatónak megadatik.

– Nagyon örültem, de meg is lepődtem azon, hogy velem kapcsolatban elhangzott Esterházy Péter neve. Tény, hogy én is nagyon szeretek a nyelvvel, a szavakkal játszani. Biztos köze van ennek ahhoz is, hogy szüleim bölcsészek, és az is hozzáadhatott a nyelvi érzékenységemhez, hogy sokszor hirtelen latinra váltottak, ha valami olyat akartak megbeszélni, ami nem a gyerekekre tartozik.

Szeretek magyar nyelven írni, ezért minden, ami ebben a nyelvi közösségben történik, rám is hatással van. Az ismeretterjesztő írásoknak szükségük van befogadókra, akik érdeklődők tudnak maradni, akiket nem sodornak el a napi történések, és nyitottak a leghétköznapiabb kérdésekre is. Olyan emberekre van szükség, mind többre és többre, akik a hétfő reggeli rohanásban is képesek megállni egy járdarepedésből kinőtt növényke előtt, és feltenni maguknak a kérdést: hogy kerülhetett ez ide, hol láthattam már ilyet? Sokszor az ilyen egyszerű kérdésekre kapott válaszok jóval messzebbre vezetnek, mint azt valaha is gondoltuk.

Az interjút készítette:
TÓSZEGI ZSUZSANNA

Irodalom

- [1] Gilicze Bálint: A Hobbit átveri az agyunkat a moziban. 2014. január 7. <http://www.origo.hu/techbazis/20131224-a-hfr-3d-mozifilmes-technologia-meglepo-modon-hat-agyunkra.html>
- [2] Ezeket gondoltam ki. <https://balintgilicze.wordpress.com/>
- [3] Balint Gilicze. <https://www.flickr.com/>

Olvasónaplómból

Honnan nézte Poszeidón Trója ostromát?

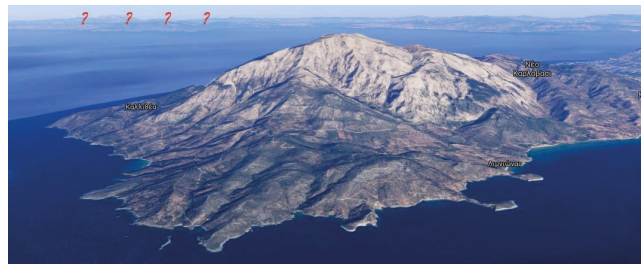
A kérdést *Lente Gábor* veti fel *Vizilónaptej* című legújabb könyvében (Typotex 2017). Ne tévessze meg az olvasót a cím alcímszerű folytatása – ...és más történetek kémiából, a szerző bátran tovább folytathatta volna: ...*valamint a műveltség tetszőleges területeiről* (de ugye az már nagyon hosszú lenne). Például a fent idézett fejezetcímnek az alcíme:

Egy eposzi trigonometria-feladat, és nincs is benne semmi vegytan.

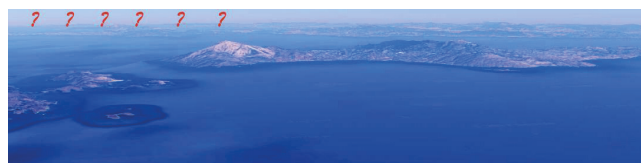
Viszont ebbe meg beletoldhatnánk a divatos 'oknyomozó' jelzőt is. Kiderül, hogy az emberi alakban és méretben megtestesülő isten, *Számosz ormáról* nem láthatta azt a csatát, bár az *Iliász* arról beszél: ...*ott ült ő ugyanis, bámulva a harc viadalmát, / thrák Számosz orma fölött, erdős hegy legte- tejében.* Onnan azonban *Priamosznak városa,* és az *akháj hadigályák* túl vannak a horizont vonalán. A hajók a tengerszinten, a fővenyen parkoltak, és a város nem messze, alacsony dombon állt, elhaladt fölöttük *Földrázónak* a tengerfelszín gömbjét érintő tekintete.

Ez a geometriai konfiguráció eleve kizárja a közvetlen láthatóságot, a közbül eső szigetek, földnyelvek magasságát felesleges vizsgálni, akár ott sem volnának. (Az, hogy vannak, viszont kizárja, hogy a tenger ura, a víz-gömbretegén áthaladó tekintettel figyelje a célját. Ez elvileg lehetséges volna, a fénytörések geometriailag még segítenének is, bár a kicsiny beesési szög mellett a fény gyakorlatilag visszaverődik, a mégoly tiszta tengervíz átlátszósága sem korlátlan, de mindezzel nem érdemes foglalkozni. A domborzaton keresztülhatoló tekintet isteni adománya viszont *Lente* szerint feleslegessé tenné a hegyre mászást.

Bármilyen vonzó is lenne a helyszíni szemle, csak módosak, ráérők tehetik meg. (Bár a Google térképe alapján némi ismeretet a kíváncsi szerezhethet. Az **1–2. ábrán** Számosz szigete, **3. ábrán** Trója romjai)



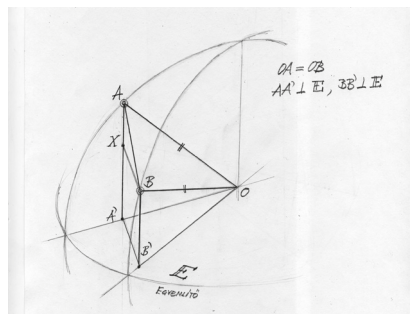
1. ábra



2. ábra



3. ábra



4. ábra

Szerzőnk oly bizonyítást tár elibénk, melyet bárki beláthat.

A Számosz–Trója táv számításaihoz megépít egy poliédert. Csúcsai: Trója (*A*), Számosz (*B*), valamint az Egyenlítő síkjá-

ra merőleges vetületeik (*A'*, *B'*) továbbá Földünknek közepe (*O*).

Mindig tisztábban látok a saját ábravázlatomon (**4. ábra**).

Rajzolgatással kapott változatok segítettek; ismerkedtem a térviszonyokkal. Rendetlen a firkapapír, de mutatja, hogy ez egy ötcsúcsú poliéder. Voltaképp gúla, az alapja trapéz, egy oldallapján dőlve hever (**5. ábra**).

A trapéz derékszögű, az oldallapok közül az egyik háromszög egyenlőszárú, a két szárhoz derékszögű háromszög lapok kapcsolódnak.

A sok derékszöget annak köszönhetjük, hogy a síkra merőleges egyenes merőleges a sík minden egyenesére. (A 'függőleges' merőleges a 'vízszintesekre').

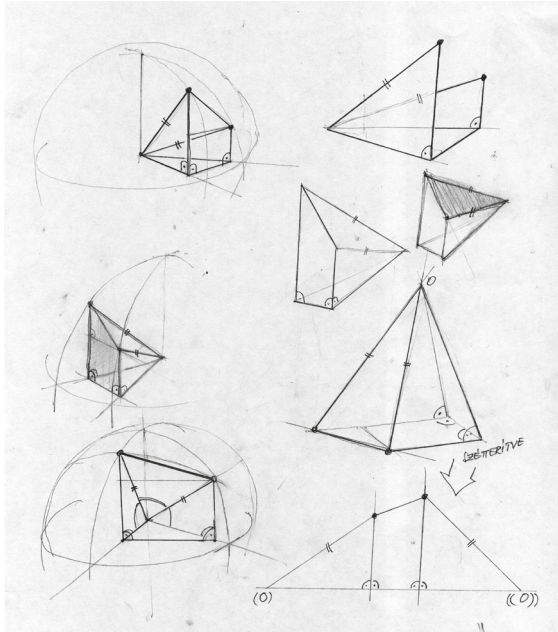
A trapézok ritkán üsszák meg, hogy szét ne vágják őket paralelogrammára és háromszögre; ha derékszögű a trapéz, akkor téglalap és derékszögű háromszög lesz a darabolás eredménye.

A földrajzi hosszúság és szélesség koordinátái adta szögek alapján, *s* a Föld sugarát 6371 km-nek véve, (*Lente* alapján) számításokkal is kézbe vehetjük a gúlát (**6. ábra**).

Az *AB* él meghatározása a cél, a gömbnek ebből a húrjából pedig kiszámítható az *AB* főkörív hossza az *ABO* egyenlőszárú háromszög szárszögeiből, δ -ból. (Ezt a kört nem rajzoltam be, hogy ne zavarja az ábrát.)

A gömb felszínén ugyebár a főkörök az 'egyenesek', ezek ívei a távolságok. A szerző egy külön kis számítással tisztázta, Számosz legmagasabb hegyéről (1435 m) a horizont 135 km távolságban húzódik, a látóvonal ilyen (*iv*)távolságban érinti a földgömb felszínét. (Ami ezen túl van, az csak akkor látszik, ha elég magas, akkor is csak a felső része. De már említettük, a vár lényegében tengerparton állt.)

A tanári pálya elhagyásáért a sors, többek közt, a kalkulátorok azutáni elterjedésével büntetett. Megbűnhődtem a múltat a keserves táblázathasználatlaltal, amiről a mai nemzedékek azt sem tudják mi az. Elhatároztam, egy-

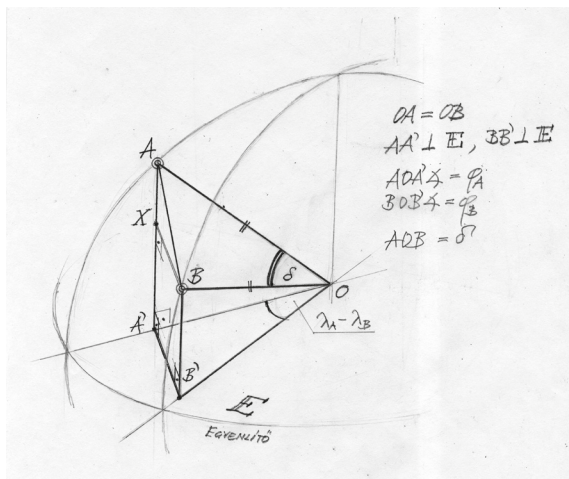


5. ábra

szer kipróbálom, milyen most egy efféle feladat numerikus kezelése. Nekiestem (7. ábra).

AB az AXB derékszögű háromszög átfogója.

$$AX = AA' - BB' = r \sin \varphi_A - r \sin \varphi_B = r (\sin \varphi_A - \sin \varphi_B)$$

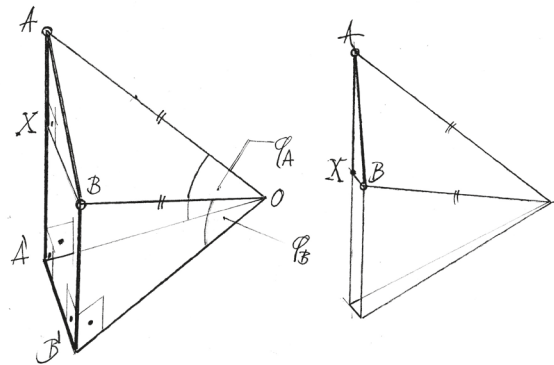


6. ábra

A konkrét szélességi adatok
 $\varphi_A = 39^\circ 57' 26'' = 39,957\dots^\circ$
 $\varphi_B = 37^\circ 43' 10'' = 37,719\dots^\circ$

A számítás eredménye:
 $AX = 193,8\dots \text{ km!}$

Ekkor viszont nem is érdemes folytatni a számolást! Már ez több, mint amennyire el lehet látni A-ból, hát még az átfogó AB szakasz, és az AB ív pláne.



7. ábra

Először meglepett az ideje korai vég, ostobán még egyszer kiszámoltam, s csak aztán gondoltam meg, hogy a vázlatunk (az enyém is, a könyvé is) eltér a valóságos konfiguráció alakjától. Trója és Számosz csaknem azonos hosszúsági körön fekszik ($26^\circ 14' 19''$, illetve $26^\circ 36' 46''$), esetükben igen keskeny az AXB háromszög, szinte elfajuló (8. ábra).

Az elmélet ereje

Vidáman hagytam félbe okafogyott számításaimat. A kalkulátor sem fenéig tejfel, könnyen lehet rossz gombot nyomni, ha az ember ügyefogyott...

Lente Gábor bizonyára észrevette az odaláthatóság eleve lehetetlen voltát (ami a Google Earth-ről szemre is becsülhető), mégis kiszámolja az AB ívet pontosan. De a részleteket (két koszinusz-tétel, Pitagorasz-tétel és a hozzájuk tartozó szakaszok a szinusz és koszinusz függvények segítségével) nem követi numerikusan. Főleges is volna, mert a számításláncolatok összeszerelésekor számos egyszerűsítés kínál-

kozik, és végül marad egy meglehetősen egyszerű formula:

az AB főkörív δ középponti szögére:

$$\cos \delta = \cos \varphi_A \cos \varphi_B \cos (\lambda_A - \lambda_B) + \sin \varphi_A \sin \varphi_B \quad (*)$$

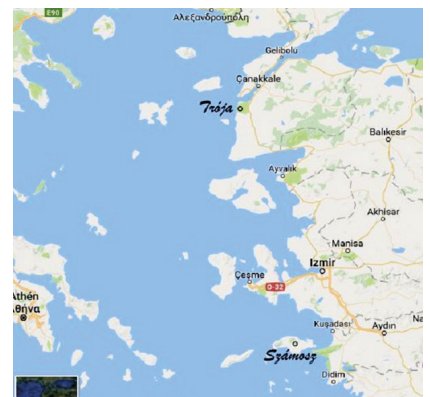
 AB ív hossza $r\delta$

Ráadásul így a kapott formula általános. Az a számos összevonás Számosz szigetétől független (bocs.), és persze Trójától is. Már

érthető, hogy a szerző a két pont jelölésére miért nem a T és S betűt használta.

Most jön ugyanis az igazi nyomozás! Hátha van egy másik lehetséges tethely? És akkor a számításra ismét szükség lesz, jól jön a formula!

A krimik végét egy olvasónaplóban nem illik elárulni. Legfeljebb annyit, hogy ott van a mellékelt térkép-kivágaton.



8. ábra

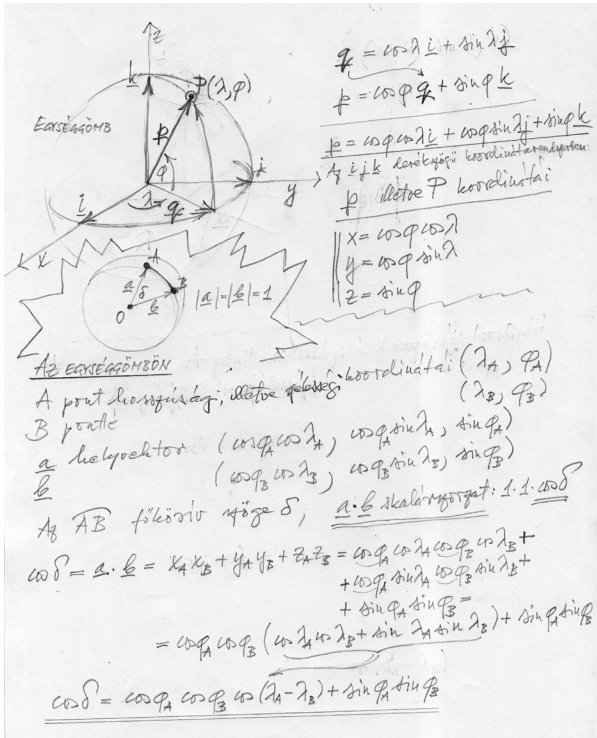
Nyilván ezért írta meg ezt a kis esszét Lente Gábor, ami tulajdonképp irodalmi adaléknak is tekinthető. Végkövetkezése akár lábjegyzet is lehet az Iliászban.

A vektorok ereje

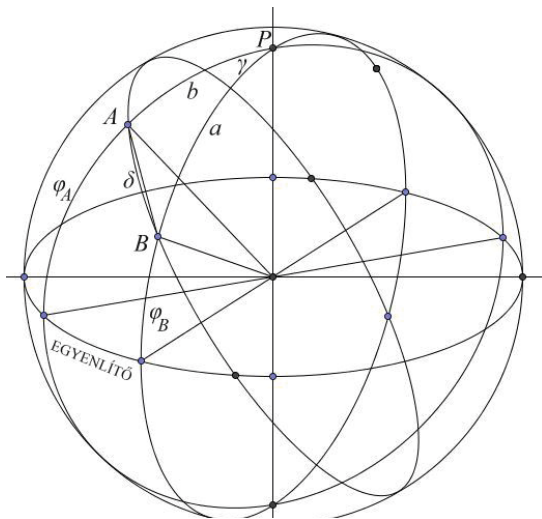
De miért írtam én ezt a bejegyzést öregkori olvasónaplómba?

Talán, hogy újra eljátszhasak a matematikus örömeivel. Valahogy így építettem volna be egy órámba. Játszhattam az új technikákkal is, irigylem őket a maiaktól.

Viszont a Berzsenyi Gimnázium pecmat tagozatán már használtuk új technikaként a vektoralgebrát. A Hajós tanszék kisugárzása volt. Azóta az alaptantervb



9. ábra



10. ábra

is bekerült. Az autamatafegyvere a skalárszorzat.

Az \vec{a} és \vec{b} vektorok skalárszorzata:

$\vec{a} \cdot \vec{b} = |\vec{a}| |\vec{b}| \cos \delta$,
 ahol δ a két vektor szöge.

Értékét megadja, a vektorok derékszögű koordinátáinak lineáris kombinációja is:

$\vec{a} \cdot \vec{b} = x_a x_b + y_a y_b + z_a z_b$

A Föld két pontjának koordinátáit ismerve, a skalárszorzatból közvetlenül

megkapjuk a δ -t. Nem kell semmi térszemlélet, oldalán fekvő gúla, geometriai megfontolások, darabolás, koszinusz-tételek... (A skalárszorzat persze közel áll a koszinusz tételhez.)

Technikai részletkérdés, hogy a földrajzi koordinátákból hogyan következnek a helyvektor derékszögű koordinátái. Az egyszerűbb írást a föld sugarát egységnek választom.

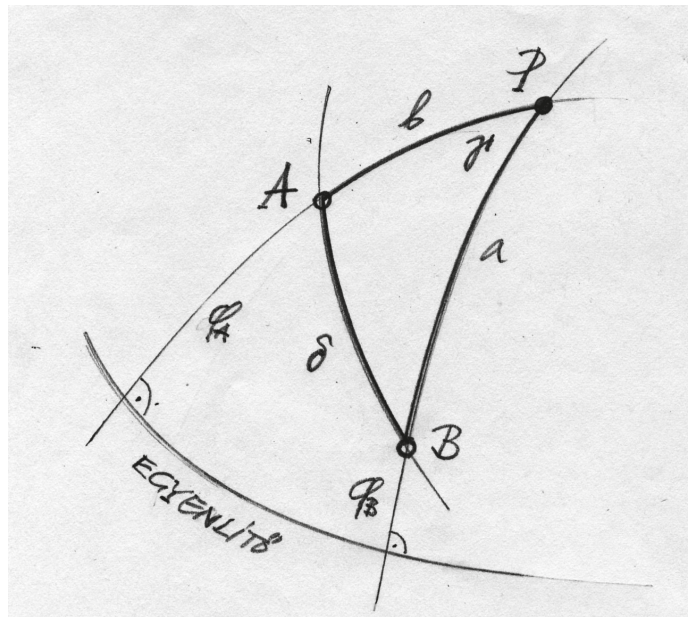
A vázlatom ismét rendetlen. A koordináta-kérdés tisztázása foglalja el rajta a legnagyobb helyet, mert ezzel eddigi életemben még nem kerültem szembe. Igyekeztem vek-

Geometria a gömbön

Egy jó esszé továbbírja magát olvasóiban egyéniségük szerint szólítva meg őket. Bennem az egykori tanárt, Nyerges Gyulában a csillagászt. Az égbolton vagy a Föld felszínén lehet használni a gömbi (szférikus) geometriát, amelyben az egyenesek szerepét a főkörök töltik be, a szakaszok ezek ívei, egységnyinek tekintett sugár esetében tehát szögek radiánban mérve. Egyes tételek hasonlítanak a síkgeometriából ismertekhez. Ezért Nyerges Gyula az AB ív fölé a glóbusz északi pólusával, P -vel egy gömbháromszöget épített (10–11. ábra), és ebben felírta a gömbháromszögtani koszinusz tételt $AB = \delta$ -ra:

$\cos \delta = \cos a \cos b + \sin a \sin b \cos \gamma$

Rápillantásra is hasonlít szerkezetileg a Poseidon-problémában kapott formulára (*), alaposabban megnézve kiderül, hogy azonos vele. Az A , illetve B pontoknak az Egyenlítőtől mért szélességi koordinátái: φ_A illetve φ_B és a Pólustól mért távolságai b ., illetve a póluszok, a szögfüggvények pedig átcserelehetők a póluszok pólusfüggvényére (a sinus cosinusra és viszont). A gömbháromszög γ szöge pedig, amit a és b oldaluk, azaz ívük fog közre, a két főkör, azaz hosszúsági kör eltérése $\lambda_A - \lambda_B$.



11. ábra

toros stílusban megoldani. Tulajdonképp ezt vázoltam magamnak, aztán a lapon maradt annyi hely, hogy a többi is odafért. Kis dekorációval közre is adható (9. ábra). Egykor a „táblakép” is így alakult ki.

Megjelent a könyvben olvasható formula! Valahogy így próbálnám feldolgozni Lente Gábor szellemes írását a diákokkal, ha visszafiatalodhatnék matektanárrá. Bizonyára sikere lenne. (Befejezem, a tévé ma este az *Ilyenek voltunk* filmet adja.)

2017. május 29.

HERCZEG JÁNOS

LANDY-GYEBNÁR MÓNICA

Érdekes légköri jelenségek a sarkvidékeken

Második rész

A sarkvidékek utazóit, lakosságát az első ott töltött időtől fogva megigézték a színes égi tűnemények. Az őslakosság legendái, mítoszai mesélnek az ember és az égi jelenségek kapcsolatáról, a hajósok, felfedezők pedig igyekeztek tudományos szempontból is tanulmányozni, megfigyelni, szakszerű leírásokkal említeni e tűneményeket. E leírások, megfigyelések jelentősen hozzájárultak mai tudásunkhoz is!

Sarki fények – mindennapos jelenség extrákkal

A sarki fény nem volt ismeretlen jelenség a sarkkörtől távolabb élők számára sem, erről számtalan történelmi forrás tanúskodik. A sarkvidékek felfedezői számára a több hónapos éjszakában nemcsak örömet jelentettek, hanem sokszor lehetőséget kínáltak arra, hogy a hullámzó fényfüggöny adta világosságban valamit lássanak is a szabadban. Arról sokáig nem volt ismeretünk, hogy mi a sarki fény; csak akkor kezdtünk valamit megérteni a természetéből, amikor az elektromos eszközök használata elterjedően volt. Az 1850-es években születtek az első elméletek arról, hogy a sarki fény és a Föld mágneses terének háborgása követi a napciklusokat. Az első olyan esemény, aminek során a sarki fényt és az elektromos berendezések működését össze lehetett kötni logikailag, az 1859-es Carrington-esemény volt. A történelmi nagyságú napkitöréseket óriási területről észlelhető sarki fények követték – például Kuba és Hawaii lakói is láthattak sarki fényt. Ekkor már elég sokfelé voltak kiépített táviróvezetékek, s a távirások megdöbbenve tapasztalták, hogy szikráznak a berendezések az irodákban, az akkumulátor eltávolítása után is lehetett üzenetet küldeni, több kezelőt megrázott a táviró berendezés valamely eleme. Sok vezetéken egyáltalán nem lehetett adni hosszú órákon át – ahol ez éjszakára esett, azt tapasztalták, hogy a sarkifény-aktivitással

párhuzamos az esemény. Volt, ahol bizonyos irányba menő táviróvezetékken lehetett adni, míg egy másik irányon nem. Ezek a hibák a vezetékekben a Föld mágneses terének háborgásai nyomán keletkező indukált áramnak köszönhetőek. Ma már jól ismert és a gazdasági jelentősége miatt alaposan kutatott dologról van szó.

A sarkkutatók közül sokan végeztek mágneses méréseket is, hogy az út során tapasztalt eltéréseket feljegyezve a későbbi utazók iránytű alapján való tájékozódását megkönnyítsék. Ezek a megfigyelések a napi rutin részeként folytak, s emiatt sokan észre is vették, hogy a sarki fények megjelenésekor a mágneses mérések eredményeiben is zavar látható. Az 1820-as években a rendkívül precíz *William Parry* még nem tapasztalt a mágneses műszereiben semmi különösét sarki fények idején: „*A deklinációs iránytűnk – amely igen kifinomult műszer volt és a legkisebb zavarást is azonnal jelezte – semmilyen jelét nem mutatta annak, hogy befolyásolná a sarki fény, holott hónapokon át óránként, a kelténél sokkal gyakrabban ellenőriztük az állását.*”. Valószínűleg mégsem volt még eléggé kifinomult a műszerük, vagy talán épp a módszerük. A XVIII. század közepén fedezték fel, hogy a sarki fények idején apró eltérések mutatkoznak a mágneses deklinációban – ehhez miniatűr iránytűt használtak, amelyet mikroszkóp alatt figyeltek. Elképzelhető, hogy a hajósok által használt deklinációs tűk nem voltak olyan könnyen leolvashatóak, vagy a hajókon lévő egyéb berendezések, tárgyak zavarták. Később a sarkkutatók a mágneses méréseiket a hajótól vagy a lakhelyül szolgáló építmény-

től távolabb, jégkunyhóban helyezték el, hogy kiküszöböljenek mindenféle zavaró hatást, amit a fém tárgyak vagy a közeli mozgás okozott. *Julius von Payer* északi expedícióján már pontosabb összefüggéseket látott az iránytű mozgása és a sarki fények közt: „*Nagyon változó volt, hogy miként hatnak [a sarki fények] az iránytűre. A Tegethoff expedíciója során végig háromféle műszerrel (mágneses teodolit, deklinációs iránytű, inklinációs iránytű) folytattunk mágneses méréseket, és amikor erős sarki fényt láttunk, egyszerűen lehetetlen volt a deklinációt meghatározni. A következőket biztosan állíthatjuk a megfigyeléseink alapján: (1) A mágneses háborgás mind mértékében mind gyakoriságában igen jelentős volt. (2) Erős összefüggést láttunk a háborgás és a sarki fény megjelenése közt, minél szeszélyesebb és gyorsabb volt a fények mozgása, s minél*



Edward A. Wilson rajza a déli sarki fényről a Scott-féle Discovery expedíció telelőhelyén, előtérben a Discoveryvel, a jelenlegi McMurdo Állomás helyszínén

erősebb színekben mutatkoztak meg, annál nagyobb volt a mágneses háborgás is. A nyugalomban lévő sarkifény-ívek nem, vagy alig okoztak az iránytűben kitéréseket. (3) A háborgások idején a deklinációs tű kelet felé tért ki, és a horizontális kitérés csökkent, ha az inklináció erősödött.” (*Julius von Payer*)

A legérdekesebb felfedezést *Douglas Mawson* ausztrálzásiai antarktiszi expedíciója jegyezte. Ők voltak az elsők, akik a sarkvidéken rádiótávírókat üzemeltettek (VLF tartományban, 100 kHz frekvenciás adással), az expedíció három telephelyén is (Macquarie-sziget, Commonwealth-öböl és Shackleton-jégnyelv) létesítettek árbócokra szerelt rádióantennát és kiépítették a működéséhez szükséges generátort is. A Macquarie-szigeten létesített bázis rádiója átvíró-közvetítő állomásként szolgált az anyaország felé. Bár a legnagyobb nehézséget pont Mawson csapata és a fő bázisként létesült Adelie-föld – Commonwealth-öböl irtalmatlanul szeles helyszíne szenvedte el, mivel az antennákat tartó póznákat a folyamatosan viharos, gyakran orkán erejű szélben sokad-szori nekifutásra sikerült csak felállítani, hogy azután a következő szélvihar ismét ledöntse... Amint azonban stabilan üzemelni kezdett a rádiótávírójuk, kiderült, hogy a sarki fények befolyásolják a rádióhullámok terjedését. Mivel nem volt egyszerű a kommunikáció, s a hosszuhullámú sugárzást számos légköri esemény befolyásolta, feljegyeztek minden „zavartatást”. A leadott jelek gyengülését, akadózását észlelték, amikor sarki fény volt, s ilyenkor számos esetben nem tudtak sem

ha, amikor különösen jók voltak a viszonyok, olyan távoli adókat is fogott a távírás, mint Wellington vagy Melbourne, illetve számos, ausztrál és új-zélandi vizeken járó hajó adását is vette. Ma már tudjuk, hogy a rádióhullámok az ionoszféráról visszaverődve terjedhetnek igen nagy távolságokba (ahová az adók helyzete alapján nem tudnánk). A Macquarie-szigeten telepített rádió egy alkalommal a Fidzsin lévő Suva rádiójával is tudott üzenetet váltani – a távolság kb. 4400 km! Habár a hosszú hullámok terjedését kevésbé akadályozza a terep, Mawson állomásait jó eséllyel csak az ionoszféra segítsége engedte kommunikálni – a Commonwealth-öböl és a Macquarie-sziget közt is kb. 1600 km a távolság. Az ionoszféra működésében jelentős változások állnak be a napkitörések



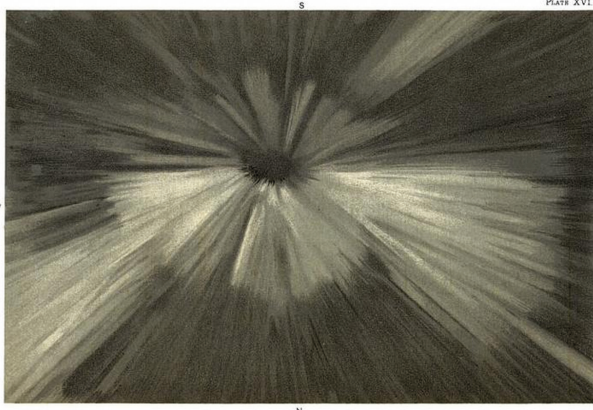
Mawson antarktiszi expedíciójának „rádió-átjáró” állomása a Macquarie-szigeten volt, a sarki fényekkel összefüggő magaslégtörési zavarok megkeserítették a rádiótávírók életét

utáni geomágneses viharok (és a velük együtt jelentkező sarki fények) idején, így tehát a sarki fények alatt megszűnő rádióadások ennek „köszönhetőek”. Néha, amikor különösen aktív sarkifény-tevékenység volt, akár egy hetet is kellett várni, hogy működjön a rádió.

De mi van a nappal és az éjszaka közti különbségekkel? Az ionoszférát hagyományosan négy rétegre osztjuk, ezek közül éjjel csak kettő aktív, míg nappal mind a négy észlelhető. A nappali megvilágítású légkörben a Nap sugárzása hatására kialakul a D (60–90 km magasságban) réteg. Ennél magasabban található az E, az F1 és az F2 réteg. Éjszaka, amikor nincs napsugárzás, a D szinte teljesen eltűnik, az F1 és az F2 összeolvad (250–500 km), míg az E réteg (90–150 km) viszont nagyjából változatlan marad. A nagy távolságú rádióadásban az E réteg ad segítséget, nappal viszont a D rétegen áthaladó rádióhullámok jelentősen

gyengülnek, így nappal nem jut oly messzire az adás. Általánosságban elmondható, hogy azon helyszíneken, ahol egyszerre van éjszaka, s így mindkét helyen hasonló állapotban van az ionoszféra, jobban tudnak rádiózni egymással. Amikor a napkitörés nagyenergiás részecskéi elérik a légkört, a D réteget is erősebben ionizálják, ezért, ha éjszaka van sarki fény, akkor jelen van a D réteg is, s a rádióadások hatótávolsága ekképp csökken. Mawson megfigyelései és a belőlük levont következtetések tehát tökéletesen leírták azt, amit ma már minden rádióamatőr ismer.

Ne csak a száraz tényeket nézzük azonban, hanem a sarki utazók szemét, élményeit kölcsönvéve magukat a sarki fényeket is! „Gyönyörűek a fények, de mi ez a fura ragyogás? Olyan világos van, mintha nappal volna, bár a tél közepén járunk, de árnyékok nincsenek, a Hold nem lehet tehát. Ez azon ritka alkalmak egyike, amikor igazán intenzív a sarki fény. A Természet legragyogóbb ruhájában üdvözöl minket: tiszta, szélszélű idő van, vibrálnak fenn a csillagok, tökéletes csend uralja a tájat. De mi ez? Egy tűznyaláb lövell át az égen, majd újra, azután ívet formálva zöld és vörös sugarakkal ragyog. Egy pillanatra megáll, mintha azon gondolkodna, merre menjen tovább, majd ismét hullámszerűen ragyog.” (Amundsen, Antarktiszi, 1911. június 23.) „Az északi fény megrázza az égboltozat ezüstös fátylát, zöld, sárga majd vörös színeket ölt, kiterjed, majd összehúzódik, nyughatatlan változásokban él, aztán hullámokat vet sok rétegű, összehajtott seelyemként, efelől ragyogó sugarak lövellnek, aztán hirtelen elhal a látvány. Majd lángnyelveket nyújtogat a zenit felé, azután a horizontról ismét sugarak lövellnek fel – a látvány addig tart, míg a holdfény el nem nyeli az ég sötétjét, mintha csak egy távozó lélek sóhaja volna. Egy ideig csupán



Fridtjof Nansen északi útján, 1894. decemberében született rajza a sarki fény koronáról – az auróra leglátványosabb megjelenési formájáról

adni, sem fogadni. Mawson úgy vélte, a sarki fény egyértelműen akadályozza a rádióhullámok terjedését. Azt is megfigyelte, hogy eltérő a nappali és az éjszakai időszakban az adás minősége (vagy inkább az, hogy egyáltalán működött-e a rádió), a nappali időszakok során gyakorlatilag lehetetlen volt a kommunikáció, így a távírásuk leginkább csak éjszakánként tudott dolgozni. Éjszaka voltak olyan órák, amikor remek volt a vétel, a legtöbb üzenetet ebben az időszakban tudták váltani. Né-

gyenge fényoszlop látszik itt-ott, mintha az auróra fátyolköntösének pora lebegne, de azután újra kezdődik a szűnni nem akaró játék. De mit ér mindez a látvány szemtanú nélkül?” (Nansen, Északi-sarkvidék, 1893. szeptember 26.) „Mindezek felett az égen a sarki fény függőnye: hullám hullám hátán, redő a redőben. Amint figyeled, eltűnik, de hirtelen hatalmas sugarak zúdulnak a zenit felé, halványzöld és narancs ívek, lángoló arany oszlopokkal. Ismét elhalványul, de nemsoká ragyogó reflektor-sugarakkal világítja az eget az Erebus füstölő krátere mögül.” (Apsley Cherry-Garrard, Antarktisz, Cape Evans, 1911. június 22.) „Déli irányban a dombok mögül felbukkant ragyogó fénytömegben az auróra. A fény oldalirányú mozgása és időről időre felerősödő intenzitása is megkapó volt. Nagyjából a horizont negyedét foglalta el a jelenség, bár a terep, úgy tűnik, a magassága nagy részét kitakarta előlünk. De az így is egyértelmű volt, hogy a sarki fény fátyolként takarta az eget, s a csillagokat elhalványította a fénye.” (William Parry, kanadai sarkvidék vizei, 1825. február 23.)

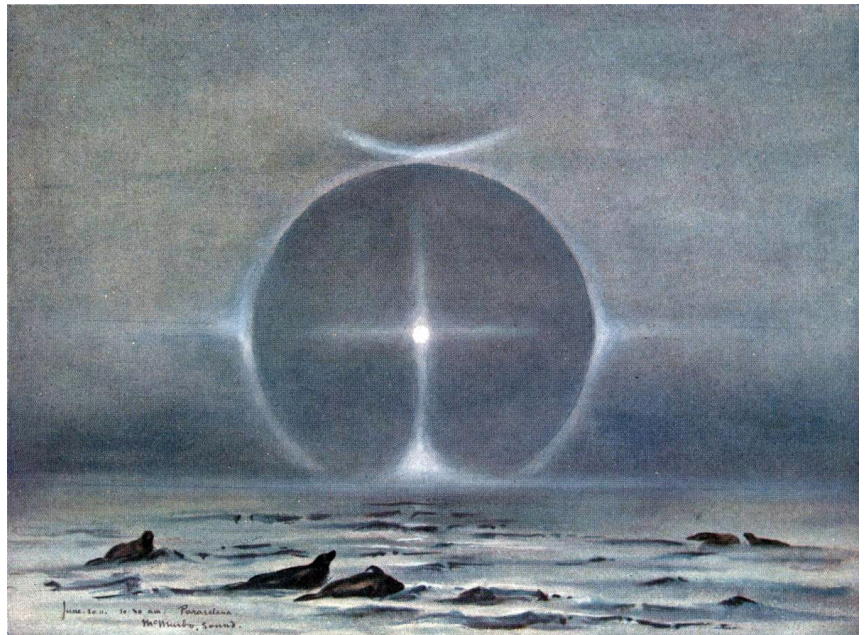
Jégkristályok földön-égen – a halojelenségek

Hazánkban halojelenségeket a fátyolfelhők miniatűr jégkristályainak fénytöréseként láthatunk, de télen, nagy hideg esetén a talajközeli levegőben lebegnek a kristályok s ezeken is létrejöhet halo. A sarkvidékeken a nagy hideg viszont ez utóbbi kialakulási formának kedvez. Ahhoz, hogy a levegő páratartalma képes legyen kifagyni, -15 °C-nál hidegebb szükséges (ha a levegőben extra szennyezőanyag, pl. korom is jelen van, akkor kicsit kevésbé hidegben is beindulhat a fagyás), illetve szükséges a pára jelenléte. Alpesi síterepeken viszonylag gyakran jön így létre halójelenség. Ehhez a hideg adott, a hóagyúk pedig a kondenzációs magvakat adják a kifagyáshoz. A lakatlan sarkvidékek levegője tiszta, így ott önmagában a nagy hidegnek kell biztosítania a fagyást. A talajközeli, lebegő mikroszkopikus jégkristályokat gyémántpornak hívjuk, a szípkázó, színes csillámlásuk miatt. Kialakulásuk a párában gazdag és hideg levegőnek köszönhető, így a hirtelen felbukkanása jelezhet hirtelen lehűlést, vagy épp a páratartalom növekedését is.

Ahhoz, hogy a halo létrejöjjön, még fényforrás is kell, aminek a fénye megtörik. Ez lehet a Nap, a Hold, vagy mesterséges fényforrás is (nagy fényerejű lámpa, pl. a finn halokutatók hosszú évek óta járnak telente Lappföldre reflektorok segítségével létrehozni és tanulmányozni a jelenségeket). A jégkristályok prizma-

ként viselkednek, s alakjuktól és a fény-sugár beesési irányától függő tüneményeket alakítanak ki. Legközönségesebb a népnyelvben holddudvarként ismert 22 fokos halo – nappal gyakoribb, ám mivel a Nap felé kell nézni a megpillantásához, nehezebb észrevenni, mint a sápadt Hold körüli éjszakai testvérét. Ez a halo a fényforrástól 22 fokos sugarú körben látszik, néha csak fehéres-sárgás, de az intenzívebb megjelenési formája prizmatikus színeket mutat. Számos esetben jóval bonyolultabb jelenségek jönnek létre, sokféle ívből és gyűrűből állók, tökéletesebb alakú kristályokon, ezeket pedig pont a sarkvidékek klímája képes leginkább megteremteni. Szinte nem lehet olyan sarki expedíciók útleírását találni, ahol ne szerepelne valamilyen halojelenség! A sarkokon kívüli régiókban (is) a fátyol-

olyan, igen ritkán megjelenő haloelemet is feltárt, amit később Parryról neveztek el. Néhány nappal korábban hasonlóan látványos, de kevésbé összetett halot láttak: „Habár az időjárás tiszta és kellemes volt, a levegő teli volt miniatűr jégűtkkel, amelyek csillogtak a napfényben. Ilyet ragyogó, napos időben korábban nem láttunk, de amikor homályos, párás idő volt, és az ég is alig látszott, majdnem folyamatosan tapasztaltuk a lebegő jégűtk lerakódását a légkörből.” A gyémántpor jelenségének Parry általi visszafogott leírása nem érzékelteti eléggé a látvány szépségét. Aki volt már olyan szerencsés helyzetben, hogy átélhetett ilyen jelenséget, leginkább a látvány pszichedelikus voltárol számolt be. Milliányi, szabad szemmel szinte láthatatlan méretű jégkristály veszi körbe az em-



Edward Wilson pasztellképe 1911. június 10-én készült az antarktiszzi McMurdo-öbölben. A látványos holdhalo rajza olyannyira precíz, hogy a képen lévő csillagok is az aktuális helyzetüknek megfelelően láthatók

felhőkön megjelenő halok általában időjárás-változáshoz kötődő folyamatok eredményei, így a hajósok, felfedezők jól ismerték a jelenséget, bár kevesen adtak részletes leírásokat a látottakról. A sarkvidékeken a lebegő gyémántpor jégkristályai nem jeleztek időjárás-változást, azonban a szignifikáns, látványos jelenségekről az utazók mégis megemlékeztek. Aki átélt már ilyen tüneményt, az ezen egy cseppet sem csodálkozik! William Parry a Melville-sziget közelében előző ősszel jégbe fagyott hajóin 1820. április 9-én volt részese egy ilyen jelenségnek, s le is rajzolta a látottakat (a részletes leírás mellé). A jelenség méltán vált a világ egyik leghíresebb haloészlelésévé, ugyanis egy

bert, s ahogy szinte súlytalanul lebegnek, minden pillanatban színes csillanások sokasága érkezik az ember retinájára. „Január 9-én délelőtt kelet felé egy ködfalat vettünk észre, ez igen gyorsan közeledett felénk, és alig negyed óra múltán már benne is voltunk. A levegőt miniatűr jégkristályok milliói töltötték meg, de az égboltot vagy a Nap fényét nem homályosították el, s e kristályokon számtalan fényív alakult ki. Először kelet felé pillantottunk meg egy színes ívet, de pillanatok múlva már az egész égbolt ívekkel és gyűrűkkel volt teli. Eleinte úgy tűnt, hogy az ívek összevissza mutatkoznak az égen, de rövid idő múlva egymáshoz csatlakozva szimmetrikus mintázatot alakítottak ki. A Napot körbevette

egy halógyűrű, ennek az alsó részét egy domború ív törte meg, s kétoldalt további ívek látszottak. Egy hatalmas fénykör járta körbe a zenit, keresztezte a halógyűrűt s magát a Napot is. Két további ívpárat is láttunk mindkét gyűrű belsejében. Az ég tejetét körbefutó gyűrű és a benne lévő ívek kivételével (amelyek szürkésfehéren ragyogtak az ég kékjében) minden haloelem prizmatikus színekkel izzott. A jelenség akkor tűnt el, amikor a jégkristályokból álló köd.” (Douglas Mawson, Antarktisz)

Néhány esetben a halojelenség akkor is lehetett időjósító, ha nem a felhőzet jégkristályain alakult ki. A hideg sarkvidéki levegőben a hulló hó is állhat olyan miniatűr jégkristályokból, amelyek a gyémántporral megegyező tulajdonságúak, s így kialakulhatnak rajtuk az optikai tünemények némelyike. A Tegethoff utasai az Északi-sarkvidéken, Mawsonék pedig az Antarktiszon pusztán tapasztalati úton összekötötték a horizont közelében látható melléknapokat a közeledő hófúvással. Nem véletlenül, hi-

átélni. Amint azt Parry is leírta, a légkörből kiülepítő jégűtők a felszínre lerakódnak. Ilyen esetekben, ha a fényforrás (Nap, Hold, lámpa) közel van a horizonthoz, akkor a lerakódott jégkristályok a felszínen is látható halojelenséget okozhatnak. Nansen 1893 novemberében figyelt meg hasonlót: „Az elmúlt napok során többször láttunk fénygyűrűket, íveket és mellékhaldákat a Hold körül, mégpedig igen különös látvány kíséretében. Amikor a Hold olyan alacsonyan járt, hogy a halógyűrű metszette a horizontot, a felszínen is egy fénylő régió látszott a metszéspontok közelében, s a Hold alatt hasonló ragyogás volt. Ezek a felszíni területek halvány szivárványszíneket mutattak, a holdhoz közelebbi sárga volt a legélénkebb szín, ez átment vörösbe, majd végül kékes árnyalatba – az égen látható mellékhaldak színei ugyanilyenek voltak.” Nansen, bár Parryval ellentétben nem törekedett a hasonló jelenségek precíz leírására, mégis sikeresen rögzítette, hogy milyen egy sík felszínen lerakódott jég-

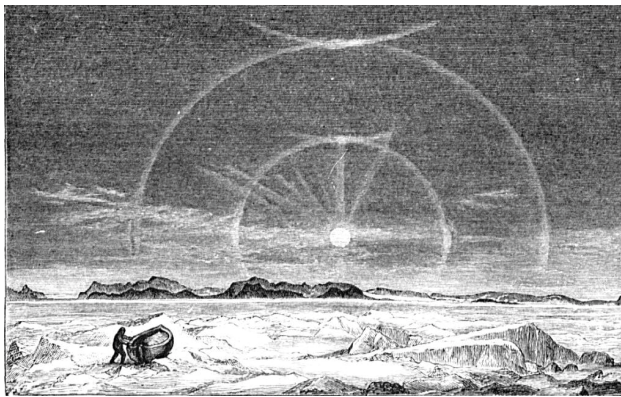
kristályokból kialakult felszíni halojelenség. Mivel a lerakódott kristályok már nem mozognak, kevesebb jelenségelem tűnhet fel, mint az égbolton a fényforráshoz képest különböző szögben lebegő kristályok esetében, de ez a jelenség nem ritkaság itthon sem. Elég hozzá kora reggel egy sík terep, ahol deres a fű, persze sokkal jobb a sík jég- vagy hófelület a rárakódott, levegőből kiülepítő jégűtőkkel. A deres fű szabálytalan kristályain legfeljebb

beazonosítani, s a forma geometriai elemzésével meghatározni a kristályokon belül a megtett fényút és a létrejövő fénytörés módját. Matematikai modellek segítségével a meglévő kristályformákból addig még nem látott haloelemek kialakulását is megjósolták.

Mivel már régóta ismert, hogy a jégkristályok formavilága függ a keletkezési körülményektől, ezért a kristályokból a meteorológiai helyzetre is vissza lehet következtetni. Az elmúlt évtizedekben az Antarktiszon rengeteg, a finnek módszeréhez hasonlóan begyűjtött jégkristály fotóját készítették el, több kutatási szezon ideje alatt.

Amióta a fényképezés hétköznapivá vált, számtalan fotón mutatták be a sarkvidékek halojelenségeit. Korábban művészi vénájú kutatók rajzokon, pasztelképeken, vázlatokon örökítették meg a látottakat. Avagy egyszerűen csak leírták: „Nagyszerű melléknapok alakultak ki a jégkristályokon. A Nap körül 22 fokos halo (ez a Naptól 22 fokos sugarú körben látszik), négy melléknap szivárványszínekkel, majd kívül még egy nagy haloív szintén szivárványszínekkel. A Nap felett két másik körív talákozott, érintve a haloikat, továbbá részletekben halványan kivehető volt egy, az égen teljesen körbefutó ív is. A Nap alatt egy kupola alakú fehér ragyogás látszott, amiben egy nagy méretű, színes melléknap ült – ugyanolyan káprázatos volt, mint maga a Nap.” (Apsley Cherry-Garrard, 1911. november 16. Antarktisz)

Habár a halojelenségeket ismerték az utazók, felfedezők, csak ritkán használták az egyes jelenségelemek neveit megfelelően. Persze, a mérsékelt égöv viszonylag szerény átlagos jelenségszállatjából kiindulva több olyan elemmel is találkozhattak a sarkok környékén, amikkel korábban soha, így tapasztalat híján valószínűleg nem is ismerték a megfelelő szakkifejezéseket. Emiatt gyakran az érintő íveket is melléknapként aposztrofálták – érthetően, hisz az igazán ragyogó színes és fényes érintő ív 90 fokkal elfordított melléknapnak tűnik. Általánosságban elmondható, hogy amikor csak a 22 fokos halo vagy a 46 fokra elhelyezkedő oldalív látszottak, akkor halógyűrűnek hívták a látottakat, ha pedig megjelentek a melléknapok és az érintő ívek, akkor mind a négyre a melléknap kifejezést használták. Azok a ritka haloelemek, amiket a mérsékelt övben csak a körülmények szerencsés összjátéka hatására pillanthat meg a megfigyelő (évente egy-két alkalommal), nyilvánvalóan ismeretlenek voltak, így a nevüket sem tudhatta az illető sarkkutató. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy számos haloelem megjelenése kötődik a fényforrás horizont feletti magasságához, valamint a kialakulásban résztvevő jégkristály-típusokhoz, így az egyes elemek pontos megne-



Julius von Payer a magyar-osztrák északi expedíció vezetője az útról született könyvében rengeteg megfigyelt halojelenségről ír. A képen egy a Novaja Zemlja partjai közelében észlelt naphalo látható

szén amikor a szél a távolban a felszínről fel-felkapta a porhó kristálykáit, s ezeken kialakulhatott – legtöbbször esetben – melléknap. Ez jól jelezte, hogy szeles idő közeleg, s a havas felszínen ez hófúvást is jelentett. „Gyakran esett a hó, s takart be körülöttünk mindent. Melléknapokat is többször láttunk, s elmondható, hogy ezek általában a közeledő hófúvás jelei voltak.” (Julius von Payer, 1873. szeptember, a Novaja Zemlja közelében) „Késő délután igen látványos melléknapokat figyelhattunk meg - közeledő hófúvás előjelei voltak ... hajnal 2-kor aztán fel is támadt a szél és hamarosan viharossá erősödött, meghozva a hófúvást. Már 2-3 méterről sem látszottak a sátraink.” (Mawson, 1912. április 4-5., Antarktisz)

Az interneten található számos jó minőségű videófelvétel képes megmutatni valamit ebből a csodából, de az igazi élőben

a 22 fokos halo felszíni változatát vehetjük észre, de egy befagyott tó jegére rakódott kristályokon már láthatunk felszíni melléknapot, vagy további íveket is. Legkönnyebben úgy láthatjuk meg a felszíni halót, ha figyelve a csillogó jégűtöket lassan sétálunk, ekkor az ívet formáló egyedi kristályok csillanása „követ” minket, s agyunkban összeáll a mintázat. A sarkvidéken jóval erősebb és szembetűnőbb a jelenség a tökéletesebbre fagyott jégkristályok miatt.

A korábban említett finn halókatutatók a megfigyelésekkel egyidejűleg a lebegő jégkristályokból mintát is gyűjtöttek, mégpedig üveglapokra kent speciális gyantában. A kiülepítő kristály nyoma a megszilárduló gyantában marad, s e nyomokat mikroszkóp alatt lehet vizsgálni. Így sikerült már számos, ritka haloelem esetében a kialakuláshoz szükséges kristályformákat



A sarkvidéki hidegben gyakori gyémántpor (lebegő jégkristályok) létrehozta látványos halojelenség a Déli-sarkon (Forrás: NOAA)

vezéséhez ismerni kell a két említett körülményt. Sokszor csak az évtizedeken át végzett megfigyelések vértetik fel a légkör-optikust olyan ismeret- és tapasztalatmeggel, hogy rögtön rá tudja vágni a jelenségre a megfelelő nevet.

A sarkvidékek optikai jelenségeinek tárgya közel kimeríthetetlen. A témát csak megközelíteni lehet, de befejezni vagy részleteiben tárgyalni igen hosszadalmas lenne. Végigolvasva a korabeli útinaplókat, izgalmas világba csöppenhetünk akkor is, ha nem az optikai jelenségeket keressük, hiszen bepillanthatunk a sarkkutatás hőskorának sikereibe és kudarciba. Embertelen körülmények közt emberfeletti erőfeszítéssel végrehajtott tudományos programok, pontosan és rendszeresen elvégzett mérések leírásai mellett találkozunk a bajtársiasság, és sok esetben a hősiesség önfeláldozás példáival, de mindezek mellett számtalan nagyon emberi és vidám pillanatnak is részese lehet. A legfontosabb tanulságuk ezeknek a történeteknek az, hogy az emberi kíváncsiság és tudásvágy végtelen erejű, s az, hogy a sikertelenség nem egyenlő az eredménytelenséggel.

Ha rádiót hallgatunk, jusson eszünkbe az antarktisi hóviharban hónapokon át minden éjjel a táviró mellett ülő és az éter zajait figyelő távirász, aki a hőszemcsék sűrűlódása keltette elektromos zörejek-től sercegő rádióján próbálta meghallani a távoli állomások morzejeleit. ○

Irodalom

Harold Gatty - Finding Your Way Without Map or Compass
The Three Voyages of William Barents to the Arctic Regions <https://archive.org/details/threevoyageswi100bekegoog>
Keith C. Heidom PhD, meteorológus írásai <http://www.islandnet.com/~see/weather/history/armirge.htm>
Lehn, W. H. and Schroeder, I. I. - Polar Mirages as Aids to Norse Navigation (Polar Research, 49 (2), pp. 173-187) <https://home.cc.umanitoba.ca/~lehn/Papers.htm>

William Scoresby - An Account of the Arctic Regions
William Beatty - What causes the strange glow known as St. Elmo's Fire? <https://www.scientificamerican.com/article/quotwhat-causes-the-stran/>
W.H. Lehn - I.I. Schroeder - Polar mirages as aids to Norse navigation https://epic.awi.de/28107/1/Polarforsch1979_2_5.pdf
vander Werf SY, Können GP, Lehn WH, Steenhuisen F, Davidson WP. - Gerrit de Veer's true and perfect description of the Novaya Zemlya effect, 24-27 January 1597. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12570257>
Konungs skuggsjá (angol fordításban) <http://www.mediumaevum.com/75years/mirror/index.html>
Alfred Wegener feljegyzései <http://www.environmentandsociety.org/exhibitions/wegener-diaries/original-document>
Did the Titanic Sink Because of an Optical Illusion? <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/did-the-titanic-sink-because-of-an-optical-illusion-102040309/>
Tim Maltin & Andrew T. Young - The hidden

cause of the Titanic disaster <https://timmaltin.com/tag/mirage/>
Historical Resources on Polar Research http://www.lib.noaa.gov/collections/ipy_2.html
Korabeli fotók, feljegyzések a Tunguz-esemény égi hatásairól és az ezt követő kutatásokról (oroszul) <http://rubikonriver.narod.ru/chkl.htm>
Michael Schirber - Last Shuttle Flight Made Clouds Over Antarctica <http://www.space.com/1277-shuttle-flight-clouds-antarctica.html>
Stephen Battersby - Space shuttle exhaust hints comet caused Tunguska blast <https://www.newscientist.com/article/dn17375-space-shuttle-exhaust-hints-comet-caused-tunguska-blast/>
Anne Ju - A mystery solved: Space shuttle shows 1908 Tunguska explosion was caused by comet <http://www.news.cornell.edu/stories/2009/06/researchers-connect-shuttle-plume-1908-explosion>
D.H. Boteler - The super storms of August/September 1859 and their effects on the telegraph system <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0273117706000214>
Az ionoszféráról <http://solar-center.stanford.edu/SID/activities/ionosphere.html>
Australian Antarctic Division - Communications 1911-1985 <http://www.antarctica.gov.au/about-antarctica/history/communications/telecommunications>
Von P. Walden, Stephen G. Warren, Elizabeth Tuttle - Atmospheric Ice Crystals over the Antarctic Plateau in Winter [http://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1520-0450\(2003\)042%3C1391%3AAICOTA%3E2.0.CO%3B2](http://journals.ametsoc.org/doi/full/10.1175/1520-0450(2003)042%3C1391%3AAICOTA%3E2.0.CO%3B2)
William Parry - Journal of a Voyage for the Discovery of the Northwest Passage
Apsley Cherry-Garrard - The Worst Journey in the World
Roald Amundsen - The South Pole: An Account of the Norwegian Antarctic Expedition in the Fram, 1910-1912
Dr. Fridtjof Nansen - Farthest North
Douglas Mawson - Home of the Blizzard
Sir John Ross - Narrative of a Second Voyage in Search of the North-West Passage
Julius von Payer - New Lands Within the Arctic Circle
Henrik Mohn - Meteorology, Roald Amundsen's Antarctic Expedition Scientific Results
Robert F. Scott - The Voyage of the 'Discovery'
Francis Leopold McClintock - The Voyage of the 'Fox' in the Arctic Seas: A Narrative of the discovery of the fate of Sir John Franklin and his companions
Ernest Shackleton - South!
Ernest Shackleton - The Heart of the Antarctic
Frank Hurley - Argonauts of the South
Robert E. Peary - The North Pole

Miért tűntek el a grönlandi vikingek?

A vikingek a középkori klímaoptimum idején, Kr. u. 1000 környékén telepedtek le Grönlandon, de még valamennyire a kis jégkorszak későbbi beköszönte után is folytatták a kolónia bővítését. Amikor 1721-ben Hans Egede misszionárius Grönlandra hajózott, hogy felkeresse az ott élő viking telepeseket és protestáns hitre térítse őket, az európaiak már vagy 200 éve semmit sem hallottak felőlük. Amikor azonban odaérve az ott élő eszkimó vadászoktól érdeklődött az északi népről, ők válaszként csak egy kőtemplom omladozó falait mutatták, amelyek egy 500 évig fennálló kolónia utolsó maradványai voltak. „Mi lehetett a sorsa ennyi emberi lénynek, akik oly sokáig éltek a civilizáltabb világtól elvágvá?” – jegyezte fel Egede. „Egy óslakos invázió miatt haltak ki, vagy a barátságtalan időjárásnak és a terméketlen föld miatt veszték oda?” Az archeológusok a mai napig ugyanezen tűnődnek; a sarkvidéki történelemnek nincs még egy ilyen rejtélyes időszaka, mint e viking telepek eltűnése a XV. század táján. Az eddigi elméletek a kolóniák bukásának okaként a kalóztámadásoktól a pestisjárványokig mindent számításba vettek, mégis a legtöbb történész szerint a viking telepések saját magukat sodorták a kihalás szélére azzal, hogy nem tudtak kellően alkalmazkodni a változó klímához és a helyi környezet sajátosságaihoz. Az elmúlt évtized észak-atlanti ásatásai azonban arra készítették a kutatókat, hogy vizsgálják felül eddig elfogadott álláspontjukat.



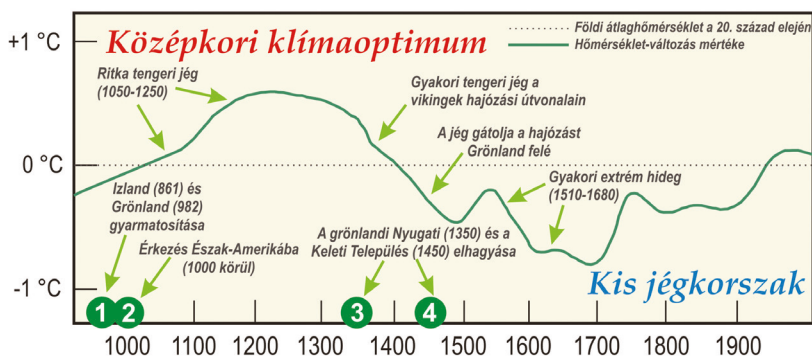
A legjobb állapotban fennmaradt viking kori templom romjai az egykori Keleti Település közelében (Curt Roslund felvétele)

A közelmúltban egy nemzetközi szervezet, a North Atlantic Biocultural Organization (NABO) pontosította és frissítette a korábbi adatokat az ősi telepek elhelyezkedéséről, illetve a régi tájkepről és éteindről. Az új adatok szerint a grönlandi vikingek inkább a kereskedelemre helyezték a nagyobb hangsúlyt, fő portékájuk pedig az afrikai elefántcsontot

a piacokon kiváló igen értékes rozmaryagyr lehetett. Az is kiderült, hogy az eddigi elképzelésekkel ellentétben gyakran fogyasztottak tengeri eredetű élelmet, mely ráadásul a legelőkről származó növényi és állati élelemnél is fontosabb volt számukra. Kétségtelen, hogy az éghajlat számos megpróbáltatásnak tette ki a kolóniát, de egy élelemhiánytól szenvedő, mezőgazdasággal foglalkozó társadalom helyett sokkal inkább egy munkaerőhiánnyal küszködő vadásztársadalomról lehetett szó, mely érzékenyebben reagált a tengeri katasztrófákra és a társadalmi zavargásokra, mint azt eddig gondolták. „Az új történet szerint alkalmazkodtak, de valahogy mégis elbuktak” – emelte ki George Hambrecht, a University of Maryland archeológusa, a NABO egyik tagja. De lássuk az előzményeket.

1976-ban egy fiatal kutató, Thomas McGovern érkezett Grönland déli partjaihoz, hogy elkezdhesse doktori munkáját archeológiából, amikor már meghatározták a viking történelem fő idővonalát. Mivel a IX. században a hajózási technológiában bekövetkező fejlődés már lehetőséget adott a skandináv vikingek-

A középkori éghajlat-ingadozások és a vikingek terjeszkedésének összefüggései (Készítette: Farkas Alexandra)





Grönland a rozmáragyarak fő forrása volt, amiből különböző luxustárgyakat faragtak, mint például a híres lewisi sakkfigurákat a XII. században (*Science* (DOI: 10.1126/science.aal0363);

© National Museums Scotland)

nek az Észak- és Közép-Európában való portyázásra, mindez utat nyitott a nyugatra történő hajózáshoz is. Ha hihetünk az izlandi sagáknak, Vörös Erik is számos hajót vezetett Grönland partjaihoz Kr. u. 985 tájékán, és az ott létrehozott két település lakossága a 3000 főt is elérte. A nyugati parton lévő település azonban a szénizotópos kormeghatározások alapján 1350-re elhagyottá vált, majd ezt követően 1450-re a sziget déli részén fekvő Keleti Település is elnéptelenedett.

Az 1980-as években McGovern és mások által gyűjtött adatok is azt sugallták, hogy a kolóniák halálra voltak ítélve „a vikingek konzervatív felfogása miatt, dacára az ingadozó természeti forrásoknak”. Ő és mások is azt gondolták, hogy a grönlandi viking telepesek földművesnek tartották magukat. Mindezt még a XIII. századi norvég királyi saga, a Konungs skuggsjá, azaz a régi északi nyelven „Király tükre” is megerősíti, (némi túlzással) dicsőítve Grönland alkalmasságát a gazdálkodásra. A régészeti leletek arra utalnak, hogy még a kisebb farmokon is tartottak egy-két tehenet. „A grönlandi viking identitáshoz nincs közelebb álló tevékenység a mezőgazdálkodásnál.” – írta 2000-ben William Fitzhugh, a washingtoni Smithsonian Intézet archeológusa. Ezt a nézetet népszerűsíti Jared Diamond 2005-ben megjelent „Összeomlás” című könyve is: A grönlandi vikingek az izlandi telepesekhez hasonlóan károsították környezetüket a földműveléssel és fakitermeléssel, ami talajerózióhoz vezetett. Diamond emellett azt is állította, hogy a grönlandiak nem sajátították el a sarkvi-

déken használatos vadásztechnikákat, miközben a főkavadász és bálnahúsevő eszkimók ugyanabban a környezetben sikerrel alkalmazkodtak a zord viszonyokhoz. Ugyanakkor – ezzel némileg ellentmondva – Diamond azt is említette, hogy a szeméthalmokból származó csontok 60–80%-a főkéntől származik.

Évekig ez volt tehát az uralkodó nézet, azonban McGovern és mások a 80-as években találtak arra utaló jeleket is, hogy a vikingek mégsem hagyták teljesen figyelmen kívül Grönland egyedülálló ökológiáját. Írásos források például arról számoltak be, hogy a vikingek rendszeresen hajóztak akár 1500 km-t is megtéve a rozmarok vándorlási helyéig, a nyugat-grönlandi Disko-öbölbe. Az ott elejtett állatok értékes agyarával fizették meg például a norvég királynak és a katolikus egyháznak járó adókat is, valamint a vasért és a fáért is ezt adták cserébe. Mindezek ellenére McGovern kitarított az akkori közvélekedés mellett, mely szerint a vikingek központi tevékenysége a gazdálkodás volt, és rozmárvadászatokra csak „különös mellékcelekvésként” tekintett. Három évtizeddel később egy mai eszkimó farm, Tasilikuloq térségében McGovern diákjai és mások is számos rozmáragyarból készült tárgyat és egyéb arccsonti maradványokat találtak, melyek szintén alátámasztják, hogy az akkori lakosok vadásztak a Disko-öbölbeli expedíciók során. Egy reykjavíki NABO-ásatás során 900-ból származó, szakszerűen pre-

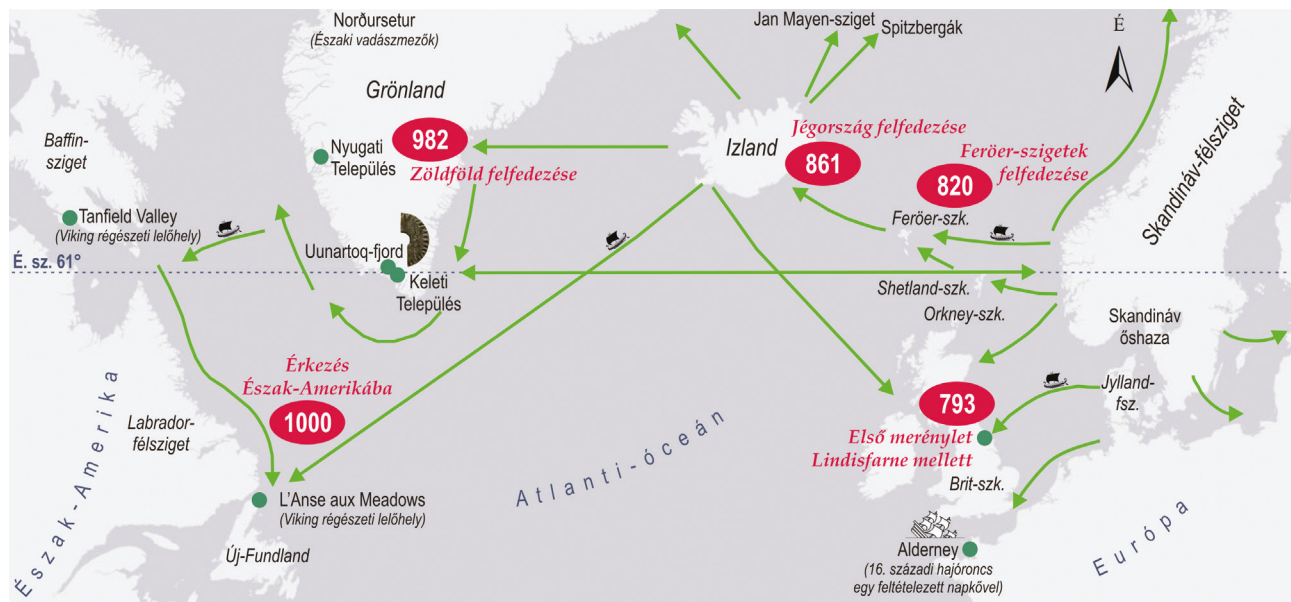
parált agyart is találtak, ami újfent arra enged következtetni, hogy az izlandi vikingek tapasztaltan bántak a rozmáragyarral. Egy 2015-ös NABO-tanulmány szerint mindebből az következik, hogy grönlandi társaik is hasonlóan tehettek. Ez a feltételezés szembemegy tehát azzal az általános vélekedéssel, hogy a vikingek az új, megművelhető földek reményében telepedtek le Izlandon és Grönlandon. Sokkal inkább úgy tűnik, hogy a rozmáragyar utáni vadászat hajtotta őket, mint azt a vikingek izlandi letelepedése utáni rozmárállomány erős megcsappanása is jelezte. A rozmáragyar a középkori Európában hatalmas értéket képviselt, melyet dísztárgyak és ruházat készítéséhez is felhasználtak. A Christian Keller által 2010-ben elemzett korabeli dézsma-szedési adatok alapján 802 kg-nyi grönlandi rozmáragyar nagyjából 780 tehénnel vagy 60 tonna szárított hallal ért fel.

Ráadásul úgy tűnik, hogy az eddigi elképzeléssel ellentétben a vikingek Grönland bőséges tengeri élelemforrásait is kiaknázták, amire 2012-ben NABO-kutatók találtak fontos bizonyítékot. Csontleletek elemzése alapján ugyanis kiderült, hogy a vikingek étrendje egyre több tengeri fehérjét tartalmazott, ahogy a település a XI. századtól a XV. századig fejlődött. A vizsgálat során azt vették alapul, hogy a tengeri állatok a szárazföldiektől eltérő arányban tartalmaznak szén- és nitrogénizotópot, mely lenyomat továbbadódik a velük táplálkozó népességre is.

Az új eredmények szerint a gazdálkodáshoz is jobban értettek, mint azt korábban Jared Diamond és mások is állították. Ian Simpson, a University of Stirling földrajztudósa ugyanis arra jutott, hogy a

Vörös Erik tanyájának romjai Grönlandon (Curt Roslund felvétele)





A viking felfedezőutak fő irányai (Készítette: Farkas Alexandra)

korábbi tanulmányok túlértékelték a vikingek talajerózióhoz való hozzájárulását. A pollen- és talajadatok elemzése során a kutatók arra utaló jeleket találtak, hogy a vikingek ügyesen gondozták legelőiket trágyázás és öntözőárkok segítségével, valamint a megművelt földeket is többször pihentették. McGovern szerint ezek a felfedezések teljesen átalakították a viking társadalomról alkotott képet: „Korábban úgy gondoltuk, hogy a viking telepések földművesek voltak, akik vadásztak, most már úgy tekintünk rájuk, mint vadászokra, akik földet is műveltek.”

Ez évszázadokig fenntartható életvitel volt, ám a XIII. században az éghajlat és a gazdaság is a viking telepések ellen fordult. A kis jégkorszaki lehűlés következtében a hajózási útvonalak ugyanis egyre délebbre tolódtak, ezzel megnövelve a megítélésüköz szükséges időt is. Az akkori gleccserek jégbe zárt sókoncentrációja azt is jelzi, hogy a XV. században a tengerek igen viharosak voltak. Ezek mind nagy veszélynek tették ki a nyílt tengeren a fókák és rozmarok vándorlási útvonalán vadászó vikingeket. A nomád eszkimók ezzel szemben nagyobb biztonságban lehettek, hiszen csak a fjordoknál élő fókákra vadásztak, és csak ritkán indultak nyíltvízi utakra. Emellett a piac átalakulása is a vikingek ellen volt. Az 1400-as években ugyanis orosz rozmar- és afrikai elefántagyar árasztotta el az európai piacot, így a grönlandira már alig volt igény.

Ahogy a tengeri forrásokra támaszkodva egyre nehezebbé vált a vikingek megéltetése, a kis jégkorszak egyre súlyosabbá válásával csökkent a tenyészidőszak

hossza és a terméshozam is. „A talajvíz-gátalok azonban kimutatták, hogy a telepések próbáltak alkalmazkodni: még gyakrabban és alaposabban trágyázták és öntözték legelőiket, ahogy a hőmérséklet csökkent.” – mondta Simpson. „Eddig abban a hitben éltünk, hogy tehetetlenek voltak a klímaingadozással szemben és tönkretették a tájat.” Ezzel szemben ezek az „igen jó menedzserek” aktívan alkalmazkodtak az egyre alacsonyabb hőmérsékletre, de végül minden igyekezetük ellenére elbuktak.

Ha a grönlandi telepések a rozmaragyorforrások kiaknázása miatt jöttek létre, akkor az ottani társadalom jóval hierarchikusabb felépítést igényelt, mint azt korábban gondolták – állítja Christian Koch Madsen, a koppenhágai Danish és Greenlandic National Museum régésze. Az ő munkája is ezt az elképzelést támogatja, rávilágítva a település elrendeződési mintázatában bekövetkező irányított változásokra, mely a klíma romlásával egy időben zajlott. Ezt a romló kereskedelem és a tengeri veszteségek csak fokozták. Madsen szénizotópos vizsgálat segítségével a grönlandi püspök székhelye környéki viking farmok romjaiból származó szerves maradványok korát is megállapította. Az eredmények szerint amint a kis jégkorszak első jelei 1250 táján megmutatkoztak, a félreeső gazdaságokat elhagyták, és néha a központi birtokhoz közelebb építették újra. Ahogy a hőmérséklet esett, a nagyobb farmgazdaságoknál továbbra is marhák és egyéb haszonállatok húsát fogyasztották, ezzel szemben a kisebb gazdaságokban áttértek a fókák és rénszarvashúsra. Ahhoz, hogy Grönland befolyásosabb rétege fenntarthesse ezt az

étrendet, fokozniuk kellett a munkaiényesebb szokásokat, mint például a téli takarmány elraktározása és menedék biztosítása a tehéneknek. Madsen szerint a nagyobb gazdaságok urasági földbérlemények létrehozásával tettek szert további munkaerőre, továbbá azt is gyanítja, hogy a társadalmi feszültség is egyre nőtt, ahogy az időjárás rosszabbra fordult. Egy átlagos viking földművesnek ugyanis egy időben több feladatot is teljesítenie kellett: ingáznia kellett gazdasága tavaszi és nyári igényei, valamint az éves közösségi rozmar- és fókavadászatok között. Az alsó társadalmi rétegek nélkülözése ráadásul az egész rendszeren átgyűrűzhetett. Mindezek pedig igen labilissá tették a nagyobb gazdaságokat. A kutatók azt feltételezik, hogy ezen okok végső soron a kolóniák elnéptelenedéséhez és a vikingek Európába történő visszavándorlásához vezetett.

A NABO kutatói remélik, hogy egy, a Nyugati Településnél végzett újabb ásatás még feltárhat újabb adatokat, akár a grönlandi vikingek és eszkimók kapcsolatáról is. Ironikus, hogy az új elképzelések felszínre törésével párhuzamosan a klímaváltozás újra fenyegeti a grönlandi viking telepeket – legalábbis azt, ami maradt belőlük. A szerves leletek ugyanis, melyek a fagyott talajban oly sokáig fennmaradtak, ma a növekvő hőmérséklet miatt felengedő talaj hatására bomlásnak indultak.

Összeállította: KRETZER BALÁZS

Irodalom

Eli Kintisch: Why did Greenland's Vikings disappear? Science, 2016. november 10.

A nap múlása

SCHILLER RÓBERT

...tévednek azok, akik szerint a matematikai tudományok
semmit sem mondanak a szépről vagy a jóról.
Arisztotelész

Staar Gyulának, régi barátsággal

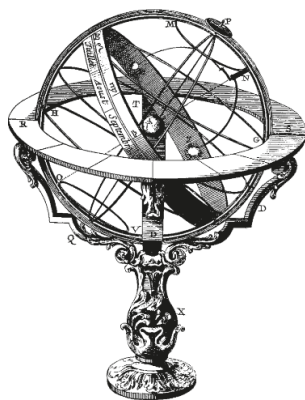
A vegyész is fölnéz néha az égre, és elcsodálkozik – bocsánatot kér azért. Néhány szó csak arról, hogy mindennapos tapasztalatunkban mit találunk különösnek. Mások bizonytalán régebről és jobban tudják, amiről beszélnek.

A csillagok járása az időben egyenletes. Kezdetől fogva a csillagokon mérjük az időt. Az évezredek tapasztalatnak mutató megállapítást már Arisztotelész megfogalmazta: „... az égbolt helyváltoztatása a mozgások mértéke, mert egyedül ez folytonos, egyenletes és örök ...”. Ez a helyváltoztatás egy gömb felszínén, körök mentén történik. Ezt írja: „... úgy tűnik, és fel is tételezzük, hogy a mindenség körben forog...” (persze, a Föld körül), mert „... a szilárd testek alakjai közül a gömb lesz az elsődleges...” Soha senki nem vonta kétségbe, hogy a Nap és az állócsillagok körpályán végzik látszó mozgásukat, és hogy ezt a pályát egyenletes sebességgel futják be. Így látjuk ezt mindannyian, nem kell ehhez az iskolában csillagászati földrajzot tanulnunk. Erre emlékeztet ez az ősi csillagászati eszköz is, az armilláris gömb.

Az egyetértés ebben a dologban évezredek. Épp csak nem ezt tapasztaljuk, ha felnézünk az égre. Úgy érezzük, hogy a delelő Nap igencsak lassan mozog. Akár csak a csillagok a zenit táján. Alig győzik jóvátenni ezt a késlekedést, amikor sietősen felkelnek, vagy gyorsan lemennek. Persze ősi idők óta tudjuk ezt is. Például a Naphoz szóló homéroszi himnuszban ezt találjuk: „Megfőkezve aranyjarmú szekerét s paripáit/egy kissé pihen ott, a nagy ég tetején, s azután megújra csodásan száll a nagy égen az Ókeanoszba.”

Ilyen a Nap az ég tetején, délben. Napnyugtakor annál inkább siet. Petőfi így látja *A puszta, télen* utolsó versszakában: „Mint kiűzött király országa széléről,/Visszapillant a nap a föld pereméről,/Visszanéz még egyszer/Mérges tekintettel,/S mire elér a szeme a tulsó határra,/Leesik fejéről véres koronája.”

Kosztolányi a csillagok nyugalmas késlekedését az éjszaka közepén, a zeniten így írja le a *Hajnali részegségben*: „[...] s a



Armilláris gömb

is keleten [...] egy arra ringó,/könyűcske hintó / mélyébe lebben/s tovább robog kacér mosollyal ebben./aztán amíg vad paripái futnak/a farsangosan-lángoló Tejutnak / arany konfetti-záporába sok száz/bazár között patkójuk fölsziporkáz.”

Nemes Nagy Agnes verse, az *Eknáton az égen* gyors napkeltétől déli nyugalomig követi a Nap útját. Reggel ezt látja: „Ott már a nap, jön gőzölögve,/oldalt hasít be a ködökbe./jön-jön a néma robogás,”, majd a nap közepén: „Mindig. Örökre. Dél.”

A költők, úgy látszik, két és félezer éve úgy tudják, az égen nem járnak egyenletes sebességgel a csillagok. De talán a festők se gondolják másképp. Nézzük például Turner éjszakai tájképét!



J.M.W Turner: Halászek a tengeren

csillagok/lélekző lelke csöndesen ragvog / a langyos őszi/éjjelbe, mely a hideget előzi,”. Aztán hajnal felé hirtelen meggyorsul a mozgásuk, mintha gyors lovakon sietve hazá igyekeznének: „Olyan sokáig/bámultam az égbolt gazdag csodáit, / hogy már pirkadt

A fák között mozdulatlanul áll a delelő Hold.

Csontváry naplementét ábrázoló képe az ellenkezőjét mutatja.

A Nap szinte lezuhan a város régi falai között. A két festő természetesen nem videózott.



Csontváry: Visszatekintő nap Trauban

Az egyik képen a nyugalom, a másikon a sebes mozgás csak a mi mindennapos emlékképeinket idézi fel a különböző napszakokról.

Kíséreljük meg feloldani ezt az ellentmondást arisztotelészi tudás és homéroszi szemlélet, tudományos mérés és művészi benyomás között! Hogyan van ez? Turner képén mintha azt látnánk, hogy a Hold az egyik fa tetejétől a másikig mozog, párhuzamosan a tenger színével. Más szóval, a zenit táján mozgó égitestnek mi a Föld felszínével párhuzamos vetületét érzékeljük, ennek a vetületnek a haladási sebességét azonosítjuk az égitestével.

Ennek az írásnak az első változatát néhány – személyesen ismert vagy személyében is-

Más valaki úgy gondolta, inkább az árnyékok hossza okozza az egyenetlenül múló idő érzetét. Való igaz, az árnyék hossza délben igen lassan, reggel és este nagyon gyorsan, napkeletkor, napnyugtakor elvben végtelen gyorsan változik.

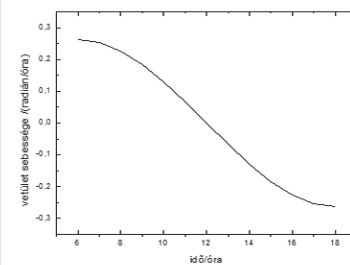
A számítás szerint $\omega/\cos^2(\omega t)$ a sebessége.

Bizonyára nincsen végleges igazság, ha egy szubjektív benyomást próbálunk meg geometriai módon megérteni. Délben az egyik, este a másik látszat csal meg minket, a csillagoknak nincsen árnyéka, a Napnak meg van... sok fajta tapasztalat vezethet ugyanahhoz az érzethez. Úgy látom, alapjaiban azonos vélemény vagyunk bírálómossal.

Rövid szóval tehát ennyit lehet mondanunk: A csillagász ősi idők óta a látszó pályákon mérhető szögekkel határozza meg az égitestek helyzetét, az állócsillagok szögeinek változását tekinti az idő mértékének. Mi többiek, akik nem mérjük, csak érzékeljük az égitestek járását, a pályáknak valamilyen vetülete szerint vesszük tudomásul a nap múlását.

Meg kell mondanom, első olvasóim nem igazán szerették ezt az egészet. Hogy a művészek csak úgy összekevergetik a mindenféle vetületeket meg árnyékokat a körmozgással. Bizonyára igazuk van a szabatos

Ha valakinek kedve van egy rövid matematikai megfontoláshoz, ennyiről van szó. Az állócsillagok állandó ω szögsebességgel mozognak, t idő alatt ωt hosszúságú körívet futnak be. Az ív vetületének a hosszúsága a vízszintes síkon $\cos(\omega t)$. Ez a hosszúság változik az idő előrehaladtával, a változás sebessége a hosszúság idő szerinti első deriváltjával egyenlő: $(d\cos(\omega t))/(dt) = -\omega \sin(\omega t)$. Ennek a függvénynek a képét rajzoltam fel. Napéjgyenlőségi napra gondoltam, a Nap reggel hatkor kel, este hatkor nyugszik, a szögsebesség $\omega = 2\pi/24$ (óra)⁻¹. A vetület hosszúságának változási sebessége hajnalban és alkonyatkor rendkívül nagy, déltájban igen kicsi, pontban délben zérus.



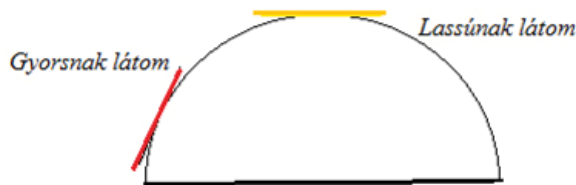
A körpálya függőleges vetülete $\sin(\omega t)$, ennek a sebessége egy negyed periódussal eltér a vízszintes vetületétől. Szemünk azonban a delelő égitest helyzetét a zenitől, a kelő-nyugvóét a horizonttól méri, ez pedig épp egy negyed periódusnyi különbségnek felel meg.

gondolkodás tiszteletében. De hát a költők már csak ilyenek. Nem is kell szó szerint venni azokat a lelkes metaforákat, amelyek a csillagok közt járó költőről, tudásban az égiekkel osztozó művészről szólnak. Most láttuk, a Föld lapos felszínén járnak ők is, akár csak mi mindannyian. ✕

Köszönettel tartozom Both Előd, Schiller Vera, Solt György, Staar Gyula megjegyzéséért.

Irodalom

- Arisztotelész: Az égbolt (ford. Lautner Péter), Akadémiai Kiadó, Budapest 2009
- Homérosz: Iliász, Odüsszeia, Homéroszi költemények (ford. Devecseri Gábor), Magyar Helikon, Budapest 1960
- Petőfi Sándor: Költeményei, Helikon Kiadó, é.n., h.n.(Békéscsaba, 1992)
- Kosztolányi Dezső: Összegyűjtött versei, Révai, Budapest 1943
- Nemes Nagy Ágnes: Összegyűjtött versei, Osiris-Századvég, Budapest 1995



Ezzel a rajzzal próbálom érzékeltetni, hogy mire gondolok. A Nap látszó pályája és a pálya érintői

meretlen – kollégám véleményezte. Egyikük szerint nem a horizont (vízszintes) síkjára, hanem az égitestek kelését-nyugvását mutató, függőleges irányra eső vetületet kellene tekinteni, ha a szubjektív költői benyomást értelmezni akarjuk. Amikor a Csontváry képre nézek, szívesen igazat adok neki. Nem változik ettől sokat a matematikai leírás.

A LEGIDŐSEBB GOMBAFOSSZÍLIA

A gombák általában néhány nappal a megjelenésük után nyom nélkül eltűnnek, így nagyon ritkán kerülnek elő az ősmaradvány-anyagban. Mintegy 115 millió évvel ezelőtt azonban, az ősi Gondwana szuperkontinens széttöredezése idején egy gomba sorsa jóval szerencsésebben alakult. A mai ÉK-Brazília területén belepottyant a



folyóba, és az elszállította egy túlsós vízü lagúnába, amelynek az aljára süllyedve betemetődött finom iszappal. Később a gomba szövetei helyén pirit (vas-szulfid) vált ki, ami aztán átalakult goethitté (vas-hidroxid). A híres Crato Formációban talált, Agaricales rendbe tartozó példány a *Gondwanagaricites magnificus* nevet kapta. Ez a jelenleg ismert legidősebb gombafossilia a világon és egyben az első gombamaradvány a Gondwana szuperkontinensről. Az elektronmikroszkópos vizsgálatok szerint az 5 cm magas példány kalapja alján lemezek voltak. Az eddigi legkorábbi ismert gombamaradvány 99 millió éves volt, és a DK-ázsiai borostyánkővekből került elő. Ez jóval valószínűbb fossilizációs mód egy gomba számára, hiszen a fákról közvetlenül a gombákra csepeghet a később borostyánkővé szilárduló gyanta.

(PLOS ONE, 2017. június)

MELYIK KIHALT KACSA TUDOTT REPÜLNI?

A röpképtelen madarak egy része jól ismert, mint például a struccok, az emuk, vagy a pingvinek. De mi a helyzet a kacsákkal? Az Anatidae családba tartozó

kacsák és a ludak egy része az evolúciós történetük során röpképtelenné vált. A kihalt fosszilis fajokról azonban nehéz megállapítani, hogy tudtak-e repülni. Egy új tanulmányban az alapján csoportosították a fajokat, hogy a csontváznak arányai mennyire térnek el egy repülő madár anatómiájától. A Kiotói Egyetem kutatója 103 ma élő kacsá- és libafaj 787 egyedének adatait mérte meg. Ezek alapján kifejlesztett egy matematikai modellt, ami a szárnyak és a lábak négy csontja alapján el tudja különíteni a repülni tudó és a röpképtelen fajokat. Az utóbbi fajoknak viszonylag kisebb szárnyai és nagyobb lábai voltak. A modellt sikeresen alkalmazták 16 kihalt fajra is, melyek közül 5 bizonyult röpképtelennek. A fosszilis röpképtelen kacsák a meglepően nagy diverzitást mutatnak, távoli szigeteket, vagy kontinentális peremeket foglaltak el, egyesek víz alatti búvárkodásra, mások legelésre specializálódtak, némelyek gigantikus méretűek voltak, míg mások szinte parányiak. A módszer nagy előnye, hogy egymástól elkülönült csontok esetében is működik, ami gyakran előfordul a fosszilis lelőhelyeknél. A kutatók reményei szerint a módszer más madarakra, például a harisokra is kiterjeszhető lesz.

(The Auk: Ornithological Advances, 2017. június)

GYÓGYÍTHATÓ-E AZ AIDS GÉN-MANIPULÁCIÓ SEGÍTSÉGÉVEL?

Elméletileg igen – hangzik a válasz –, gyakorlatilag azonban erre még éveket kell várni. Az egész világon különböző kutatócsoportok évek óta próbálják génmanipuláció segítségével felvenni a harcot az AIDS vírusával. Hagyományos gyógyszerekkel ugyanis az AIDS okozóját nem sikerült kiirtani az emberi szervezetből, mivel a vírus elrejtőzik a szervezet sejtjeiben általa létrehozott úgynevezett tárolókban.

A vírus elleni harc egyik lehetséges módja, hogy a sejten belül megsemmisítik annak génekét. Ez az úgynevezett CRISPR/Cas, géntechnikai eljárással lehetséges. Az eljárás során ártalmatlan vírusok segítségével olyan anyagokat juttatnak a sejtbe, amelyek felismerik a sejt vírusból eredő összetevőjét és azokat gyakorlatilag el tudják pusztítani. Ezzel a módszerrel sikerült a Philadelphiai Temple Egyetem és a Pittsburghi Egyetem kutatóinak fontos lépést előre tenniük az AIDS ellen. *Wenhui Hu* kutató vezetésével kimutatták, hogy az általuk alkalmazott CRISPR/Cas₉ eljárás HIV-fertőzött egereket szinte teljesen megszabadított a vírustól.

Ezen kívül sikerült a kutatóknak a kísérleti állatokba előzőleg beültetett humán T-limfocitákból HIV-vírusrészecskéket ki-

vágni. Magára a beültetésre azért volt szükséges, mert csak a humán limfociták voltak érzékenyek a HIV₁ humán variánsára. Az egereknél egyébként az úgynevezett EcoHIV-variáns alakult ki. A T-limfociták a fehérvérsejtek egy csoportja, amelyek az immunvédekezésben játszanak szerepet, s amelyekbe a HIV-vírusok beszivároghatnak.

Az erre a célra a Pittsburgh-i Egyetemen kifejlesztett különleges képalkotó eljárással ellenőrizhető, hogy ezzel a módszerrel a kívánt eredményt érték-e el: speciális, biolumineszcencia eljárás segítségével közvetlenül figyelemmel kísérhető, hogy hol találhatóak a HIV-víussal fertőzött sejtek, valamint hogyan szaporodnak a kórokozók.

A következő lépésben az emberszabásúakon tervezik tesztelni az eljárás sikerességét, hogy végül klinikai vizsgálatokat is végezhesenek embereken. Am az AIDS eltűnéséig, vagy legalább a betegség gyógyításáig még minden bizonnyal sok idő telik el. Jelenleg azonban kereken 35 millió embernek együtt kell élnie a kórokozóval.

(GEO, 2017. július)

TÁPLÁLKOZÁS, IMMUNRENDSZER ÉS PARODONTÓZIS KAPCSOLATA

A légzés és a táplálékfelvétel során a szájüregbe folyamatosan kerülnek testidegen anyagok, aminek következtében az immunrendszer gyakorlatilag állandóan azok távoltartására felszólító instrukciót kap. A legyengült immunrendszer nem tudja megállítani a baktériumok támadását, azok meglepednek a szájüregben, s elindulnak a parodontózt okozó gyulladásos folyamatok, melyek kezdetben sokáig észrevétlenek maradnak, mivel nem okoznak fájdalmat. Az első tünetek a tartós fogínyvérzés. A fogíny visszahúzódása csak a gyulladós folyamatok hosszú ideje történő fennállása esetén következnek be.

A legújabb vizsgálatok szerint a fehérjeenergiában szegény táplálkozás, valamint – ez már régóta ismert – a vitaminok hiánya erősen csökkenti az immunrendszer védekező erejét. Az immunrendszer érzékenyen reagál a fehérje hiányára. A táplálkozással bevitt fehérjék alkotóelemeikre, aminosavakra bomlanak le, melyek további felhasználás céljából a sejtekhez jutnak. Mivel az immunrendszernek különösen nagy a fehérjeforgalma (az úgynevezett immunmoduláló fehérjéké), ezért érinti érzékenyen bizonyos táplálékkal bevitt fehérjék hiánya. Következménye lehet a nyirokszövet elváltozása, csökkent védekezőképesség sejtszinten, a killer- és a falósejtek csökkent citotoxikus aktivitása,

valamint a gyulladást okozó anyagok, az úgynevezett citokinek elsősorban zsírsejtek által történő fokozott termelése.

A kutatások arra is rámutatnak, hogy a zsírszövet messze nem olyan inaktív, mint azt korábban sejtették. A fokozódó zsírlerakódással a zsírsejtek például interleukineket (IL-6) termelnek, melyeknek gyulladást okozó hatásuk van. A túlsúly, és ezáltal a testzsírarány fokozódása a fehérjeszegény táplálkozáshoz hasonlóan ugyancsak negatívan hat az immunrendszerre.

Túlsúlyos felnőtteken és gyerekeken végzett vizsgálatok kimutatták, hogy körülbelül 38%-nál a sejtek által közvetített immunválasz csökkent. Ez egyrészt az immunsejtek csökkent antibakteriális hatásában, valamint a limfociták normálistól eltérő növekedésében mutatkozott meg. A 60 év feletti túlsúlyos egyéneken ezen kívül a természetes killersejtek csökkent aktivitása volt kimutatható.

Mivel a fogtató szerkezet szempontjából döntő, hogy mennyire hatékonyan működik immunrendszerünk, a túlsúly, és a fehérjeszegény táplálkozás a fogínygyulladás kialakulásának és fennmaradásának rizikofaktoraként tekintendő.

(*Bio Blick*, 2017. 1. szám)

GYORSAN ELTERJEDTEK A VÍZILÓ-ŐSÖK

Az elmúlt kb. 7 millió évben a vízilovak az afrikai vizes élőhelyek egyik legfontosabb nagyvadai voltak, s meglehetősen hirtelen jelentek meg az élőhelyeken az őseletek alapján. Az úgynevezett „víziló esemény” során mind fajgazdagságban, mind létszámukban megugrott a mennyiségük, kb. 8,5 millió évvel ezelőtti fossziliáknak csak 6%-a víziló, míg 7,6 millió éve már több mint 30%-ot tett ki ez az állat.

Nagyjából 8 millió éve a változó klíma hatására új fűfélék terjedtek el Afrika-szerte, úgy gondolták, hogy a vízilovak terjedése ezzel függhet össze, azonban leletek hiányában nem volt eddig bizonyíték rá.

Egy etióp lelőhelyen, Chororában talált késő-miocén kori vízilófog-maradványokat vizsgáltak, s ennek köszönhetően tárultak fel a faj elterjedésére és evolúciójára vonatkozó, eddig korhiányos adatok. A vízilófossziliák sorában igen kevés lelet áll rendelkezésre a 9,5–7,5 millió évvel ezelőtti korszakból, az etiópiai leletek (javarészt fogak) ebbe az időszakba esnek, ráadásul jól elkülöníthetően különböző fajoktól erednek. A kutatók szerint a leletekhez egyértelműen köthető a vízilovak és a fűfélék terjedése közti összefüggés.

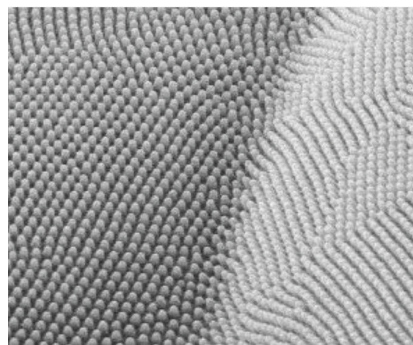
A chororai lelőhely legfontosabb maradványa a *Chororatherium roobii* nevet kapott, 8 millió éve élt faj. A fogzata részben hasonlít az ősi vízilovakéra, azonban hegyesebbek az őrlőfogak csúcsai és vastagabb fogzománya van, ez alapján vélik úgy a kutatók, hogy ez a faj már alkalmas volt a fűfélék fogyasztására is. A fajt az első modern típusú vízilónak tartják, súlya kb. a fele lehetett a mai vízilóénak és élete nagy részét a vízben töltötte. A kép persze még átalakulhat, ha újabb, teljesebb csontozatból álló leletek kerülnek elő, de egyelőre ez tűnik a legfontosabb epizódnak a víziló elterjedése történetében. A leletek alapján a vízilovaknál mintegy félmillió év alatt zajlott le Afrika meghódítása.

(*Journal of Vertebrate Paleontology* 2017. június 9.)

LEPKESZEMEK IHLETTE KÉPERNYŐBEVONAT

A modern elektronikai eszközök kijelzője, képernyője nagyon tükröződik, ezt mindenki tapasztalta, aki ilyesmit használ munkája vagy hétköznapi élete során. Egy floridai-tajvani kutatócsoportnak sikerült olyan bevonatot kifejlesztenie, amivel szinte teljesen tükröződésmentessé tehető a képernyő, ráadásul rugalmas anyagú és még öntisztító tulajdonságú is az így készült fólia.

A bevonatot szenderek (Sphingidae) ihlették: ezen éjjeli lepkék szeme a ragadozók elleni védekezés részeként fejlődött tükröződésmentessé, sok más éjjeli lepkével szemben az ő látószervük nem csillan fel, ha fény esik rá. A pille szeméit borító réteg kb. 200 nanométeres mé-



retű kúpokból áll, e kúpok és a közöttük lévő ugyanekkora rések az interferencia kioltó hatásának köszönhetően nem tükrözik vissza a beeső fényt.

A kifejlesztett bevonathoz e pillék szemének nanoszerkezetét vették mintául, több, mikroszkopikus rács egymásra építésével érték el, hogy a beeső fény a szerkezet résein keresztüljut, ám a destruktív

interferencia meggátolja a tükröződést. A kifejlesztett bevonat mindössze 0,23%-át veri vissza a fénynek, s a beeső fény irányától sem függ ez a tulajdonsága, és csupán 1,5%-kal rontja a képmínőséget. Az e bevonattal védett kijelzőn a képernyő fényének 95%-át átteresztí a speciális fólia, a veszteség észrevehetetlen az emberi szem számára.

A ma forgalomban lévő tükröződésmentesítő fóliák igen hamar tönkremennek szennyeződés hatására – a mostani találmányban ezt a fólia szerkezetét záró tapadásmentes réteggel meg tudták oldani. A bevonat tehát öntisztító hatású, a karcolódásnak is ellenáll, továbbá remekül hajlítható, így az érintőképernyők igénybevételeknek is tökéletesen megfelel. Előállítás egyszerű és olcsó, így talán hamarosan már találkozhatunk is vele az eszközeinken.

(*Optica*, 2017. június 20.)

A PÁLMAKAKADU ÚGY DOBOL, MINT RINGO STARR

Egy új tanulmány megállapította, hogy a pálmakakadu az ütögetésben az állatvilág Ringo Starrja. *Rob Heinsohn* professzor szerint az énekes madarak és a cetek zenei hangokat adnak ki, néhány faj ritmust ismer fel, a szégyenlős és ritkán látható pálmakakadu botokat felhasználva dobol. Az Ausztráliában őshonos, nagytestű, füstös-szürke papagáj botot készít a faágakból, lábával megragadja azokat, és a fatörzsekhez vagy a fa üregeihez ütögeti, amíg a nősténynek mutogatja magát. Az ütések majdnem tökéletes időzítéssel, hosszú sorozatokban követik egymást, akárcsak az emberi dobosoknál. A professzor szerint már régóta ismert a pálmakakadu dobolási képessége, de ez az első alkalom, hogy ezt filmre is tudták venni és elemezték is. A kutatás hét éve alatt rejtve és türelmesen követték a madarakat az esőerdőn keresztül a videokamerákkal. A 18 megfigyelt pálmakakadu mindegyike saját stílusban, jellegzetesen dobolt. Egyes hímek következetesen gyorsan ütögettek, mások lassan, míg megint mások szerették eleinte cifrázni. A távolabb lévő madarak az egyéni stílusról ismerhették fel egymást. A pálmakakadu dobolása az udvarlási szertartás része, közben hívó hangokat hallatnak és pózolnak is a nőstény meghódítására. A kutatás egy kiterjedtebb tanulmány része, melyet a York-félszigeten végeznek, ahol a madár szaporodási sikeresége alacsony, az ott folytatott bányászati tevékenység és az ebből adódó élettér csökkenés miatt.

(*sciencedaily.com*, 2017.06.28.)

Amiről a Linné-szobor mesél

ISÉPY ISTVÁN

A hálás utókor gyakran megemlékezik nagyjai születésének, halálának 50., 100. stb. évfordulójáról. A világhírű természettudósnak, a svéd *Carl von Linné*-nek (1707–1778) állított szép szobor látványa szülőfalujának szomszédságában, Älmhult városának főterén azonban arra indít, hogy ne várjunk hosszú éveket egy „kerek” évfordulóra! A Linné-szobor *Carl Eldh* (1873–1954) híres svéd művész alkotása. Ha nézzük a kezében virágot tartó, azt figyelő tudós tekintetét, joggal gondolhatunk arra, hogy a szobrász tökéletesen megértette Linné korszakalkotó kutatómunkájának lényegét.

Linné idejében, a XVIII. század elején már mintegy 8000 növényfajt tartott számon a tudomány. Szükségessé vált ezek bizonyos szempontok szerint való csoportosítása, rendszerezése. Linné úgy gondolta: „A rendszertan a botanikus számára Ariadné fonala, melynek hiányában a növények tudományában káosz uralkodik.” Ezért fordította legtöbb idejét arra, hogy jól áttekinthető, egységes rendszert alkosson. Szállóigévé vált a mondás: „Deus creavit, Linneus disposuit” – Isten teremt, Linné pedig rendszerez!

A gyermek Linné első éveiben magántanuló volt, az iskola kapuját 1717-ben lépte át először, majd 1727-től Lund, egy év múlva pedig már Uppsala egyetemének lett orvostanhallgatója.

1730-ban jelent meg első híres műve, a *De nuptiis et sexu plantarum* (A növények házasságairól és nemeiről), melyben először fejti ki részletesen, hogy a növények rendszerezésénél a virág szerkezetét, a porzók és termők számát, elhelyezkedését vette figyelembe.

A virág szerkezetére épülő rendszerének alapján ismerteti 1737-ben megjelent híres művében, a *Genera plantarum*-ban (A növények nemzetségeiben), majd valamivel később, 1753-ban születik meg mérőföldkönek tekinthető munkája, a *Species plantarum* (A növények fajai). Ennek igazi értéke, hogy itt adja meg az addig megismert növényfajok pontos tudományos le-



Carl Eldh 1946-ban készített bronzszobra a fiatal tudósról, ami Svédország déli részén, Linné szülőfaluja, Råshult közelében fekvő Älmhult központjában található (Kapitány Katalin felvétele)

írását. Ez a mű jelenleg is a Nemzetközi Botanikai Kódex (International Code of Botanical Nomenclature) kiindulási alapja, alfája. Kizárólag az ebben a műben, vagy ezután leírt növénynevek érvényesek a prioritás elvének érvényesülése mellett. Az a név az érvényes, ami 1753-ban vagy azután a legkorábban született.

A tudományos rendszerezést azonban meg kellett, hogy előzze egy alapvetően fontos lépés, a névadás! Ahogyan Linné hangoztatta: „Nevék ismerete nélkül nincs megismerés!” Rendet kellett teremteni az elnevezések kaotikus állapotában. A tudomány nyelve a latin volt, mondván, azt minden iskolázott ember megérti. A baj csak az volt, hogy a növény neve alatt ebben az időben a tudomány a növény szakszerű leírását értette. Ez lehetett akár 20–25 szó is!

Ezek a hosszú elnevezések („frázisok”, ahogy akkoriban nevezték) megjegyezhetetlenek voltak, s ráadásul a szomszéd országban egyáltalán nem biztos, hogy ugyanekkel a tulajdonságokkal jellemeztek névleírásukban ugyanazt a növényt. Linné érdeme, hogy kiharcolta a kettős név használatát: kötelezővé tette a „binominalis nomenklatura” alkalmazását.

Az új névadási szabály szerint például a tavaszi hérics neve *Adonis vernalis* L. A kettős latin név után következő betűk, rövidítések a növényt először tudományosan leíró botanikus nevét jelzik. Linnét egy betű, az „L” jelzi, mindenki más nevére legalább 2 vagy több betűből álló rövidítés utal. A kettős növénynévadás elfogadtatásában Linné segítségével volt, hogy akkoriban vált törvényszerűvé az alkotmányos monarchiákban, így Magyarországon is a lakosság számára a kettős elnevezés (család- és keresztnév) bevezetése. A linnéi kettős növény- és állatnevek esetében az első név a nagyobb kategória, a nemzetség neve, ezt nagybetűvel írjuk, a második az azon belüli, az alá tartozó fajnév. Ezt a sorrendet az emberekre vonatkozóan Európában egyedül Magyarország, pontosabban a magyar nyelv követi, például Kitaibel Pál és nem Pál Kitaibel.

Linné, a tudós, már diákkorától részt vett az egyetem oktatómunkájában is. Élményszámba menő, szakmailag kiemelkedő értékű tanulmányi kirándulásai miatt az egyetemi hallgatók körében óriási volt a népszerűsége. Linné kedvéért messze földről jöttek a diákok az Uppsalai Egyetemre.

Irigy tanártársai legszívesebben eltávolították volna az egyetemről. Ennek elkerülésére jóakarója, *O. Rudbeckius* javaslatára 1732-ben nekivágott lappföldi kutatóútjának. A viszontagságos, hosszú, főként gyalogosan megtett utazás – részben a sarkkörön túli területeken – sikeresen végződött. Megszületett a botanika új ágának, a florisztikai növényföldrajznak egyik első gyümölcse, a *Flora Lapponica* (1737), a Lappföld flórája. Hamarosan követte ezt egész Svédország flórájának és faunájának felkutatása: *Flora Suecica* (1747), *Fauna Suecica* (1747).



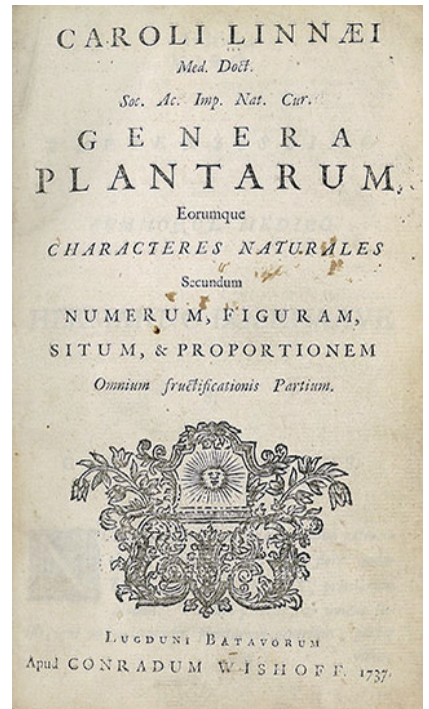
A *Praeludia sponsaliorum plantarum*-ot, ami a kétszikű növények szaporodását mutatja be, Linné 21 évesen, 1729-ben írta (Uppsala Egyetemi Könyvtár)

Linné számára 1740-től jönnek a megérdemelt sikeres évek. Addigra már világszerte ismert híresség, az addig sokat nélkülöző tudóst fényes anyagi ajánlatokkal hívják Spanyolországba, a Madridi Botanikus Kertbe, Párizsba, Szentpétervárra az egyetemre. Ő azonban hazájában, Svédországban akar tevékenykedni.

Linnét 1741-ben megválasztják a Svéd Tudományos Akadémia első elnö-

kévé. Az Uppsalai Egyetem tanára lesz, és még ugyanebben az évben rábízják a Botanikus Kert vezetését is.

A XVI. században az Európában születő egyetemek fontos létesítményei voltak a botanikus kertek, az orvostudományt szolgáló gyógynövényes kertek. A nagy földrajzi felfedezések, az egymást követő expedíciók nyomán a kertek növényanyaga jelentősen bővült, s



Linné a virág szerkezetére épülő rendszerét az 1737-ben megjelent *Genera plantarum* című művében ismertette

már nemcsak a gyógyításra használatos növényeket tartották itt, hanem helyet kaptak bennük a legkülönbözőbb trópusi növénykülönlegességek is.

Linné munkássága nyomán váltak a botanikus kertek a növényrendszertani kutatások fő központjaivá. Linné, a rendszertan tudományának atyja, a növényeket botanikus kertjében a rendszertani csoportosításnak megfelelően ültette, egy-egy ágyásba ugyanannak a családnak a képviselői kerültek. Azóta lett elvárás minden botanikus kertben a növények rendszertani csoportjainak a bemutatása.

Linné kertjében idővel a „fejlesztések”, átalakítások során felszámolták a rendszertani virágágyásokat, helyet adva más, divatos szempontoknak. A Svéd Linné Társaság ötletének, fáradozásának köszönhető, hogy 1917-ben Linné jegyzeteit, rajzait felhasználva rekonstruálták az eredeti rendszertani kertet mint első ilyet a világon.

Linné tanai Magyarországra is hamar eljutottak. Egyetemünk akkor születő Orvosi Karán a Növény- és Vegytan professzora, *Winterl Jakab* 1771-től, a tanszék megalakulásától Linné rendszerét tanította. A növények iránt érdeklődő nem szakemberek számára pedig magyar nyelven 1807-ben jelent meg *Diószegi Sámuel* és *Fazekas Mihály Fűvészkönyve* „Linné alkotmánya szerint”. ¶

Az Uppsalai Egyetem Botanikus Kertje, melyet Linné rajzai, leírásai alapján újírtottak fel 1917-ben



Az Astrolabe, a francia Beagle

BABINSZKI EDIT–KÖBÁNYAI PÉTER–GÁSPÁR ANITA

Az egyedülálló, különleges, régi földtani, természetrajzi témájú könyveket bemutató sorozatunknak ebben a részében a Jules Dumont d'Urville, francia hajós, felfedező 1837–40. közötti, csendes-óceáni expedíciójáról szóló könyvsorozat születésének történetét mutatjuk be. Hároméves hajóútja során kétszer is érintette Antarktisz partjait és számos természettudományos és néprajzi megfigyelést tett Ausztrália és Óceánia szigetein. A könyvsorozat szöveget tartalmazó 23 kötetéből 14, valamint mind a 7, nagyméretű képeket és térképeket tartalmazó, illusztrált atlasza megtalálható a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat Földtani Szakkönyvtárának gyűjteményében. Semsey Andor mecénás vásárolta meg hazánk legnagyobb földtani szakkönyvtára számára.

Jules Sébastien César Dumont d'Urville 1790. május 23-án született az alsó-normandiai Condé-sur-Noireau-ban. Csupán hatéves volt, amikor édesapja meghalt, ekkortól anyai nagybátyja, Croisilles apátja taníttatta. Gyermekkorában nagyon sokat olvasott, leginkább a nagy felfedezőutakról, expedíciókról szóló könyvek ragadták magukkal a képzeletét. Éppen ezért, amikor 17 éves korában nem sikerült a felvételi vizsgája az École Polytechnique egyetemre, úgy döntött, hogy belép a haditengerészethez. A francia flotta vállára azonban ekkortájt még az 1805-ös trafalgari csata veszteségei neheztek, ezért hosszabb tengeri utakra nem vállalkoztak. D'Urville 1812-ben, mint fiatal tiszt, Toulonba kérette magát, a Suffren fedélzetére, de ez a hajó sem futott ki a kikötő-

Gauttier Duparc kapitánysága alatt végzett vízrajzi felméréseket az Égei-tengeren. Amikor Milosz szigetének partjai mentén horgonyoztak, hírt vették egy nem sokkal korábban előkerült márványszobornak. D'Urville felismerte a két méter magas, Aphroditét ábrázoló szobor jelentőségét és rögtön meg akarta szerezni, de Duparc kapitány – helyhiány miatt – nem engedte a szobrot a hajóra szállítani. D'Urville ekkor sebtében elintézte, hogy de Rivière márki, a törökországi francia nagykövet megvásárolja. A szobor végül Franciaországba került és a kecses női szépség megtestesülésének tartott milői Vénusz (vagyis melózi Aphrodité) máig a Louvre tulajdona.

D'Urville első földkörüli útjára 1822. augusztus 11-én hajózott ki Toulon kikötőjéből Louis Isidore Duperrey kapitány La Coquille nevű hajóján. Az 1825 márciusáig tartó expedíció célja a franciáknak a napóleoni háborúk alatt, a Csendes-óceán térségében elvesztett pozícióik visszaszerzése volt. D'Urville az úton leginkább tudományos tevékenységet folytatott. Ekkor fedezte fel például az Adélie-pingvint, melyet feleségéről, Adèle Dorothee Pépinről nevezett el. D'Urville és a hajón utazó René-Primevère Lesson francia orvos, természetbúvár alaposan tanulmányozta a Falkland-szigetek, Chile és Peru partjai, a csendes-óceáni szigetvilág, valamint Új-Zéland, Új-Guinea, és Ausztrália élővilágát. Az expedíció hatalmas állat- és növénygyűjteménnyel tért haza: a több mint 3000 begyűjtött növényfajból 400 korábban ismeretlen volt, az 1100 rovarból pedig 300-at írtak le újként.

D'Urville hazatérte után alig két hónappal felkereste a haditengerészetet egy új expedíció tervével, amit el is fogadtak. 1826 áprilisában indult első, általa vezetett földkörüli útjára, az időközben Astrolabe-ra átkeresztelt La Coquille fedélzetén. Az Astrolabe a La Pérouse vezette, 1788-ban eltűnt expedíció egyik hajója volt, melynek nyomait

d'Urville ezen útja során akarta felkutatni. Meg is találták a hajóroncs maradványait a Salamon-szigetekhez tartozó Vanikorszigetnél. Ezen kívül részletes térképezéseket folytattak Dél-Ausztrália és Új-Zéland környékén, valamint a csendes-óceáni szigetvilágban. Az expedíció új, részletes térké-



Patagoniai indiánok

pek garmadájával tért vissza 1829-ben Franciaországba, valamint zoológiai, botanikai és geológiai képek és leírások sokaságával, melyek megalapozták a terület későbbi tudományos vizsgálatait. D'Urville ezen útja során alkotta meg és használta először a Malajzia, Mikronézia és Melanézia kifejezéseket, hogy elkülönítse ezen földrajzilag és etnikailag elkülönülő kultúrákat Polinéziától. Kutatásainak eredményeit 1830-tól kezdve adta közre nyomtatásban (*Voyage de l'Astrolabe*), összesen 13 kötetben.

Az Astrolabe hazatérte után d'Urville-t nem sokáig kötötte le a szárazföldi élet, vágyott vissza a tengerre, hön szeretett csendes-óceáni szigeteire. Az újabb expedíció tervét azonban I. Lajos Fülöp király csak némi módosítással fogadta el. Mivel Franciaország be akart szállni az antarktisz felfedezések versenyébe, ezért azt az utasítást adta, hogy szálljanak partra a Déli mágneses sark közelében, hogy megszerezzék azt Franciaországnak, illetve, ha ez nem lehetséges, akkor próbálják meg elérni az eddig meghódított legdélebbi szélességet (74°15'), melyet



A könyv kezdőlapja

többől. Ezért tovább képezte magát: ekkorra már beszélt latinul, görögül, angolul, németül, olaszul, oroszul, kínaiul és héberül, valamint tanult botanikát és rovartant is.

Első hosszabb hajóútjára 1819-ig kellett várnia. Ekkor a Chevette nevű hajóval,

James Weddell ért el 1823-ban. D'Urville nem örült a javaslatoknak, mivel cseppet sem érdekelték a sarkvidéki kutatások, de végül győzött az óceán hívó szava.

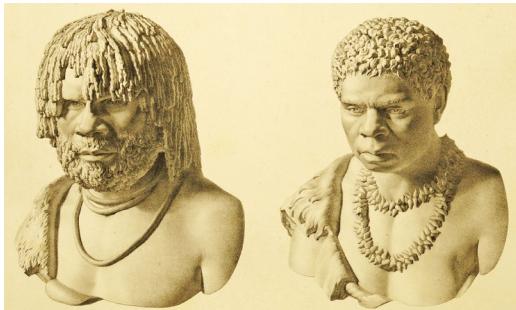
1837. szeptember 7-én indult útnak az expedíció d'Urville vezetésével, két hajóval: az Astrolabe-bal és a Zélée-vel, melynek kapitánya Charles Hector Jacquinot volt. Az expedíció további célja volt a Magellán-szoros környékének feltérképezése, a nyugat- ausztráliai új brit kolóniák működésének tanulmányozása, a bálnavadászati lehetőségek



Az Astrolabe a jég fogságában, 1838. február 6-án

felmérése Új-Zéland térségében, valamint helyszínt találni egy francia börtönszigetnek, fegyencolóniának.

Tenerife és Rio de Janeiro érintésével érkeztek a Magellán-szoros térségébe, november végén. D'Urville úgy vélte, elég idő áll a rendelkezésére és eltölthet három hetet a szo-



**Balra: Worraddey, Bruny szigetének vezetője
Jobbra: Trougarnanna, melanéz bennszülött**

ros tanulmányozásával, mielőtt ismét dél felé venné az irányt. Tervét Phillip Parker King, az 1826 és 1830 között, a Beagle-en hajó-



Északi közönséges kuzkusz

zó admirális precíz térképeire alapozta. Innen indultak tovább az Antarktisz felé, a mai Weddell-tengerre. 1838 január–februárjában folyamatosan próbáltak minél délebbre jutni, azonban a nagy mennyiségű jég megakadályozta, hogy elérjék a hön áhított célt. D'Urville kétségbe is vonta, hogy Weddell elérte a $74^{\circ}15'$ -es déli szélességet. Ráadásul hajói többször is a jég fogságába kerültek, amiket csak nagy munkával tudott kiszabadítani a legénység és az egészségügyi helyzet is egyre romlott a fedélzeten. Ezért február végén D'Urville feladta a tervet, és a chilei Talcahuano-ba hajózott, ahol egy ideiglenes kórházban kezeltették a skorbutos betegeket.

A „regenerálódás” után Valparaisóba hajóztak, majd onnan 1838. április 7-én indultak a csendes-óceáni szigetvilág felé. A Marqueses-szigetek után Tahiti, Fidzsi és Szamoa érintésével érték el a Salamon-szigeteket. Majd tovább hajóztak a mai Jakarta és Szingapúr felé, érintették Jáva, Borneó és Celebes mellett a Fülöp-szigetek néhány déli szigetét is.


1839. december 13-án érkeztek a tasmaniai Hobart kikötőjébe, ami ideiglenes bázisként szolgált az expedíció számára – innen szervezték meg a Déli mágneses sark megközelítését. Hobartba érkezve megtudták, hogy az Egyesült Államok expedíciója, Charles Wilkes vezetésével hasonló céllal hamarosan elindul Sydneyből az Antarktisz felé. Később látták is egymást az antarktisi partok mentén. Azonban a legénységet ekkorra erősen megtizedelték a trópusi betegségek, ezért d'Urville először csak egy hajóval akart indulni. Végül mégis sikerült legénységet toborozniuk egy korábbi francia bálnavadász-expedíció dezertőrjeiből, így mindkét

hajó elindulhatott az Antarktisz felé. 1840. január 1-jén hagyták el Hobart kikötőjét, és január 20-án látták meg az antarktisi partokat. Több kisebb szigeten, majd a feleségéről Adélie Land-nek elnevezett partszakaszon is partra tudtak szállni és kitűzni a francia trikólt. A part mentén nyugat felé hajóztak, köztmintákat gyűjtöttek és megpróbálták meghatározni a Déli mágneses sark pontos helyét. Elémi azonban nem tudták, mivel a hozzá vezető utat a jég elzárta, ezért visszafordultak északra. Február 1-jén indultak vissza Hobart felé, majd folytatták az utat Új-Zéland partjai mentén. Végül Timor, Réunion és Szent Ilona érintésével tértek vissza Franciaországba: 1840. november 6-án érkeztek Toulonba. Ez volt az utolsó francia, vitorlás hajókkal útnak induló expedíció.

Hazaérkezése után d'Urville-t a haditengerészet előléptette, és megkapta a Francia Földrajzi Társaság „*Grande Médaille d'Or des Explorations*” kitüntetését. Megkezdte a felfedezőútról szóló kiadvány írását, mely 1841 és 1855 között jelent meg 23 szöveges kötet és 7 nagyméretű képet és térképet tartalmazó, illusztrált atlasz formájában, *Voyage au pôle Sud et dans l'Océanie sur les corvettes l'Astrolabe et la Zélée 1837–1840*



A D'Urville feleségéről elnevezett Adélie-pingvin (jobbra) és a sárgaszemű pingvin (balra)

címmel. A hét, művészi kivitelű képet tartalmazó atlasz közül kettő „festői” képekből (*Atlas pittoresque*) áll és egyet-egy foglalnak el a nagyon aprólékosan, tudományos alaposággal kidolgozott antropológiai, geológiai, botanikai, zoológiai és vízrajzi képek. A kötetek nagy része már csak d'Urville hirtelen bekövetkezett halála után jelent meg, ugyanis 1842. május 8-án egy Versailles közelében bekövetkezett vasúti szerencsétlenségben életét vesztette. Nevét számos növényfaj és földrajzi név is örzi. 

Egri csillagok

Madarassy János jezsuita asztronómus emlékére

Eger városában az egykori érseki tanítóképző Liceum központi épülete adott helyet a csillagásztoronynak, a Speculának, mely napjainkban műemlék csillagvizsgálóként várja a városba érkezőket. Írásunkkal az obszervatórium első asztronómusára, az 1741. augusztus 28-án, Apátfalván született Madarassy Jánosra emlékezünk.

A tudományoknak mindig szükségük volt bőkezűen adakozó mecénásokra. Ilyen személyiség volt *Eszterházy Károly*, egri püspök. Egyházi hivatalának elfoglalása után elhatározta, hogy székhelyén egyetemet épít, a felsőoktatási intézményben pedig az asztronómiának is súlyának megfelelő helyet nyújt. Az építkezéseket a döntéstől számított egy esztendőre, 1765-ben *Fellner Jakab* tervei szerint meg is kezdték. A tízemeletes, tetjén kupolával „megkoronázott” csillagvizsgáló az épület szerves részét képezte, melynek megvalósulásához a nemzetközileg legelismertebb magyar asztronómus, *Hell Miksa* jezsuita atya, a bécsi egyetemi csillagda igazgatója nyújtott szakmai segítséget. Az épületkomplexum kialakítása 1785-ig tartott, de a csillagásztorony, a Specula építkezése már 1776-re befejeződött. A műszerek beszerzéséről is Hell gondoskodott, az eszközöket a korszak neves gyártóitól Bécsből, valamint Londonból rendelte.

Az intézmény csillagász posztjára a Hell mellett Bécsben tanult, szintén jezsuita Madarassy Jánost nevezték ki. Eszterházy és Hell gondossága a csillagvizsgáló berendezésén túl kiterjedt az obszervatóriumnak szánt könyvtár megteremtésére is, és akkori áron számolva hatalmas összegeket, több száz forintot költöttek csillagászati, matematikai és fizikai művek beszerzésére. A szakmai munka 1778-ban vette kezdetét, de az 1784. esztendőől a csillagászati tevékenység váratlanul félbeszakadt, Madarassy más beosztásban folytatta munkáját. Ennek hátterében az állt, hogy II. József osztrák császár és magyar király rendelete nyomán az intézmény az egyetemi státuszt nem kapta meg, s így „csak” gimnázium formájában működhetett tovább. Mindezt tetézte, hogy Hell 1792-ben, Eszterházy pedig 1799-ben elhunyt, és a csillagda felügyelőjéül kinevezett Jenes József, Skopetz József, Dutkay Ignác, majd Durcsák János az állapotfenntartáson túl érdemi tudományos eredményeket nem produkált. 1809-ben került ismét képzett asztronómus a cil-



Az egri Specula (A szerző felvétele)

lagda élére, Tittel Pál, aki tudományos szempontból szép eredményeket ért el, de a napóleoni háborúk következtében bekövetkező gazdasági válság nem tette lehetővé az érsekség számára, hogy az obszervatóriumra nagyobb összeget áldozzon. Tittel 1824-ben távozott is, és Budán, a gellérthegy csillagvizsgálóban folytatta pályafutását. Az őt követők már csak az akkorra réginek számító, teljesen elvavult műszerek, valamint a Specula épületének állagát igyekeztek fenntartani, komoly csillagászati munka nem folyt. Az intézmény feltámasztására az utolsó kísérletet Tittel munkatársa, Albert Ferenc tette, aki 1852-től — az elpusztult budai csillagdával ellentétben — a forradalom és szabadságharc összezpárait túlélő egri csillagvizsgálóban újra nagy terveket szövögetett. Sajnos a források hiánya ismét gátat szabott ennek, de Albert működése alatt legalább szórványos asztronómiai észlelések, valamint földrajzi helymeghatározások és meteorológiai megfigyelések folytak az

intézményben.

Az ebben az időszakban már érseki tanítóképzőként, liceumként működő intézményhez tartozó csillagda épületén az elmúlt századfordulón folytak rekonstrukciók, a torony tetőzetét és a falakat megújítva, majd 1930-ban Szmrecsányi Lajos érsek nagy költséggel, a műemléki szempontokat maximálisan figyelembe véve restauráltatta. Az egri csillagvizsgáló múltját a két világháború között működött neves csillagásztörténészek — Bevilaqua-Borsody Béla, Jelítai József, Kelényi B. Ottó — kutatták és tárták fel, valamint hagyták az utókorra önálló kiadványok és újságcikkek formájában, részletesen bemutatva a magyar csillagászat egyetemes története szempontjából is igen jelentős intézményt.

A liceum csillagvizsgáló tornya és az obszervatórium műszerállománya a második világháború harci cselekményei során jelentős károkat szenvedett. A világhéregést és az egyházi intézmények államosítását követően, 1951-ben az eszközök

Budapestre kerültek. Számtalan érdekes asztronómiai eszköz társaságában az Uránia Bemutató Csillagvizsgálóban berendezett, a csillagászati műszertechnika fejlődését bemutató – ma már nem létező – Csillagászati Múzeum kiállítási anyagai között szerepeltek. 1952-ben eközben bemutató csillagvizsgáló, később csillagászati szakkör kezdte meg működését a Speculában, az országos asztronómiai ismeretterjesztő csillagvizsgáló-hálózat részeként létrehozva az egri Uránia csillagdát.

A Specula országos népszerűségnek örvendő Csillagászati Múzeuma 1966-ban nyitotta meg kapuit a csillagászati torony hatodik emeletének nyugati észlelőtermében. A Zétényi Endre főiskolai docens, csillagászati ismeretterjesztő fáradhatatlan munkájának köszönhető tárlat európai viszonylatban is páratlan természettudományos–műszaki emlékműve többek között régi lencsés és tükrös távcsöveket, olyan archív csillagászati eszközöket, mint a kvadráns, inga- és napórákat mutat be a városba érkező nagyszámú érdeklődőnek. Igen kedvelt és népszerű látványlójára a napjainkban az Eszterházy Károly Főiskola által kezelt múzeumnak a márvány délvonal, amelyen a rézlapba fúrt kis lyukon a terembe bejutó napfény másodperces pontossággal mutatja az időt; a hetedik emeleti, korhűen berendezett csillagász-melegedőszoba; valamint a Sötétkamra, a Camera Obscura kilencedik emeleti panoráma periszkópja, mely lencserendszere segítségével a helység asztalára fókuszálja Eger városának pazar látképét.

Az egri csillagászati ismeretterjesztés az új évezredben kapott ismételt lendületet. Az egykori keleti megfigyelőtermében megkezdte működését az úgynevezett Varázsterem. Elsősorban az általános és középiskolás korosztályra számítva, egyfajta „természettudományos játszótér”-ként üzemel. Itt a geográfia, a kémia, a fizika, valamint az asztronómia válik élővé és érthetővé az elmés kísérletek, különleges eszközök használata, ásványok és ősmaradványok bemutatása által. A Specula eredeti szellemiségét ébren tartva az összefoglaló néven immáron Varázstoronynak nevezett komplexumot a Csillagászati Múzeum, a Varázsterem, a Camera Obscura és a Planetárium alkotja. Az épületen belül található 6 méter átmérőjű kupola a csillagos égbolt látványának szépségét akár szomorkásan borús, esős időben is mindenki számára láthatóvá teszi, az égitestek, a bolygók és csillagok járásának modellezésével a nézők sokszor misztikusnak tűnő elképzeléseit természettudományosan is megalapozott világgéppé formálva. *

Tisztelt Természet Világa!

Nagy meglepetéssel olvastam a 2017. júniusi számukban, a Folyóirat szemle rovatban a „Savtalanítás korallal” című cikkreferátumot. Ennek oka sajnós az volt, hogy a szövegben számos olyan állítás szerepelt, amiket tudományos bizonyítékok nem igazoltak, vagy egyenesen megcáfoltak.

Az egyik nagy témakör a savtalanítás-lúgosítás volt. Valószínűleg *Edgar Cayce* fogalmazta meg először a XIX–XX. század fordulóján, hogy az egészség fenntartásához az étrend nagy részét „lúgosító” növényi ételek tegyék ki. Am igazán ismertté az 1952-ben született *Robert Young* természetgyógyász tette „A pH-csoda” címet viselő könyvsorozatával. Kijelentette, hogy a betegségek oka a vér elsavasodása. Állítása szerint a szervezetet kimeríti az elsavasodás elleni harc, amitől az elhízástól a rákig terjedő körképek alakulnak ki, illetve csontritkulás (mivel a savak lekötéséhez a csontokból von ki a szervezet ásványi anyagokat). Emiatt ezek mind kezelhetőek „lúgosítással”, aminek fő eszköze a táplálkozás (lúgosít pl. a sok zöldség és gyümölcs, valamint a hal; kerülendő többek között a cukor, a hús, a tejtermékek). Ezen állításokat azóta sem sikerült bizonyítani, cáfolni annál inkább. Szervezetünk a pH-változásokat tompító pufferek (pl. hidrogén-karbonát, foszfát, fehérjék), valamint a főlös savak-lúgok vesén keresztül

tát, de nem „lúgosítás” révén.) Ezek miatt a „lúgosítást” tipikusan az áltudományok területéhez sorolják. Több részlet a *Száz kémiai mítosz* című könyv 62. fejezetében található.

A másik nagy témakör Okinawa lakosságának hosszú élete és a szigetet alkotó korall kapcsolata volt. Itt a hosszú, egészséges élethez tudományosan is igazolhatóan hozzájáruló tényezők (táplálkozás, fizikai aktivitás, pozitív hozzáállás; lásd *National Geographic* magazin, 2005 novemberi szám) mellett az is említésre került, hogy a helyi ivóvíz is segítheti ezt annak révén, hogy a szigetet alkotó korallon átszűrődve „több mint 70 ásványi anyag és nyomelem mosódik ki”. (Jelenlegi tudásunk szerint az emberi szervezetnek 70-nél jóval kevesebb ásványi anyagra és nyomelemre van szüksége.) Azt is állította a cikk, hogy az emberi szervezet a koralleredetű ásványi anyagokat jobban fel tudja venni, mint a hagyományos ásványianyag-keverékből. Ennek kapcsán érdemes megjegyezni, hogy az amerikai fogyasztóvédelmi hatóság, a Federal Trade Commission 2003-ban beperelt több, korallalapú kalciumkészítményt gyártó céget amiatt, hogy azok megalapozatlan állításaikkal megtévesztették a fogyasztókat (<https://www.ftc.gov/news-events/press-releases/2003/06/ftc-and-fda-take-new-actions-fight-against-deceptive-marketing>).

2004-ben közös meg-

egyezőssel zárult a per, amiben megtiltották a gyártóknak, hogy tudományosan kellően alátámasztott kijelentéseket tegyenek (<https://www.ftc.gov/news-events/press-releases/2004/01/marketers-coral-calcium-product-are-prohibited-making-claims>). A referált cikkben is szereplő állítás arról, hogy a kalcium hatékonyabban szívódik fel korallból, mint más készítményekből, ebbe a körbe tartozott, így ez is tévesnek tekinthető.

REMETE ATTILA MÁRIÓ



Őscápa zsákmányok Vadászat a múltban

SZABÓ MÁRTON

A hírhedt óriásfogú őscápa faj, a *Carcharocles megalodon* hatalmas, akár tenyérynyi méretű, fogazott élű fogairól és nagy, korongszerű csigolyamaradványairól ismert világszerte a miocén-pliocén korú, tengeri és brakkvízi üledékekből. Tizenhat méteresre becsült hosszával ez a faj minden bizonnyal csúcsragadozó pozíciót töltött be a minden általa látogatott élettérben. Annak ellenére, hogy a *C. megalodon*t sokáig bálnaevő cápa-fajként tartották számon, az erre vonatkozó közvetlen, fosszilis bizonyíték igen csak kevés. Ez a szegényes anyag a következő maradványokat jelenti: számos, fogazott vágóélű fogtól származó harapásnyomot viselő bálnacsont (főleg csigolyák és végtagcsontok) a pliocén korú Yorktown Formációból (USA); egy *megalodon*-fog által keresztülszúrt cetcsigolya valószínűleg a miocén Cantaure Formációból (Venezuela); valamint egy, a marylandi Chesapeakeből (USA) származó, nagyjából 6 méteres cet csigolyája, melyen egy *C. megalodon*-támadásnak tulajdonított sérülés gyógyult nyomai látszanak.

Nemrég olasz, belga és perui paleontológusok csapata a perui Aduada de Lomas mellett feltárt Pisco Formációból származó miocén emlőscsontokat vizsgált, melyek harapások nyomait viselik. A kutatók a csontfossziliákon talált harapásnyomokat a *C. megalodon*nak tulajdonítják. A tudósok (élükön *Alberto Collareta* főszerzőségével) eredményeiket a *Palaeobiogeography*, *Palaeoclimatology*, *Palaeoecology* c. folyóiratban publikálták.

A csontok a sziláscetekhez és a fókákhoz tartoznak, de a lelőhelyen gyakoriak a krokodilok, tengeri madarak, csontoshalak, és egy ún. vízilajhár (*Thalassocnus* sp.) csontjai is. A formációt az elmúlt emberöltők során az amatőr gyűjtők (akik főleg cápa-fog-fossziliákat gyűjtöttek) erősen kifosztották, így a terület gerincesfaunája pontos feltérképezésének sikere erősen kérdéses. A kutatók a vizsgálati anyagukat 2015 márciusában gyűjtötték, közülük három mutatott hosszú, csipkézett harapásnyomot. A li-

mai San Marcos Egyetem Természettudományi Múzeumának gyűjteményében a paleontológusok további két hasonló fossziliára bukkantak.

A tudósok részletesen leírták a harapásnyomok megjelenését, hosszát, és azokat az apró részleteket, melyek alapján azokat a *C. megalodon*hoz kötötték. A harapásnyomok – mint nyomfossziliák – fajhoz rendelésében leginkább az volt a paleontológusok segítségére, hogy a fognyomok mérete gyakorlatilag minden más helyi, fosszilis cápa-fajt (tigriscápák, bikacápák, makócápák) kizárták.

A kutatókban felvetődött, hogy ezek a nyomok aktív predáció, avagy dögevés nyomai-e. Sajnos a különbség a fossziliák esetében virtuálisan nem megállapítható. A ma élő fehér cápa (*Carcharodon carcharias*) csak a fókazsákmányok esetén volt analógiaként használható, minthogy ez a faj gyakran ejt el fókákat. Annak a lehetőségére, hogy a *megalodon* olyan sziláscetekre vadászott, mint amilyen a lelőhelyen ismert *Piscobalaena nana* volt, további vizsgálatokat igényel, minthogy ma nem tudunk olyan cápáról, ami kifejlett szilásceteket zsákmányolna. A kardszárnyú delfin (*Orcinus orca*) gyakorlatilag az egyetlen olyan állat, amely veszélyt jelent ezekre a hatalmas tengeri emlősökre.

A mai nagy fehér cápa alapvetően generalista ragadozó: zsákmányának spektruma széles, elfogyaszt kisebb cápákat, csontoshalakat, fogasceteket, fókákat, tengeri teknősöket, tengeri madarakat, fejlábúakat, sőt rákféléket is. Ez alapvetően az adott fehér cápa-egyed életkorának függvényében változik, noha a sziláscettelemek fogyasztása alapvetően a felnőtt egyedeknek tulajdonított magatartás. A kutatók úgy vélik, hogy ez elméleti síkon, tágabb értelemben kiterjeszhető a *C. megalodon*ra is.

Az MUSM 2536-os leltári számú fókafosszilián látható harapásnyomok a

kutatók kiemelt figyelmét élvezik. Ez a maradvány egy *Piscophoca pacifica* nevű ősfókafaj lapockacsontja, melyből kiválóan megbecsülhető az egykori fókapéldány hossza. Noha az egyed meglehetősen nagy volt, nem érte el a *P. nana* méretét, így potenciális prédaállat lehetett egy kifejlett, vagy egy közel kifejlett *megalodon* számára.

A tudósok azt is felvetik munkájukban, hogy a *megalodon* pliocénvégi kihalása jó eséllyel összefügg a cetzsákmányok óriásnövéseivel, mely a miocén



***Carcharocles megalodon* kifejlett *Piscobalaena nana* egyedre támad** (*Alberto Gennari* illusztrációja; Forrás: *Collareta és mtsai., 2017.*)

közepén már nyomokban mutatkozott, és domináns lett a pliocén végére, nagyjából 3 millió évvel ezelőtt. Minthogy a *C. megalodon* sem tudott a végtelenségig lépést tartani a zsákmányállatok méretnövekedésével, ezzel a *megalodon* egy lényeges táplálékforrástól fosztott meg. A kutatók tehát úgy vélik, hogy a faj kihalásának fő okait az ilyen biotikus faktorok között kell keresni, nem pedig az esetleges klimatikus okok között.

Ezek az eredmények a *C. megalodon* első táplálkozási nyomai a déli féltekéről, egyben az első eset, hogy a *C. megalodon* zsákmányát fajsztint határozták meg. Ez a későbbiekben hozzásegítheti a kutatókat ahhoz, hogy kiderítsék, mivel táplálkozott a *megalodon*, és hogy pontosan hogyan is halt ki.

Spektrum der Wissenschaft KOMPAKT

(2017. 3. szám)

MIKROBIUM – AVAGY MIT TUDNAK A BÉLBAKTÉRIUMOK

A gyomor-bélrendszer, valamint lakóinak, a bélflórának a kutatása kerekén 10 éve rendkívül intenzíven folyik. Egyre több pénz áldoznak rá, tudományos szaklapokban cikkek jelennek meg róla, de a hétköznapi sajtóban is kedvelt téma a mikrobiom. A kutatási eredmények szerint szinte minden civilizációs betegség – diabétesz, túlsúly, allergiák, bélrák, vesekő, depresszió, sőt az autizmus is – a bélflóra-egyensúly felbomlásának a számlájára írható. Ezért egyre nagyobb divat az egyre több probiotikum, vagy egyéb, a gyomor-bélrendszerre jótékonyan ható táplálék-kiegészítő szedése, valamint a sok-sok ehhez kapcsolódó kiadvány, szakácskönyv megjelenése. Sokan eleve elítélik pl. a császarmetszést, a csecsemőknek adott bolti tejet, illetve az antibiotikumot. Mindezt azért, mert ezek megzavarhatják a baktériumflóra összetételét.

Persze sok minden még csak gyerekcipőben jár. Maguk a mikrobiom-kutatók is arra figyelmeztetnek, hogy nem szabad túlzottan eufórikus vagy idő előtti következtetéseket levonni, mivel a kutatások során egyelőre túl sok ellentmondásba ütköznek, számos eredmény egyelőre nem vehető készpénznek. Gyakran túl alacsony a hatékonyság, ritkák a humán kísérletek, és a baktériumok kb. 60%-a még mindig ismeretlen. Szakemberek már éveken keresztül figyelmeztettek arra, hogy mennyire veszélyes lehet, ha a betegek az alternatív gyógymódokban keresik panaszukra hasztalan a megoldást. Ugyancsak felhívják a figyelmet a sajtó felelősségére, ami gyakran túlzásokba esik és a mikrobiom-mánia cinkosává válik.

Annyi bizonyos, hogy a bélbaktériumok hatással vannak az emberre. Elősegítik a tápanyagfelvételt a vérbe oly módon, hogy a bélsejteken keresztül felgyorsítják a szállítást és optimalizálják a zsír- és epesav-anyagcserét. Ezen kívül a vastagbél baktériumai a ballasztanyagok egy részét, amit az ember egyébként nem tudna értékesíteni, rövid láncú zsírsavvá, például vajsavvá bont le. A vérben az anyagcsere-termékek kerekén 30%-a mikrobiális eredetű. A baktériumok segítenek az immunrendszer felépítésében, éretlen T-sejteket értevé alakítanak át, mérgeanyagokat és kórokozókat ártalmat-

lanítanak. Az embertől mindezért kellemes hőmérsékletű lakóhelyet kapnak, ahol ideális esetben elegendő táplálékot is találnak – vagyis tökéletes szimbiózisban élnek az emberrel. Manapság nagyon népszerű állítás, hogy ezen kívül bizonyos baktériumok karcúsítanak, valamint megóvnak a cukorbetegségtől. A mikrobiom-kutatást különösen a népbetegséggé vált cukorbetegség foglalkoztatja, mivel bizonyos vizsgálatok szerint lehetséges, hogy a cukorbetegségben és a túlsúlyban szenvedők bélflóra-összetevőinek aránya eltolódott. Aki túlsúlyos, annak a bélflórája például sokkal több *Firmicutes*-, mint *Bacteroidetes*-baktériumot tartalmaz. Megjegyzendő azonban, hogy ennél a vizsgálatnál az eredmények jelenleg még ellentmondanak egymásnak: néhány kutató megállapította ezeket a különbségeket, míg mások nem.

Kérdéses az is, mikor kóros a csökkent bélflóra-sokféleség, vagy csupán a megváltozott életkörülményekhez való alkalmazkodásról van szó. Teljesen homályos ugyanis, hogy mit tartunk egészséges mikrobiomnak, de tény, hogy a dél-amerikai és afrikai vadász-gyűjtő életmódot folytatók bélflórája alapvetően más, és sokkal különbözőbb bélbaktériumokat tartalmaz, mint a fejlett ipari országokban élők, de tény az is, hogy náluk ritkább a civilizációs betegségek előfordulása is. Ugyanakkor az is igaz, hogy a fejlett országok egészséges embereinél is csökkent a bélflóra biológiai sokfélesége. Sokan bélszékelyekben potenciális kórokozó csírákat hordoznak, mint például a *Clostridium difficile*-t, anélkül, hogy megbetegednének; harmadik trimeszterben lévő állapotosok mikrobioma szinte megegyezik a metabolikus szindrómában szenvedő emberekével. Ennek ellenére a kutatók ezekben az esetekben is a bélflóra zavaráról beszélnek.

Mindezek miatt további kérdések vetődnek fel: ha a bélflóra összetétele megváltozik, az a betegség oka, vagy következménye? Ezt *Kristoffer Forslund*, a heidelbergi Európai Molekulárbiológiai Laboratórium kutatója vizsgálta 784 cukorbetegben. Forslund a vizsgálattal bizonyította, hogy a cukorbetegek jellemzően megváltozott bélflórája teljes egészében a Metformin diabétesz elleni gyógyszernek volt köszönhető, s nem az alapbetegségüknek. A kontrollcsoportban ugyanis azon cukorbetegek bélflórája, akik nem szedtek Metformint, egészséges volt. A krónikus gyulladós bélrendszeri megbetegedések, mint a Chron-betegség esetében is bebizonyították, hogy a betegek bélflórája megváltozott. Igaz ugyan, hogy ezek a betegek másképp is táplálkoznak, mint az egészséges emberek, és jellemző rájuk, hogy hosszabb ideig gyógyszert is szednek. Nem egyértelmű tehát, hogy az ily módon megváltozott bélflóra a betegség ki-

váltó oka, vagy a diéta és a gyógyszerek következménye.

A kutatók szerint minden bizonytalanság és ellentmondás ellenére tény, hogy a mikrobiom az öröklött tényezőkhöz hasonlóan fontos biológiai eszköz, melynek segítségével betegségek kiváltó oka deríthető ki, illetve gyógymód megtalálására adhat lehetőséget. Ugyanakkor felhívják a figyelmet a túlbuzgó következtetések levonásának veszélyére, amellyel egy adott tan akár teljesen elveszitheti hitelességét.



QSR

(2017. június)

A JÉGTAKARÓ ELOLVADÁSA ÁTRENDEZTE EURÓPÁT

A kutatók részletesen rekonstruálták az eurázsiai jégtagaró összeomlását a legutolsó jégkorszak végén. A nagy olvadás hatalmas változásokat okozott az egész európai kontinensen, emiatt például már 10 ezer évvel ezelőtt életbe lépett az igazi Brexit.

23 ezer évvel ezelőtt Észak-Európa nagy részét az eurázsiai jégtagaró jelentős vastagságban befedte. Kiterjedésére jellemző, hogy 4500 km-t lehetett volna rajta egyhuzamban síelni a brit szigetek délnyugati részétől a szibériai Ferenc József-földig. A jégtagaró létezésének természetesen komoly hatása volt Európára. A jégbe fagyott víz több mint 20 méterrel csökkentette a globális tengerszintet. A jégtagaró elolvadása pedig jelentős tengerszint emelkedéshez vezetett, nagy területeken okozott kemény áradásokat, és alapjaiban változtatta meg a kontinenst behálózó hatalmas folyókat. Egy most publikált új modell a jégtagaró visszahúzódásának és olvadásának hatásait vizsgálta részletesen.

A modell szerint 15 000–13 000 évvel ezelőtt az eurázsiai jégtagaró évente 750 köbkilométer jeget veszített. Rövidebb időszakokra előfordult, hogy az évi jégvesztés meghaladta a 3000 köbkilométert. Egy köbkilométer jeget nehéz elképzelni a nyári kánuzában, de gondoljunk egy olyan kockára, melynek minden oldala 1 km, és amely 1 000 000 000 tonna vizet tartalmaz. Aztán ezt még szorozzuk be 3000-rel...

Volt egy 400–500 évig tartó időszak, amikor mind a tengerszint, mind a globális hőmérséklet igen gyorsan emelkedett. Ezen időszak alatt az eurázsiai jégtagaró olvadása körülbelül 2,5 méteres tengerszint-emelkedést okozott. Ez majdnem tízszerese annak a sebességnek, amellyel Grönland és az Antark-

tisz veszíti el a jegét napjainkban. A jégtakaró északi és nyugati szakaszai a Barents-tengeren, Norvégián és Nagy-Britannián keresztül közvetlenül a tengerben végződtek. Ezek viszonylag gyorsan összeomlottak a rengeteg jéghegy borjadzásával, és mert a meleg óceáni áramlatok alámesták a jégtakaró peremeit. Ezek olyan előjelek, amelyek ma már megfigyelhetőek a grönlandi jégtakarónál.

Az eurázsiai jégtakaró hatása jóval túlterjedt azokon a területeken, melyeket közvetlenül beborított a jég. Az egyik legfontosabb következmény a hatalmas „Fleuve Manche” kialakulása volt a La Manche csatorna területén. Ez egy hatalmas folyóhálózat volt, amely levezette az ősi Visztula, Elba, Rhone és Temze folyók vizét és a jégtakaróból származó olvadékvizet a Szajrán keresztül az Észak-atlanti-óceánba. Egyes számítások szerint az európai jégtakaró olvadása során ez a folyórendszer időnként kétszer akkora lehetett, mint a mai Amazonas. A legutóbbi rekonstrukciók szerint az egész rendszernek a vízgyűjtő területe a mai Mississippiéhez lehetett hasonló. A kutatók szerint ez volt a valaha létezett legnagyobb folyórendszer az eurázsiai kontinensen.

A hatalmas kiterjedésű vízgyűjtő terület azt jelentette, hogy a folyórendszer óriási mennyiségű hideg édesvizet juttatott közvetlenül az Atlanti-óceán északi részébe. Ez elegendő volt ahhoz, hogy jelentősen befolyásolja az éghajlat szabályozásában alapvető szerepet játszó Golf-áramlatot. A jégtakaróból származó olvadékvíz és a tengerszint emelkedése olyan következményekkel is járt, hogy hatalmas szárazföldi területeket öntött el a víz és kiterjedt a sekélytengerek területe. Britannia és Írország a legutolsó jégkorszak alatt végig kapcsolatban volt Európával, de körülbelül 10 ezer évvel ezelőtt a La Manche csatorna kialakulása elválasztotta őket a kontinenstől.

A jégtakaró eltűnésének rekonstrukciója izgalmas képet fest annak az időszaknak a változó Európájáról, amikor az emberek kezdték benépesíteni a kontinentet. A gyors környezeti változások minden bizonnyal nagy kihívást jelentettek az embereknek is. Ennek megfelelően a most megjelent tanulmány nemcsak a jéggel foglalkozó glaciológusoknak, hanem sok egyéb tudományág művelője számára is hasznosnak bizonyulhat. Érdekes lehet például az archeológusoknak, akik az emberek vándorlási útvonalait kutatják, hiszen nekik kulcsfontosságú kérdés, hogyan változott az európai táj és a környezet az elmúlt 20 ezer évben. A modell máris létfontosságúnak bizonyult egyes komplex rendszerek megértésében a jégtakaróktól függetlenül is. A cikk adatait ugyanis felhasználták a gázhidrátok stabilitásának vizsgálatára Eurázsia sarkvidéki területein, és ezek segítettek megérteni a sarkvidéki tengeraljzatban a közelmúltban felfedezett masszív dombok és metánkibocsátó kráterek kifejlődését.

Geophysical Research Letters

AN AGU JOURNAL

(2017. június 6.)

LÉGKÖRFÉNYTŐL VILÁGOS ÉJSZAKÁK REJTÉLYE

Az ókortól kezdve számos beszámoló született és maradt ránk különösen világos éjszakákról – ezeket a légkörfényt okozta. A mai, fényszennyezéstől terhelt éjjeli égbolton már csak ritkán és kivételesen sötét helyekről figyelhetjük meg szabad szemmel a jelenséget, azonban a távcsöves megfigyelések vagy az asztrófotózás során észlelhető, hogy az égi háttér időnként szokatlanul világos. Ilyen éjjeleken a közvilágítást megelőző időkben olvasni lehetett az egyébként holdtalan és tiszta éjjeli égbolt alatt, a fénylés kb. azonos volt a félhold adta világossággal.

A régről fennmaradt feljegyzések egybecsengő leírásai id. Pliniustól egészen a XX. század elejéig egyes helyszíneken észlelt világos éjszakákról mint különösen ritka jelenségekről szólnak, s úgy tűnik, hogy kiemelt jelentősége van magának a helyszínnek is. 1783-ban június 26–30. közti időből francia leírás maradt ránk a jelenségről, majd egy hasonló 1908-ból, ekkor az éjszaka beálltával ragyogóan csillagos, holdtalan égbolt teljesen tisztán látszott a táj a megfigyelők szerint. Egy 1916-os, decemberi eset során a Francia Csillagászati Társaság tagjai Dánia és Franciaország területén egyszerre észlelték a jelenséget.

A légkörfényt hasonló magasságban keletkezik, mint a sarki fény, azonban létrejötte nem a napszélhez és a mágnességhez, hanem a Nap extrém-ultraibolya tartományú sugárzásához kötött. E sugárzás hatására a magaslégtörő molekulák felbomlanak majd később újra találkozásuk során összekapcsolódnak, s a felbomláskor elnyelt energiát (oxigén esetén 557,7 nanométeres hullámhosszú fotonok formájában zöld színű fényként) visszazugározzák.

A legintenzívebb légkörfényt a gyakoriság szempontjából kiemelt a 80–100 km körüli magasságban lévő oxigénnek köszönhetjük. (Még magasabb légtörő rétegekben az E-UV sugárzásnak nagyobb energiájú részét nyeli el az oxigén, s a cserébe kapott légkörfényt már vörös lesz.) A légkörfényt – a sarkvidékekhez kötődő sarki fényvel ellentétben – a bolygó egész területén bárhol észlelhető jelenség, a különösen erős formái azonban viszonylag kis térségben koncentrálnak.

Amikor a magaslégtörő fénylés kialakul, a benne résztvevő részecskék mozognak, sűrűbb és ritkább arányban csoportosulva hullámnak, az úgynevezett ne-

hézségi hullámok formájában terjednek. A légkörfényt, ha látható vagy fényképezhető erősségű, a hullámos mintázatot jól mutatja is. A nehézségi hullámok kialakulásában felszínközeli jelenségek, pl. nagy viharrendszerek, vagy geomorfológiai sajátosságok, pl. hegységek játszanak szerepet. Ezek felett az áramló alsó légrétegek megemelkednek, majd az így keletkező hullám továbbterjed a légkör magasabb rétegeibe. Ma már számos műhold képes észlelni e hullámokat, ezek egyike, a UARS speciális interferométere adta adatokkal dolgozott a kutatás szerzőcsapata.

A hullámozás négy fázisa jól elkülöníthető, és időnként, a hullámok e négy fázisának szuperpozíciója során igencsak fel erősítik egymást. Ez okozta és okozza a rendkívüli légkörfényt észleléseket, ilyenkor a jelenségek egy adott helyszínen maximum 3–4 napig láthatóak. A légkörfényt méréséhez a műhold adataiból a 80–110 km magasságban észlelt, az oxigén által kibocsátott 557,7 nm hullámhosszú fotonokat vizsgálták. A földrajzi szélesség az északi 35–45 fokos területre vonatkozott, az esetleg itt előforduló sarki fényt kiszűrték a mérési adatokból (az a 110 km-nél magasabban is jelen lenne). A vizsgálatba két év méréseit vonták be, egyet naptevékenység maximuma és egyet a minimuma idejéről, hogy az esetleges összefüggésre is fény derüljön (nem volt ilyen).

A szuperpozícióba került nehézségi hullámok kialakulása idején mért fotonok számát összevetették az emberi szem érzékenységevel, a szabadszemes láthatóságra meghatározott 200 R határérték feletti kibocsátást jelent, ennél nagyobbát érzékelhetett az észlelő kimondottan világos éjjeli égboltként. (*R: Rayleigh, a fotonfluxus mértékegysége, ami egy négyzetméteres alapú légoszlopban másodpercenként 10^{10} foton kibocsátását jelenti.*) A műhold adataiban talált szuperpozíciós események során 400–500 R körüli értékek voltak jelen, ez pedig jól korrelál a régi leírásokban szereplő látvánnyal. A műholdadatok alapján évente átlag 2,5 éjszaka során lehetne ilyen erős a légkörfényt, ha a holdjárás és az időjárás nem jelentene zavaró tényezőt, azonban csak holdmentes és tiszta éjszakákon észlelhető a jelenség, így az észlelések különös ritkasága is magyarázatot kapott. A földrajzi elhelyezkedés fontossága szintén egyértelmű: viszonylag kis területre koncentrálnak az extra világosság, környező hosszúságokon lévő helyszínekhez képest a szuperpozíció által felerősített fénylés mintegy tízszer erősebb az adott területen.

Ha folyamatos mérésekkel globálisan figyelni a légkörben a nehézségi hullámozást, ezen igen világos éjszakákra vonatkozó előrejelzést is lehetne készíteni.

Primates

(2017. május 17.)

TURISTA ZSAROLÓ MAJMKOK

Ázsia számos, turisták által látogatott célpontján élnek majmok, látványuk hozzátartozik a műemlék, szent hely környezetéhez. A majom és az ember együttélésének egyik oka, hogy e helyszínek a majmok természetes élőhelyének közvetlen közelében vannak, ráadásul számtalan esetben etetik is a majmokat. Már-már legendásak azok a történetek, amelyekben a turistáktól kisebb tárgyakat elrabló majmok a szereplők, Bali szigetén azonban nemrég egy speciális populációt tanulmányoztak. Ők az ellopott tárgyat élelemért cserébe visszaszolgáltatták.

A Liège-i Egyetem viselkedésbiológiai tanszékének kutatója, *Fany Brotcorne* 2010-ben Uluwatu templomához költözött négy hónapra és a hírhedt helyszínen figyelte meg a majmokat. A templomot naponta hívók és turisták tömege keresi fel, akikről már mintegy 30 éve igen gyakran lopnak a majmok, a primatológus azt kívánta feltájni, hogy milyen módon jöhetett létre ez a viselkedés.

A majmok az emberi környezetben könnyebben jutnak táplálékhoz, így több idejük marad arra, hogy új viselkedésmintákat alakítsanak ki az új környezetre adott válaszként. Az extra táplálék lehetőségére a majmok hajlamosak a nyílt terepre kimerészkedni, ahol a turisták járnak, s könnyen kialakul bennük a meggyőződés a turista és az élelem kapcsolatáról. Innen csak egy lépés vezethetett oda, hogy az amúgy is érdekes tárgyakat ellopják. Labor körülmények közt

végeztek már makákók bevonásával ilyen szituációs kísérleteket, de ezek során a majmokat betanították, illetve a csereügyletet az ember kezdeményezte az élelem felajánlásával. Természetes környezetben hasonló „árukeresés” ezelőtt nem tanulmányozták, ez esetben (szemben a labor kísérletekkel) a majom saját döntése, hogy ellopjon valamit az embertől (úgy, hogy semmi batoritást nem kap) s szintén az ő döntése, hogy csere megéért cserébe azt visszaadja-e. A terepi kutatás során felmérték a területen élő 4 csapat közti eltéréseket a sikeres csereügyletek számát tekintve, a csapatok korösszetételét, létszámát és csapatokon belül a nemek arányát. Megfigyelték, hogy esetleg az eltérő környezeti hatások (emberi jelenlét mértéke, az élőhely használata, illetve az egyébként a templom látogatóktól kapott táplálék mennyisége) miatt van-e különbség a négy csapat közt. A négy makákócsapat közt kettő volt szorosabb kapcsolatban a turistákkal, s e két csapat adta a tolvajok-zsarolók nagy részét is. A legcudarabbak a fiatal hím majmok voltak, a kockázatvállalás és kalandvágy (az emberekhez hasonlóan) bennük buzgott leginkább, az a csapat adta a legtöbb sikeres „ügyletet”, amelyikben több ilyen korú hím volt. A megfigyelési időszak során regisztrált esetek 85,6%-ában sikerrel raboltak a maj-



mok. A sikeres rablásokat 55,2%-ban követte csereügylet, ezek 94,7%-a során kaptak meg a majmok az elrabolt holmiért az áhitott élelmet. A négy csapat közt a rablások sike-

rének aránya nem volt eltérő, csupán az változott, hogy kezdeményezték-e csereügyletet a majmok a rablás után. Az elrabolt tárgyak több mint a fele szemüveg volt, de loptak kalapot, lábbelit, hajcsatot, ékszer, sőt, kamerát és telefont is, kisebb számban volt tárcsa, ruhanemű, vagy játék a céltárgy. A rabolt tárgyakban közös, hogy ezek egyike sem volt ehető holmi. Az a két csapat, amelyik a legtöbb rablásért felelős, nagyobb méretű holmikot loptak. Kor és nem tekintetében a listavezetők a kamasz hímek, utánuk a felnőtt hímek, a legkevesebb esemény a felnőtt nőstényekhez köthető. Az a két csapat volt megrögzött rabló-zsaroló, amelyik több időt töltött a turisták közeli helyszíneken a nap során, és akkor fordult elő a legtöbb eset, amikor sok turista volt jelen (pl. a templom délutáni táncrituáléjára érkezők). Magyarul: akkor volt a legtöbb rablás-zsarolás, ha a majmoknak több lehetőségük volt rá a jelen lévő emberek nagyobb száma miatt. A megfigyelésekből kiderült még, hogy ilyen alkalmakkor változatosabb lehetőségek nyíltak a majmok előtt, eltérő tárgyakat lophattak, s új stratégiákat próbálhattak ki. Mivel a sikeresség aránya a négy csapat közt azonos volt, ezért a majmok képességei is azonosak voltak, egyedül a lehetőségeik száma változott a turistákkal való gyakoribb kapcsolat miatt.

A 2010-es megfigyelési időszak alatt egy ötödik, eddig nem ott élő majomcsapat is megjelent a templom közelében, azonban ők nem raboltak még ekkor és kerültek is az embereket. Pár évvel későbbi felmérés során a kutatók viszont már észlelték, hogy ez az új csapat is bekapcsolódott a turisták zsarolásába. Mivel más, hasonló adottságú (erdős környezet, sok turista, a majmok szándékos etetése) helyszínen ilyen csereügylettel járó rablás eddig nem figyeltek meg, ezért biztos, hogy a helyi populációkban kialakult és egymásnak átadott új táplálékszerzési módszerről van szó. A viselkedés részletes felméréséhez azonban hosszabb megfigyelések kellenek még.

KÖNYVSZEMLE

KLAUS M. SCHITTENHELM: Csillagképek – Az égbolt felfedezése (Fordította: dr. Jankovics István; Cser Kiadó, Budapest) Ha az éjszakai égboltra tekintve eddig csak a Nagy Göncölt, esetleg az Orion csillagképet találtuk meg, akkor ez a csillagkalauz kétség kívül nekünk készült. A könyv rövid bevezetőjében minden fontos információt és tanácsot megkapunk, ami a könyv használatához, illetve az égbolt megismeréséhez szükséges lehet. Kezdve az időpont és a hely megválasztásától a legszükségesebb eszközökig, amelyek segítségünkre lehetnek az égbolt megismerésében.

A csillagos égbolttal való barátkozásunkat a legalapvetőbb megfigyelésekkel kezdjük. Elsőként a tájékozódást és az égitestek járásának szabályszerűségét tanulhatjuk meg, hogy okostelefon, iránytű vagy más segédeszköz nélkül is boldoguljunk a csillagok között. A könyv színes ábrái nemcsak rendkívül látványosak és egyértelműek, de a csillagtérképek lapjainak speciális nyomtatása lehetővé teszi, hogy a zseblámpa fénye után a csillagok és csillagképek még a sötétben is láthatóak maradjanak rajta. Így zavaró fények nélkül lehet az égi látnivalókat a térképekkel ösz-

szehasonlítani. A könyv részletesen sorra veszi a 25 legszebb és legfeltűnőbb csillagképet, amelyek láthatósága lefedi mind a négy évszaktot. Ezek mellett természetesen a hazánkban megfigyelhető minden egyes csillagképet is feltünteti. A térképekre rajzolt segédvonalak rendkívül praktikusnak és szemléletesen mutatják be a gyakorlott égboltmegfigyelők által is használt trükköket és praktikákat, amelyek segítségével könnyedén tájékozódhatunk közöttük. A négy évszakra tagolt könyv használata bármikor elkezdhető, hiszen a könyvön kívül elsősorban csak tiszta derült égre lesz

szükségünk a csillagos égbolt felfedezéséhez. Érdekes azonban látcsővel vagy kisebb távcsővel is felszerelkeznünk, hiszen a csillagtérképeken bejelölésre kerültek a különösen érdekes égitestek is; furcsa csillagok, csillaghalmazok, csillagközi gáz- és porfelhők vagy távoli galaxisok, amelyek megfigyelése semmilyen speciális csillagászati távcsövet nem igényel. Kis keretes íráásokban a csillagképekhez fűződő érdekes mondákról és történetekről is olvashatunk, melyek segítenek megérteni az elnevezésüket, de legfőképp az olykor szomorú, máskor szívdertítő történetek a csillagok világán keresztül mindenkor összekötnek bennünket, modern embereket a mítoszok és a legendák korában élt őseinkkel.



LŐRINCZ HENRIK

FEHÉR KRISZTINA: Babák a hangok világában – Test és lélek sorozat; (Typotex Elektronikus Kiadó Kft. 2017.) Azt, hogy a babák minden normális esetben hallanak, evidenciának tekintjük. De, hogy mit, és mikortól kezdve, bizony megfeszítően tartottuk. Egészen Peter Eimas 1971-től datálható felfedezéséig, a „beszélő cumik” megalakulásáig. E roppant egyszerű, egyúttal nagyszerű találmányig csak találgatni tudtuk a feltett kérdést, azóta viszont a módszer egyre tökéletesebbé vált, és olyan titkokra is fény derült, mint például az anyanyelvre vonatkozó kiemelkedő érzékenység. Így, ilyen „hangtani” környezetben vezet végig a szerző bennünket olyan kérdések megválaszolásáig, mint például a kétnyelvűség, vagy a hangsorok, szótagok, szóhatárok „felfedezése”. Mindezt szellemes példák, parabolákkal illusztrálva, egyúttal



három kutatási területet összekapcsolásával. „Hatványozott munka folyik itt: a kódfejtés kódfejtése.”

SZILI ISTVÁN

JUTTA LANGHEINEKEN: Gyomnövények – A gazok felismerése, felhasználása, irtása; Fordította: Tömpe Anna; (CSER Kiadó, Budapest, 2017.) Ez a könyv laikusok számára íródott. Persze szép számmal akadnak ilyenek, vagyis akik nem, vagy alig ismerik a



kertjükbe tolokodó gyomnövényeket. Azt meg semmiképp, miként lehet megszabadulni tőlük. A 25 körüli faj persze messze nem képviseli a nálunk honos gazokat, sőt nem is mindig a leggyakoribbakat, de hát erről a kiadó tehet. Az is meglepszik a kötetben, hogy nem a leginkább hozzáértő fotózta, már ami a

fotózás szempontjait illeti. Mégis hasznos ismereteket nyújt, mert az egyes gyomok bemutatása során többek között ilyen alcímeket használ:

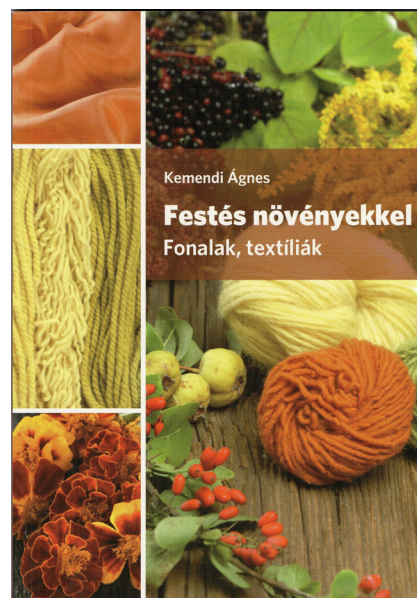
- mivel téveszthetjük össze?
- mit jelez?
- miért becsüljük meg?
- hogyan hasznosítjuk?

Vagyis igyekezik tanítva szórakoztató lenni. A „kertszépítő gyomok”, vagy „a gyomlálás boldogít” alcímek pedig egyenesen a gazok nem elvárható jelentőségére mutatnak rá. A kötet gazdagon illusztrált.

KEMENDI ÁGNES: Festés növényekkel – Fonalak, textíliák; (Kemendi Ágnes és a CSER kiadó, Budapest, 2017.)

Nem először (és bizonyára nem is utoljára) hívja fel a figyelmünket Kemendi Ágnes a festőnövények jelentőségére. Az 1989-ben bemutatott Festőnövények inkább kultúrtörténeti áttekintésnek tekinthető, míg a most ajánlott kötet inkább szakmódszertani gyűjtemény. Persze ez sem nélkülözi a rövid összefoglalót a növényi festékek eredetéről. A továbbiakban azonban a hasznos tudnivalókra koncentrálni. Ilyenek a festéshez szükséges eszközök, a szálanyagok, a festőlé, a pácolás és más rögzítési módszerek ismertetése, illetve a színekre és festőnövényekre történő részletesebb lebontás is. Ez utóbbiban bekeretezett szövegekben megtaláljuk a botanikai és kultúrtörténeti érdekességeket, sőt esetenként az irodalmi kitekintést is. A kötet illusztrációi máris kedvre hangolnak valamelyik festőnövény színező hatásának kipróbálására.

ULMARIUS



XXVI. TERMÉSZET–TUDOMÁNY DIÁKPÁLYÁZAT



Megjelenik a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatala támogatásával

Ikerkutatás – belevágjak?

IMRE NOÉMI

Széchenyi István Gimnázium és Kollégium, Dunaújváros

Első élményem: sötét, szűk helyre vagyok bezárva, és valaki nagyon nyomja az oldalamat. Igen, van egy iker-testvérem! Az ikrekben a legtöbben a hasonlóságot látják, mi azonban a különbségeket. Mivel mi kétpetéjűek vagyunk, ráadásul eltérő neműek, ezért a különbözőségek a kívülállók számára is szembeütőek, amik az évek múlásával egyre csak erősödnek. Örömmel tölt el, hogy van egy velem egyidős testvérem, így sosem vagyok egyedül, egyszerre élünk meg dolgokat. Ezért mindig is érdekelték az ikrekkel kapcsolatos érdekes történetek, meglepő tények. Úgy döntöttem, az ikerkutatást választom pályázatom témájaként, ugyanis el szeretném mélyíteni ismereteimet ebben az izgalmas témában. Egyik kérdés után jön a másik...

Ikrek – mint két tojás?

Ikerterhességen egynél több magzatos terhességet értünk, ennél azonban bonyolultabb a helyzet. Léteznek egypetéjű, kétpetéjű ikrek, kettes, illetve többes ikrek, továbbá ezek kombinációi. Magyarországon minden 100. szülés végződik ikerszüléssel. ^[1] Az összes többes szülés 99%-a kettes szülés. ^[2]

Az egypetéjű ikreket sokszor még sem lehet különböztetni egymástól, annyira hasonlóak mind külső fizikai adottságokban, mind személyiségjegyekben. Azonban a kétpetéjű ikrek csupán annyira hasonlítanak egymásra, mint két testvér. Az ikrek között az egypetéjű és a kétpetéjű ikrek aránya 1/3:2/3, vagyis kétszer olyan gyakran fordulnak elő a kétpetéjűek. ^[4]

Az egypetéjű ikrek létrejöttékor szokásos fogamzásról beszélünk, ugyanis egy ondósejt termékenyít meg egy petesejtet. Ez esetben a megtermékenyítést követően a magzatkezdemény valamilyen hatásra kettéhasad, így az ikrek a méhben különböző helyre ágyazódnak be, szétválásuk idejétől függően. Így kialakulhat a magzatok között egy, de akár kettő lepény is.

A kétpetéjű ikreknél két ondósejt termékenyít meg két petesejtet, s ezek egymástól teljesen elkülönülve ágyazódnak a méhbe. Tulajdonképpen két, egy időben született testvéréről van szó.

Az egy- és kétpetéjű ikrek gyakoriságát vizsgálva több érdekes összefüggést figyeltek meg a kutatók: összefüggés az anya életkorával, a szülések számával, az egyes rasszokhoz való tartozással, sőt még az ikerszületések havi eloszlása is jellemző lehet.

Az ikerkutatás története és jelentősége

A XIX. század végén a genetika és pszichológia szakembereit ugyanazon kérdés foglalkoztatta: mit és hogyan örökölhetünk? Nagy nehézséget okozott annak a vitának az elöntése, hogy az egyes emberi tulajdonságokat az örökletesség határozza meg, vagy a környezeti hatások alakítják? Ennek megfelelően két szélsőséges irányzat alakult ki. A deterministák a



Ketten az anyaméhben

genetikai tényezőknek tulajdonítottak nagyobb jelentőséget. Úgy gondolták, hogy a fogantatás pillanatában génjeink már meghatározzák sorsunkat, a környezeti hatások nem befolyásolják azt. Ezzel szemben az indeterministák úgy vélték, hogy az örökletesség nem számít, a környezet és a neveltetés a meghatározó.

Francis Galton volt az első, aki felismerte, hogy az egypetéjű és a kétpetéjű ikrek tanulmányozása és összehasonlítása adhatja meg a választ az említett kérdésre. Már 1875-ben megfogalmazta az ikerkutatások jelentőségét. A probléma egyrészt orvosi természetű (örökletes betegségek), másrészt pszichológiai (emberi jellemvonások).

Ikervizsgálatok típusai

Az ikervizsgálatokat három fő csoportba sorolhatjuk az alábbiak szerint: egy- és kétpetéjű ikrek összehasonlítása, egypetéjűek vizsgálata, születésüktől külön ne-

1 Adatok: dr. Météki Júlia (2005) Ikrek könyve. A fogamzástól a felnőttkorig. II. átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Melánia Kiadó.

2 Adatok: Dr. Czeizel Endre: A gének titkai (2007) Föt: Szig-Tim Kiadó.

velt egyetétjű ikrek tanulmányozása.

Az egy- és kétetétjű ikrek összehasonlítását (klasszikus ikervizsgálat) elsősorban az egyes örökletes betegségek vizsgálatára irányuló orvosgenetikai kutatásokban használják. Az egyetétjű ikrek génállománya 100%-ban azonos, a kétetétjűeknél ez az érték 50%. Mivel mindkét típusnál azonosak a születés előtti és utáni körülmények, az esetleges eltérések oka genetikai különbözőségben keresendő. Ebben a típusú vizsgálatban fontos az ikertípus pontos ismerete. Az egyes betegségek előfordulásának gyakorisága az egyik vagy másik ikertípus esetében az örökletesség tényezőjére utal. Például: „A rosszindulatú daganatos betegségek többségében a veleszületett hajlam, mint kiváltó ok 15% alatti.”^[3]

Az egyetétjű ikrek vizsgálata esetében torzíthatja az eredményeket, hogy az ikrek hasonlóságát a család és a társadalom jobban hangsúlyozza (eltúlozza), mint a kétetétjűeknél.

A születésüktől fogva külön nevelkedő egyetétjű ikrek vizsgálata alkalmas leginkább a genetikai adottságok tanulmányozására. Ebben az esetben a különbségek az ikreket érő eltérő külső hatásokra vezethetők vissza. Ritkaságát tekintve ez a vizsgálati módszer a legnehezebben megvalósítható kutatási fajta mindközül, ugyanakkor ezek szolgáltatják a laikusok számára a legerdekesebb történetek.

Ikerkutatások Magyarországon

Hazánkban először az 1930-as években végeztek ikervizsgálatokat, ami orvosi és pszichológiai vizsgálatot is magában foglalt. Az eredményeket Darányi Gyula „Az ikrek testi és lelki tulajdonságai” című könyvben ismertette. Továbbá 1962-ben Malán Mihály „Ikrek és ikerkutatás” címmel jelentetett meg egy kisebb kötetet. Ez követően szervezett ikerkutatás dr. Czeizel Endre vezetésével kezdődött meg, ami kezdetben a fejlődési rendellenességek és az ikerség összefüggésének tanulmányozása volt. Az örökletes betegségek mellett különböző korú ikergyermekek megfigyelésével tehetségvizsgálatot is végeztek.

Az ELTE Összehasonlító Élettani Intézetének kutatói dr. Láng Eszter irányításával újszerű felfedezéseket tettek. A szív működés idegi szabályozását vizsgálták stresszhelyzetben, és arra a következtetésre jutottak, hogy a szív működésben szerepet játszó gátló (paraszimpatikus) idegi hatások az egyetétjű ikrek két tagjában annyira hasonlóan bizonyultak,

mint ugyanannál a személynél két különböző vizsgálati időpontban. A kétetétjű ikrek azonban eltérően reagáltak a stresszhelyzetre. A tapasztalt különbség olyan nagyfokú, hogy ez alapján a vizsgálat alapján 98%-os biztonsággal megállapítható, hogy az ikerpár egyetétjű, vagy kétetétjű.

1970. január 1-jén jött létre a Budapesti Ikernyilvántartás, és az ehhez kapcsolódó ikergondozás. Az ikernyilvántartás egyik célja a komplex vizsgálatok (belgyógyászati, antropológiai, fogorvosi, kardiológiai, stb.) adatainak tudományos hasznosítása.



Ikertestvéremmel 7 éves korunkban

Sajnos az ezredfordulóra a Budapesti Ikernyilvántartás anyagi felzetel hiánya miatt megszűnt.

Legújabb kutatások

Napjainkban dr. Tárnoki Ádám Domokos és dr. Tárnoki Dávid László ikerkutatók teszik közismertté és izgalmassá ezt a kutatási területet. Az orvosi végzettségű Tárnoki fivéreknek köszönhetően kapott újabb lendületet a hazai ikerkutatás. 2009 és 2011 között egy olyan nagyszabású, nemzetközi vizsgálatot végeztek, amelyben 400 ikerpárt vizsgáltak meg orvosi szempontok alapján. Eredményeik folyamatosan nyomon követhetők, ugyanis mind hazai, mind nemzetközi fórumokon rendszeresen publikálják őket (például: National Center for Biotechnology Information).

A vizsgálatok alkalmával körülbelül 20–30 féle különböző vizsgálatot végeztek el, ami személyenként nagyjából 2000 adatot jelent. Mérték például az artériás életkort, a nyaki ütőér falvastagságát, a légzésfunkciót, végeztek szemésze-

ti és érrugalmassági vizsgálatot. Sor került pszichológiai tesztek kitöltésére is, de még az étrendjüköt is vizsgálták. A vizsgálatok eredményeképpen több tényező örökletességét is megállapították, másokét pedig kizárták. Például az érlemeszesedés (a nyaki ütőér-plakkok) kialakulása 70%-ban örökletes, ezért ezen a területen kifejezetten ajánlott a veszélyeztetett csoportokban a szűrővizsgálatok elvégzése. A magas koleszterinszinttel és más kockázattal járó zsírmájjal kapcsolatban kimutatták, hogy a genetikának egyáltalán nincs szerepe, tehát a megelőzésnek van

elsődleges szerepe. Ugyanakkor a tesztszír-százalék 70–80%-ban örökletes tényező.

„A közelmúltban az Orvosi Hetilap Markusovszky Lajos-díjával tüntették ki azt a dr. Jermendy György által vezetett kutatócsoportot, amelyben dr. Méteki Júlia és a Tárnoki-testvérek is dolgoznak. A díjazott publikáció a metabolikus szindróma összetevőinek örökletességével foglalkozik az ikervizsgálatok eredményeinek tükrében.”^[4]

Ikerregiszter

A Magyar Ikerregiszter a Tárnoki testvérek, valamint a Semmelweis Egyetem Radiológiai és Onkoterápiás Klinika közreműködésével jött létre. Az alapító tagokhoz tartozik továbbá dr. Méteki Júlia biológus, aki számos iker témájú könyvet írt, a nemrég elhunyt dr. Czeizel Endre, valamint dr. Littvay Levente statisztikus

3 Forrás: dr. Méteki Júlia (2005) Ikrek könyve. A fogamzástól a felnőttkorig. II. átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Melánia Kiadó. 461. oldal

4 Forrás: <http://semmelweis.hu/mediasorok/2012/07/19/orokletes-vagy-sem-a-betegsegek-kialakulasanak-okait-is-megmutatjak-az-ikervizsgalatok/>

is. A regiszter célja a Magyarországon élő ikrek nyilvántartása, és egy adatbázis létrehozása a későbbi genetikai vizsgálatokhoz.

Az Ikerregiszterbe a jelentkezés önkéntes alapon történik, a jelentkezők tájékoztatást kapnak az aktuális kutatásokról, és eldönthetik, hogy részt kívánna-e venni benne. A kor követelményeinek megfelelően az Ikerregiszter saját Facebook oldalát is létrehozott, ahol a hazai valamint a külföldi kutatásokról és eseményekről egyaránt tájékozódhatnak az érdeklődők. A sikeres kutatások érdekében elengedhetetlen, hogy minél nagyobb számú alanya legyen az egyes kutatásoknak. Az ikerkutatások olyan általános problémákat vizsgálnak, melyek megismerése és megoldása az emberek széles rétegének javára válhat.

Az Ikerregiszter honlapján fellelhető korábbi vizsgálatok: Bajcsy-Zsilinszky Kórház ikervizsgálat (2009), frontérenyesség ikervizsgálat (2007), nemzetközi ikervizsgálat (2009-2011), továbbá bőrgyógyászati ikerkutatás, valamint szemészeti ikervizsgálat.

Jelenleg zajló vizsgálatok: alvás és agyi ikervizsgálat (2014-), szív-érrendszeri vizsgálat (2013-), írásanalitikai ikervizsgálat, társadalmi nézetek ikervizsgálat (online), továbbá dohányzási szokások ikervizsgálat (online), valamint tüdőbetegségekkel kapcsolatos ikervizsgálat (helyszíni).^[5]

Az orvostudományon túl

Az eddig ismertetett ikerkutatások elsősorban genetikai és orvosi jellegűek. Egyes kutatók szerint ezek a vizsgálatok esz-közként „használgják fel” az ikerpárokat az orvostudományi hipotézisek igazolására. Vannak azonban olyan kutatások, amelyek társadalmi és szociológiai szempontból végzik az ikervizsgálatokat, ilyenkor a kutatás magukra az ikrekre irányul.

Drjenovszky Zsófia, Hegedűs Rita és Pári András „Az ikerhelyzettel járó pozitívumok és nehézségek” című tanulmánya 2013-ban került publikálásra. A vizsgálat 222 iker és 575 fő ikres szülő megkérdezésén alapszik. A kutatók arra a kérdésre keresték a választ, hogy milyen negatívumai és pozitívumai vannak az ikerlétnek. Vizsgálták az ikrek iskolai előmenetelét, társas kapcsolataikat, és az ikerlét speciális voltából adódó előnyöket, hátrányokat. Az ikrekkel kapcsolatban az egyik legsajátságosabb jelenség a nagyfokú érzelmi biztonságot nyújtó összetartozás érzése. Ez az összetartozás a korai időszakban az ikerpárok előnyére válik, könnyebben boldogulnak az óvodai, iskolai beilleszkedésnél, azonban ugyanez az összetartozás-érzés

felőtt korban megnehezítheti az elszakadást illetve a párkapcsolatok kialakítását. Érdekes megfigyelés továbbá, hogy az ikrek társas viselkedési modelljében különbség van az egypetéjű és a kétpetéjű ikerpárok között. Az elemzés elsősorban további kutatásokhoz kíván alapot teremteni, de összegzésként megállapította, hogy az ikerlét egyedi, kevesek számára megadatott erőforrás, nem pedig erőforrás-felhígulás.

„Az ikrek pszichoszexuális viselkedését kutatva Métneki, Tárnoki Á., Tárnoki D., Littvay és Czeizel (2011) figyelte meg, hogy az egypetéjű nők között a többi csoportnál magasabb volt a válasi arány.”^[6]

François Brunelle kanadai fényképész 1968-óta tanulmányozza az emberi arcot. 1999-ben indította el az „I'm not a look-alike!” elnevezésű projektjét, ahol olyan embereket keresett nemre, kora és nemzetiségre való tekintet nélkül, akik meglehetősen hasonlítanak egymásra. A párosokat lefényképezve műveivel nagy nemzetközi sikert aratott. Az ikrek külső-belső személyiségjegyeinek hasonlóságáról sok tanulmány született, ezzel szemben a külsejükben egymásra nagymértékben hasonlító idegenek esetében tudományos tanulmány a mai napig nem ismert.

Saját kutatás: Ikerk a Dunaújvárosi Széchenyi István Gimnázium és Kollégiumban

Tárnoki Ádám Domokos és Tárnoki Dávid László ikerkutatásainak eredményeit megismerve kíváncsi voltam, hogy az én iskolában mi a helyzet az ikrekkel. Czeizel Endre: A gének titka című könyvében említi, hogy Magyarországon minden 100. szülés végződik ikerszüléssel, valamint az összes többes szülés 99%-a kettes szülés. A Dunaújvárosi Széchenyi István Gimnázium és Kollégium intézményébe 558 tanuló jár, akik között 7 ikerpárt találunk: 6 kettes, illetve 1 hármas ikerpárt. Az iskolai közösséget tekintve ez az érték eltérő, ugyanis minden 79,7. születés végződött ikerszüléssel. Továbbá az ikerszülések 85,7%-a volt kettes szülés. Szintén Czeizel Endre: A gének titka című könyvében írja le, hogy az ikrek között az egypetéjű és a kétpetéjű ikrek aránya 1/3:2/3, vagyis kétszer olyan gyakran fordulnak elő a kétpetéjűek. Ezt az iskolában másképpen tapasztaltam, ugyanis a szülői nyilatkozatok szerint 1 egypetéjű és 5 kétpetéjű ikerpár jár intézményünkbe. Az arány így 0,5/3:2,5/3, vagyis ötször annyi a kétpetéjű ikerpár.

6 Forrás: http://socio.hu/uploads/files/2013_4/4ikrek.pdf 73. oldal - letöltés: 2016. 10. 14. - 22.03

Az ELTE Összehasonlító Élettani Intézetének kutatói dr. Láng Eszter irányításával a szív működés idegi szabályozását vizsgálták stresszhelyzetben, és arra a következtetésre jutottak, hogy az idegi hatások az egypetéjű ikrek két tagjában annyira hasonlóak, mint ugyanannál a személynél két különböző vizsgálati időpontban. A kétpetéjű ikrek azonban eltérően reagálnak. Nekem nem volt lehetőségem stresszhelyzetben vizsgálni az ikreket, ezen oknál fogva úgy döntöttem, hogy ébredés után, nyugalmi helyzetben tanulmányozom az ikerpárok vérnyomását és pulzusszámát. Az ELTE-n végzett kutatás azon megállapításával, hogy nagyobb a hasonlóság a szív működés mérhető adataiban az egypetéjű ikreknél, mint a kétpetéjűek esetében, az én kutatási eredményeim egybeesnek.

Ikerkutatás – belevágok

A pályázat elkészítése közben számtalan érdekes tanulmányt és cikket kutattam fel és ismertem meg, melyeknek köszönhetően sikerült elmélyítenem tudásomat ezen a téren. Arra az elhatározásra jutottam, hogy amint betöltöm a 18. életévemet, jelentkezem a Magyar Ikerregiszterbe, hogy a vizsgálatokon való részvételemmel maradéktalanul segíthessem a kutatók munkáját céljuk elérésében. Meg szeretném tapasztalni, milyen érzés hozzájárulni egy nagyszabású kutatáshoz segítve ezzel az orvostudományt és így az embereket. Izgatottan várom, hogy vajon az ikerkutatás terén mit hoz még a jövő... ☘

Irodalom

- dr. Métneki Júlia (2005): Ikerk könyve. A fogamzástól a felnőttkorig. II. átdolgozott, bővített kiadás. Budapest: Melánia Kiadó.
http://socio.hu/uploads/files/2013_4/4ikrek.pdf
<http://ikrek.hu/>
- dr. Czeizel Endre: A gének titkai (2007) Fót: Szig-Tim Kiadó.
http://www.francoisbrunelle.com/web/projet_en.html
<http://mek.oszk.hu/00500/00545/html/index.htm#2>
<http://www.mek.oszk.hu/00500/00545/index.phtml>
http://socio.hu/uploads/files/2013_4/4ikrek.pdf
http://www.medicalonline.hu/tudomany/cikk/ikerkutatások_a_genetikai_szabalyozas_szerepet_vizsgaljak
<https://www.elte.hu/content/ikerkutatás.e.7473>
<http://nyuz.elte.hu/az-ikerkutatás-epigenetikajamennyire-is-hasonlithatunk-egymasra/>
<http://semmelweis.hu/mediasarok/2012/07/19/orokletes-vagy-sem-a-betegsegek-kialakulasanak-okait-is-megmutatjak-az-ikerkutatások/>

5 Forrás: <http://ikrek.hu/kutatások.html>

Sic volo, azaz így akarom!

PÉTERFI ORSOLYA

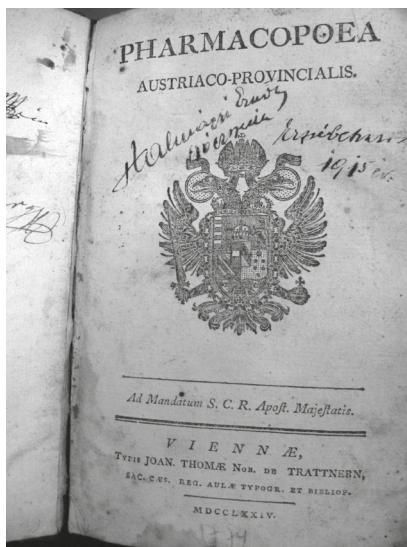
Bolyai Farkas Elméleti Liceum, Marosvásárhely, Románia

Milyen volt a gyógyszerészet, mielőtt a gyógyszergyári termékek átvették volna a saját készítmények helyét a patikák polcain? – merült fel bennem a kérdés egy régi gyógyszerészkönyvet lapozgatva, amelyet nagymamám könyvespolcán találtam. A kérdés nem hagyott nyugodni, s mivel a témával foglalkozó könyvek főleg a történelmi adatokba feledkeznek, eldöntöttem, hogy magam keresem meg a választ.

Gyógyszerész- és orvosló könyvek a XVIII. és XIX. századból

Kutatásomat a Teleki-tékában kezdtem. Mivel az első marosvásárhelyi gyógyszerertárról, amelyet a szász Schwatz Simon alapított, 1733-ban tesz először említést az Erdélyi Gubernium a város Magisztrátusának címzett felszólításában¹, elsősorban a XVIII. századi vagy későbbi gyógyszerész- és orvosló könyveket kerestem. Az ekkor hivatalosan használt gyógyszerészkönyv a Bécsi gyógyszerészkönyv² volt, ezt követte az 1774-ben megjelent Pharmacopoea Austriaco-Provincialis³ (1. kép), 1812-től pedig a Pharmacopoea Austriaca⁴ lépett érvénybe a Magyar Gyógyszerkönyv megjelenéséig⁵.

Mindhárom osztrák gyógyszerészkönyv latin nyelvű, ez azonban nem jelentette azt, hogy nem voltak jelen magyar nyelvű orvosló könyvek Erdélyben. A legrégebbi, amelyhez sikerült hozzáférnem, a XVIII. századi Gelencei orvosló könyvecske, amelyben 10 székely gazda kézírása fedezhető fel (2. kép). A könyv első bejegyzése 1727-ből való, de az orvoslásról szóló részeket csak 1733-ban kezdték el írni⁶. A Teleki-tékában található az 1785-ben Kolozsváron nyomtatott Házi különös orvosságok (3. kép), „melyek az orvosok nélkül szűkölködő betegeskedőknek vigasztalására következő-képpen a⁷ betűk rende szerént külön külön nyomtatások-



1. kép. Pharmacopoea Austriaco-Provincialis első oldala (1774)

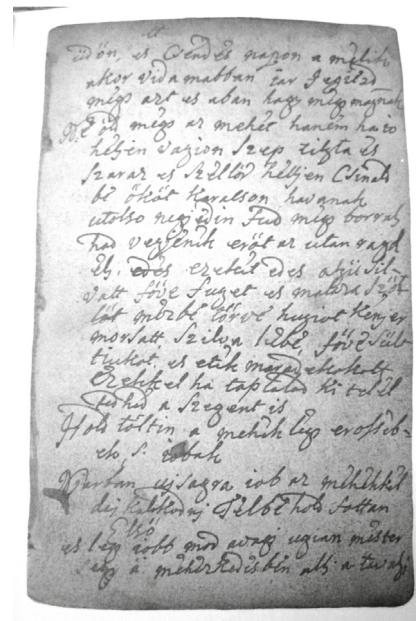
ból és írásokból szedettek egyben⁷. A családi könyvtárból az 1806-ban Kolozsváron kiadott Mesterséges gyűjtemény⁸ került elő, amely a festékek és borok elkészítése mellett gyógymódokat is leír.

Míg a korabeli gyógyszerészkönyvek ásványok, növények, állatok, majd gyógyszerek szerint vannak tagolva, az orvosló könyvek betegségek szerint vannak felosztva, ritkán egy-egy növény gyógyhatását is leírják (gesztenye jósága). Ez az eltérés a könyvek különböző felhasználási módjából adódik, ugyanis a gyógyszerészkönyveket a szakmában jártas patikusok számára, míg az orvosló könyveket elsősorban az egyszerű polgárok-knak készítették.

A hasonlóság ellenére a három magyar nyelvű könyvecskeben különböző gyógymódok vannak ugyanazon betegségre (súly⁹, kopaszság, hideglelés, hurut, orrvérzés). Míg a Gelencei orvosló könyvecske szerint a бүдös száj ellen barackfalevelet, timsót és mézet kell összekeverni addig a Házi különös orvosságok szerint zsályát, izsópot, útifüvet és szegfűt kell fehér borban megfőzni, majd meginni. Bár nem ugyanazt a gyógymódot javasolja a két könyv, ha „kigyó valakiben

vagyon”, több hasonló alapanyagot használnak: rutát, fokhagymát, ecetet és tejet. A Mesterséges gyűjtemény több megoldással szolgál a tetű ellen, melyek közül egy az ürömöt is felhasználja, akárcsak a Házi különös orvosságok. Gyakori összetevő az üröm, útifű, ecet, méz, tej, tojás, zsály, izsóp, bor és az állati ürülék is, tehát könnyen beszerezhető, ház körül is megtalálható anyagok. Nem csak növényi és állati eredetű összetevők jelennek meg, a gyermek ijedsége ellen ugyanis a szentségek viselését javallják.

Az első Magyar Gyógyszerészkönyv különlegessége, hogy magyar nyelvű kémiai szakkifejezéseket is tartalmaz (hangyalvag¹⁰, mésenyevég¹¹, lepárolt víz¹², szikenybüzeg¹³), illetve minden páros oldal magyar nyelvű, míg minden páratlan latin. Azonban felosztás helyett a le-



2. kép. Egy oldal a Gelencei orvosló könyvecskeből

írt receptek, ásványok, állatok és növények ábécé sorrendben követik egymást akárcsak az orvosló könyvekben a betegségek. Ugyanakkor az is egy lényeges különbség,

1 Orvosi Szemle, 1969., 3. szám – Spielmann József, Szini Lázár C. és dr. Ordán I.

2 Dispensatorium Pharmaceuticum Austriaco-Viennense

3 Osztrák Tartományi Gyógyszerészkönyv

4 Osztrák Gyógyszerészkönyv

5 1871-ben jelent meg, latin neve Pharmacopoea Hungarica

6 „Anno 1733, die 12 Marty Nyavalyákról szóló orvosságok rendszerént, nagyobb részint az füvekből valók.”

7 Juhász Máté, Házi különös orvosságok, 1. oldal

8 Gyarmati Gábor könyve

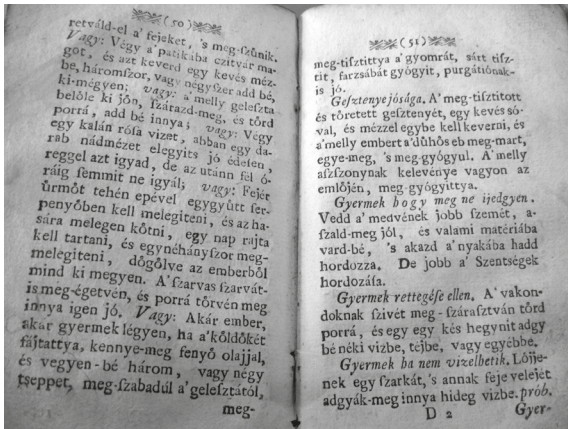
9 Rosszindulatú daganat, szifilisz vagy skorbut

10 Kloroform

11 Kalcium-oxid

12 Desztillált víz

13 Nátrium-bromid



3. kép. Részlet a Házi különös orvosságokból (1785)

hogy az Osztrák Gyógyszerészkönyvvel ellentétben, a receptben szereplő alapanyagok pontos számmértékben vannak megadva, nem csupán felsorolva (4. kép).

Gyógyszertárak saját készítményei

A gyógyszerkönyvek receptjeit követően, a gyógyszertárak saját készítményei alapján lehet követni a patikákban folyó gyógyszerkészítő munkát. A patikák azon tevékenysége, hogy gyógyszergyárak kész termékeit forgalmazzák, nem képezte kutatásom tárgyát.

Kevés írásos dokumentum maradt fenn a patikák készítményeiről, ugyanis ezeknek az összetételét a gyógyszertárak titokban tartották. Felmerülhet a kérdés, hogyan tudhatjuk meg azt, hogy milyen termékeket készítettek a patikák. Az egyik lehetséges válasz az újsághirdetésekből rejlik, ugyanis az államosítás előtti időszakban több gyógyszertár is így hirdette készítményeit.

Elsősorban a Székely Napló és Székely Szó 1920 és 1949 között megjelent számaiban kutattam termékreklámok után. A legtöbb hirdetés szövegszerű, ezért is kiemelkedő az Elida krém hirdetése, amely nemcsak nagy helyet foglal el az oldalon, hanem a rajz is az igényességet sugallja (5. kép). A leggyakrabban reklámozott termékek a krémek (szeptóra, reumára, fagyásra), nyugtatók és köhögést csillapító cukorkák, de lábizzadásgátló, hajhullást csökkentő hajvíz és viszketegség elleni paszta is található a hirdetések között. Tehát olyan gyógyszereket és kozmetikai cikkeket reklámoztak, amelyek nem igényeltek orvosi felírást.

A kolozsvári Dr. Bíró gyógyszertár, a marosvásárhelyi Kovács Andor „Sas” gyógyszertára (volt Császár-patika) és az Osváth Károly gyógyszertár tette fel a legtöbb hirdetést. Dr. Bíró gyógyszertára reklámozta a legtöbb terméket, ilyen az Orizol¹⁴,

14 Himlőhely és pattanás eltüntetésére

Kastanin¹⁵, Havasi gyopár créme¹⁶, Sirol¹⁷, Antrasol paszta¹⁸, Bovinol¹⁹ és az Uranil²⁰). Ezzel szemben

Osváth Károly egy terméket hirdetett, de sokkal hosszabb időn keresztül, ez pedig a Tüdőfű cukorka köhögés ellen. Nemcsak a szöveg elrendezése változott, hanem a tartalma is egyszerűbb lett. A későbbi hirdetésekben a termék valódiságával próbálja megfogni a vásárlót („csak a tüdő védjeggel valódi”), akárcsak a Darmol („kimondottan eredeti csomagolásban

kérje”), Dr. Bíró Havasi gyopár arckréme („Óvakodjon az értéktelen utánzatoktól”) és Kovács Andor Salvator fluidja („Csak sas védjeggel valódi. Sas védjegy nélkül ne fogadja el”) (6. kép).

Kovács Andor termékei között találjuk a Mária krémet²¹, púdert, illetve szappant is, amely annyira keresett volt, hogy Bukovinába és a Kárpátokon túra is vitték²². Az államosítás után pedig gyárilag is készítették, tehát sokáig lehetett még kozmetikai üzletekben kapni (7. kép). Unokája, Söbester Klára gyógyszerésznő még ma is készíti a Crema Babyt a nagyapjáról rámaradt recept szerint.

A Sas gyógyszertár különlegessége abban rejlett, hogy a vásárlók nem voltak elválasztva a receptkészítési részletről. Csúpan egy fütőtest jelölte a határt a gyógyszertár két része között, így a beteg végignézhette, ahogy a gyógyszerész dolgozik, ami bizalmat keltett a patikus iránt. Ezért is nevezték Erdély egyik legszebb gyógyszertárának egy 1941-es cikkben (8. kép). A polcokon csupán porcelánedények és üvegek voltak. Az alapanyagokat többnyire külföldi gyárakból szerezték be, például Spanyolországból hozták a legfi-

15 Reumára

16 „Az arcbőr azonnali szépítésére, finomítására”

17 Köhögés ellen

18 Viszketegségre és sömörös bőrbajra

19 Száj és körömfájás elleni szer

20 Idegesség elleni fenyő-fürdő

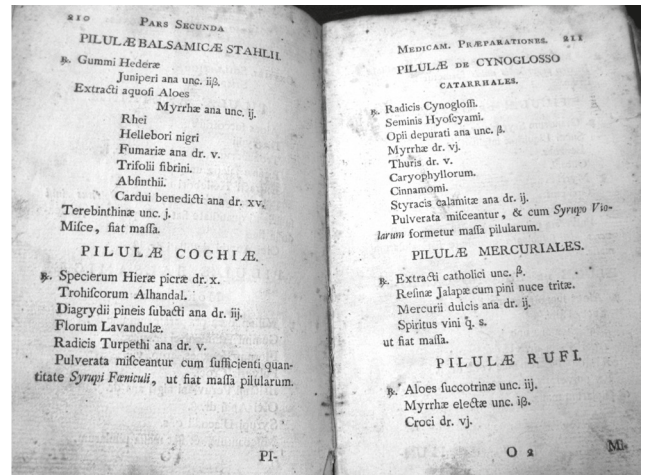
21 Fehérítő hámlasztó arckrém

22 Péter H. Mária: Az erdélyi gyógyszerészet magyar vonatkozásai

nomabb malagai borokat, amelyekből a vasbort készítették a vérszegénység elleni szirupokhoz.

Saját készítménye a Comprimata nostra²³, a Nuciferin²⁴, illetve Pemsulfol, egy fagyás elleni kenőcs, aminek háborús időkben igen nagy jelentősége volt. Ezekről nem található reklám, ahogy Osváth Károly Aniphtysin nevű saját készítményéről sem, amit csak ő forgalmazott. Ennek az oka az, hogy a gyógyszertáron kívül csak olyan termék volt hirdethető, amely viszonteladói forgalomba került, tehát olyan saját készítményeket, amelyeket más gyógyszertárak nem árultak, a patikus nem reklámozhatt²⁵, csak a saját kirakatában.

1949-től nem jelent meg több gyógyszerreklám, ekkor ugyanis államosították a gyógyszertárakat. Marosvásárhely 14 gyógyszertárából²⁶ 5 kapott engedélyt a működésre, ezeket számokkal látták el és a Centrofarm²⁷ ellenőrzése alatt működtek tovább.



4. kép. Recept az I. Magyar Gyógyszerészkönyvből

Felkerestem Marton Erzsébetet és Csatlós Máriát, az 1-es számú gyógyszertár nyugalmazott gyógyszerésznőit, akik 1960 és 1988 között dolgoztak a patikában, hogy mesél-

23 Fájdalomcsillapító

24 Nyugtató

25 Gyógyszerészek évkönyve 1941., Kérdések és feleletek a gyógyszerészi gyakorlat köréből, 430. oldal

26 Péter H. Mária három szakaszát különbözteti meg a marosvásárhelyi gyógyszerészetnek a polgári gyógyszertárak alapítási éveit szerinti 1733-tól 1949-ig. 1733 és 1889 között 5 gyógyszertár nyílt, azonban csak 4 érte meg a századfordulót. Az ezt követő időszakban kezdte meg működését a város két drogeriája. 1916 és 1922 között 5-el nőtt a gyógyszertárak száma, 1947 és 1949 között pedig 5 újabb gyógyszertárat létesítettek.

27 Az államosítás követően megalakult Gyógyszerkereskedelmi Vállalat, melynek feladata a megye területén levő gyógyszertárak tevékenységének irányítására és gyógyszerellátásának biztosítására volt



5. kép. Az Elida krém egyik hirdetése

jenek erről az időszokról, főként a gyógyszer-tár saját készítményeiről. A Magyar Autonóm Tartomány²⁸ idején a '60-as évek vége felé ez a gyógyszer-tár tablettázta a gyógyszereket az egész tartomány jelentősebb gyógyszer-tárainak és a Centrofarmon keresztül forgalmazta. Reggeltől estig ment a tablettázógép és két-három évig ez a gyógyszer-tár látta el az teljes autonóm tartományt. Hogy Marton Erzsébet mondta, „kicsi gyógyszer-gyár volt” a patika.

A hiánykészítményeket is házilag készítették el a szükséges alapanyagokból (Piramidont, Distonocalm pirulát²⁹, Acidopeps tablettát).

A gyógyszer-tár egyik legkeresettebb terméke a hajregenerátor³⁰ volt, amely többek között ólom-acetátot, ként, ammónium-karbonátot, vizet, glicerint és szeszt is tartalmazott. Használat előtt fel kellett rázni, majd vattapamaccsal a hajgyökerekre kenni. Így az ősz haj barnásvörös-szint kapott. A külső szerek közül még fontos a Crema forte, egy higanyos fehérítő és hámlasztó krém, amelyet szeplőkre alkalmaztak. A gyógyszer-tárnak speciális munkavédelmi kenőcse is volt, amelyet a közeli faluban levő bútorgyár megrendelésére készítettek 20–40 kg-os mennyiségben.

28 1953 és 1968 között létesített közigazgatási egység Erdélyben
29 Altató-nyugtató szer
30 Regenerator de păr

A patikának volt kétféle köhögés elleni szirupja, amely kakukkfűkivonatot tartalmazott, külön gyerekeknek, illetve felnőtteknek szánt adagban. Ugyancsak meghűlésre volt dr. Horváth Tibornak egy speciális Antigripal tablettája, amelynek a receptjét senkinek sem adták oda. Ősszel készítették még a Gripulmint, amely a gyógyszer-tár speciális kúpja volt meghűlésre. Olyan olajokat tartalmazott, mint az eukaliptusz és a kámför. Horváth gyógyszerész egy másik saját készítménye volt a pikrinsavas hüvelytabletta, amelynek hüvelygomba esetén lokális flórajavító hatása volt.

Dr. Horváth Tibor Németországban is tanult, ahol már alkalmazták a vadgesztenye kivonatát visszérre. Elhatározta, hogy hazajön és kikísérletezi a vadgesztenye hatóanyagának, az eszcinnek a kivonási módszereit és felhasználási módjait. Ősszel a gyógyszer-tár dolgozóinak egy része elment

gesztenyét szedni óriási kosarakkal a temetőbe, parkokba és olyan helyekre, ahol tudták, hogy van gesztenye. Ezt követően megpucolták a gesztenyét, négybe vágták, majd ledarálták. Mivel nem volt a daráláshoz eszköz a gyógyszer-tárban, egy vendéglő hűsdrálóját kérték kölcsön. A ledarált gesztenyét megfőzték és szeszes kivonatot készítettek belőle. Horváth Tibor doktori dolgozatából kiderül, hogy a mérések során arra a következtetésre jutott, hogy az eszcin legjobb oldószere a 60°-os etanol, ugyanis ekkor az eszcin hozama 0,455 %.³¹

A cukorgyárban volt egy lepárló készülék és ebben párolták le az alkoholt. Így visszamaradt az Extractum Hippocastani siccum³², melynek hatóanyag-tartalmát vékonyréteg kromatográfiával és papírkromatográfiával ellenőrizték le. Ezt a vizsgálatot a Maros megyei Gyógyszerellenőrző

31 Dr. Horváth Tibor doktori dolgozata 1970-ből – Studiul unor noi medicamente venotonice din droguri indigene, 10. oldal
32 Száraz vadgesztenye-kivonat

Laboratóriumban tudták elvégezni. Hemolitikusindex-meghatározást³³ is végeztek birkavéren, az eszcinnek ugyanis is thrombus-oldó³⁴ hatása van. A végerméket három formában használták fel: Castanil belsőleges készítmény, -kenőcs és -kúp aranyérre és visszérre.

Magisztrális készítmények

A saját készítmények mellett kiemelkedő szerepe jutott a magisztrális készítményeknek, amelyeket a gyógyszerész készített el az éppen hatályban levő gyógyszerész-könyvvel egyezésként, az orvos előírására. Ez lehetővé tette az egyénre szabott kezelést, gyakorlati szempontból főleg a hiánykészítmények szorultak magisztrális felírásra. Ugyanakkor, ha bizonyos gyári készítmények egyes alkotórészeire nem volt szükség, akkor magisztrálisan kihagyták a nem kívánatos összetevőket.

A magisztrális receptek alkalmazásának jelentőségéről Beyer Márta nyugalmazott gyermekorvosnőt kérdeztem. Orvosi gyakorlata során gyakran használt egy közönséges sósavoldatot, különösen kisgyerekekben, de az időseknél is a gyomorsav hiányos állapot esetén. Fertőzőesés hasmenéses utáni állapotok kezelésére pedig PP-vitamint írt fel, ez ugyanis értágulatot okoz a bélben, elősegítve a folyadékviasszaszívódást. Kisgyerek esetében egy vagy két darab PP-vitamint elosztott a gyerek súlyának



6. kép. „Csak sas védjeggyel valódi”

és állapotának megfelelően, így a magisztrális receptekhez hasonlóan egyénre szabottá vált a kezelés.

Egy alkalommal a doktornő ódzkodott egy gyermek hasmenéses megbetegedésére felírandó magisztrális recept felírásától, ugyanis ez bismuthum subnitricumot tartalmazott. Mivel csecsemőkorban a bél nem képes visszartani a nitrátokat, a patika megkérdezése után bismuthum subsalicylummal helyettesítette a magisztrális receptben szereplő nitrátot. Különösen olyan vidé-

33 Szaponintartalmú drogok vizsgálatának módszere
34 Vérrögoldó

ken, ahol a kutak nitráttartalma magas, egy ilyen anyagot egyáltalán nem célzerű bevinni.

A doktornő észrevette, hogy ugyanaz a készítmény egyik patikában sokkal jobb volt, mint a másikban, ugyanis gyakran megtörtént, hogy „valamit még beleloptak az eredeti formulába”.

A magisztrális receptek felépítését illetően dr. Ajtay Mihály gyógyszerész és dr. Farkas Imre János orvos gyűjteményéhez folyamodtam. Ezekben a névre szóló receptekben meg kell jelennie a diagnózisnak, ezt követi a készítmény összetétele, amelynek jól meghatározott sorrendje van: hatóanyag, adjuvánsok³⁵, ízfajvívó és vívőanyag. Az anyag mennyisége grammban szerepel és a szerrel egy sorba kerül, jobb oldalra. A mennyiség kifejezésére három rövidítést használnak: aa. (ana partes)³⁶, qs. (quantum satis)³⁷ és ad³⁸ (9. kép). Amennyiben az orvos a napi megengedett mennyiségnél nagyobb

Dr. Beyer Márta praxisa során azonban a tendencia a magisztrális receptek használatára jelentősen csökkent, főleg a '90-es években, mára pedig kiment a divatból. Ennek ellenére úgy látja, hogy a daganatos betegségek kezelésében a személyre szabott gyógymódok terjeszkedésének köszönhetően hamarosan újra reneszánsza jöhet ezeknek az egyénített termékeknek.

Sóbester Klára azonban ma is készíti magisztrális készítményeket. Pszichiátriai betegek esetében is fontosak ezek a magisztrális receptek, ugyanis így elkerülhető több gyógyszer bevitelének szükségessége és a betegnek csak egy készítményt kell bevennie. A pirulák mellett oldatokat, kúpokat, osztozott porokat⁴⁰ és krémeket is készítenek.

Ezeknek a recepteknek az elkészítése korántsem

volt egyszerű feladat. Kiemelt jelentősége volt az inkompatibilitások ismeretének dr. Ajtay Mihály egyik cikkében bővebben leírja azt, hogy ezek az elegy elnedvesedésével, az aktív komponensek kiválásával, vagy akár robbanó elegy keletkezésével is járhatnak. Hogy csak egy példát emeljünk ki, ha Aszpirint és Piramidot összekeverték, egy túrós állagú terméket kaptak. Ebben az esetben kalcium-karbonátot adnak a vegyülethez, az inkompatibilitást nem lehet minden esetben elkerülni. Erre megoldás lehet a közeg pH-jának megváltoztatása, esetleg helyettesíteni vagy parítani kell egyes komponenseket.⁴¹

A gyógyszerészek mindennapjai

A marosvásárhelyi 1-es számú gyógyszerertár egész nap nyitva volt, ugyanis este is bent volt egy patikus. Bár a gyógyszerertár 8-kor nyitott, a gyógyszerészek 7-re mentek be a patikába feltölteni a fiókokat és a polcokat gyógyszerekkel. Ez volt az úgynevezett impleálás. A gyakran kért és előre csomagolt gyógyszerek mindig kéznél

40 Főleg kisgyerekek esetében készítik.

Felosztanak két-három tablettát és egy ártalmatlan kötőanyaggal, általában tejcukorral felhígítják.

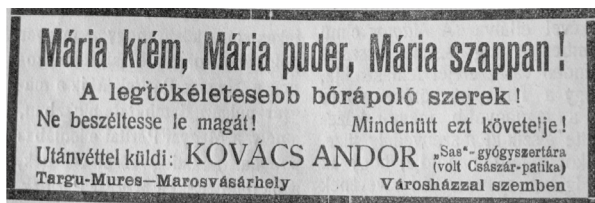
41 Orvosi Szemle, 1961. – Dr. Ajtay Mihály – Inkompatibilitáti farmaceutice, 79. oldal



8. kép. Erdély egyik legszebb gyógyszerertárának tartották

voltak. Az officinában négy munkaszalt volt, egy-egy gyógyszerésszel. Az első asztalnál a magisztrális recepteket vették át, a másodiknál az ingyen recepteket, a másik két asztalnál pedig a kézi eladás folyt. Ha a beteg rossz helyre állt, a másik asztalhoz tanácsolták.

Középen volt egy orosz szekrény, az úgynevezett verstuska, amely ugyancsak gyógyszereket tartalmazott. Azért, hogy minél hamarabb megtalálják a készítményeket, a fiókokra a gyógyszerek dobozát ragasztották. Az officinában volt egy



7. kép. „Mária krém, Mária puder...”

adagot ír fel, ezt betűkkel is el kellett ismételnie, kézjeggyel és pecséttel kellett ellátnia, illetve meg kellett jelennie a „sic volo”, azaz úgy akarom kifejezésnek is.

1960 után ennek kötelezően meg kell jelennie abban az esetben is, ha bármilyen összetevőből a megengedett mennyiség-nél több szerepel a recepten. Korábban ez csak a mérgező és a separandás³⁹ szerek esetében volt kötelező. Ez azt jelentette, hogy az aszpirin, kálium-jodid és vízhajtó esetében is figyelembe kellett venni a maximális mennyiséget. Ha az orvos nem írta oda a „sic volo” kifejezést és túllépte a kijelölt mennyiséget, a gyógyszerész kötelessége volt ezt a maximális adag felére csökkenteni az orvos megkérdése nélkül.

Csatlós Mária és Marton Erzsébet pályája során a magisztrális receptek használata nem csökkent, sőt egyenlő arányban voltak jelen a gyári készítményekkel. Jelentőségüket az is mutatja, hogy az 1-es számú gyógyszerertár négy officinában levő asztala közül egy csak ezeknek a receptek volt fenntartva.

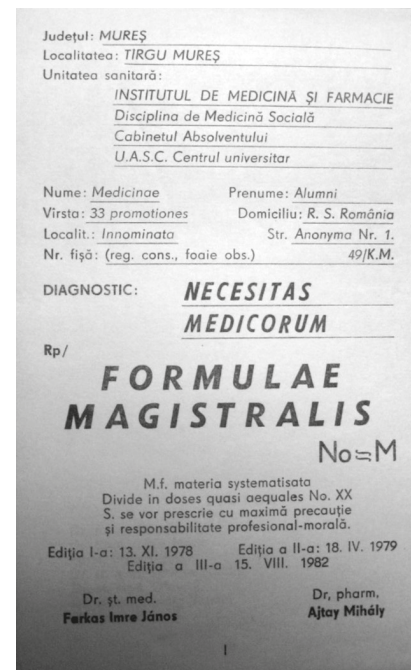
35 Hatásnövelő alkotóelemek

36 Használj egyenlő mennyiségben

37 Amennyi szükséges

38 Egy bizonyos mennyiségig kiegészíteni

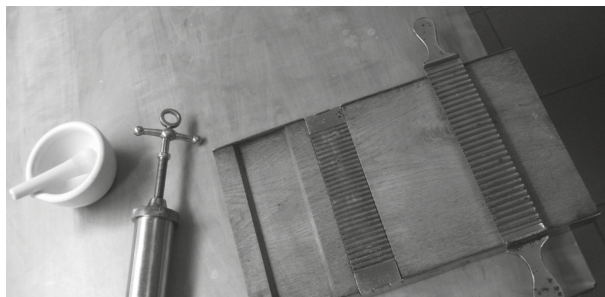
39 Zárt szekrényben tartandó szerek, mint az ópium, papaverinhidroklorid,



8. kép. Magisztrális recept

tábla, amely 200-ig volt megszámozva. Amikor egy magisztrális recept érkezett a gyógyszerertárba, a beteg kapott egy számot. Amikor a táblán kigyúlt az egyik szám, elkészült a gyógyszer.

A gyógyszerertárnak volt egy laborja, ahol a gyógyszereket csomagolták fel. Emellett volt egy pincéje, ahol a vegyszereket (ke-



9. kép. Mozsár, kúpkesztő és tablettázó

mikáliákat) tartották, volt egy iroda, ahol a recepteket számolták, egy receptúra, egy raktár, analízis szoba, ahol a beérkezett vegyszereket ellenőrizték, mosdó, aszeptikus szoba és öltöző.

Az officina mögött volt a nagy labor, ahol a különböző gyógyszereket készítették. A gyógyszerárban volt két kúpkesztőgép is, amelyek közül az egyik egyszerre több csíkot tudott elkészíteni. Ezt követően ezeket felvágták. Volt pirulázó gép is, melylyel gömb alakú pirulákat tudtak készíteni (9. kép). Ahhoz, hogy a pirula megtartsa a formáját kötőanyagra is szükség van, amelyhez eleinte sörélesztőt használtak. Ez azonban hamar penészedik, így ezt később égetett karamellből készítették. Az oldatok, krémek és ecsetelők mellett

kapszulákat is készítettek, amelyeknek két típusa volt: papír- és ostyakapszula. Mindkettőbe olyan kártyák segítségével mérték ki a megfelelő pormennyiséget, amelyeket a röntgenfelvételek lemosásával és felvágásával kaptak. A kész termékek felcímkézésének jól meghatározott rendszere volt⁴².

Zárszó

A gyógyszerészet csak egy kis szegletét tudtam belefoglalni a dolgozatomba. Mégis úgy érzem, hogy a kérdésem megválaszolása közben azt is sikerült megmutatnom, hogy a gyógyszerészet mennyire szerteágazó tevékenység és hogy milyen széles körű tudással kellett a gyógyszerésznek rendelkeznie, tehát minden tiszteletünket megérdemlik. ☞

42 A külsőleges szer piros címkéjére az Extern szó került, a belsőleges kék címkéjére az Intern szó, míg a steril oldatok címkéje sárga volt. Mindeniken szerepelt a készítés dátuma, a gyógyszerész és a gyógyszer neve.

Az adatközlők mellett köszönettel tartozom Máthé Márta és Szász Ágota tanárnőknek, akik segítettek és mellettem álltak a munkám során.

A szerző az Orvostudomány kategória második díjasa.

Irodalom

- Orvosi Szemle számai 1960-1980
Gyógyszerészek évkönyve, 1941.
Dr. med. Farkas Imre János és Dr. pharm. Ajtay Mihály: Formulae Magistralis
Horváth Tibor: Studiul unor noi medicamente venotonice din droguri indigene, 1970.
Mesterséges gyűjtemény, 1806.
Házi különös orvosságok, 1785.
Gelencei orvosló könyvecske
Gyógyszerési Szemle 1941.június 21., VI. évfolyam, 25.szám
Péter H. Mária: Az erdélyi gyógyszerészet magyar vonatkozásai
Péter H. Mária: Az erdélyi gyógyszerészet magyar vonatkozásai II.
Pharmacopea Austriaco-Providentialis, 1774
Magyar Gyógyszerészkönyv, 1871
Orient Gyula: Az erdélyi és bánáti gyógyszerészet története
https://www.umftgm.ro/fileadmin/medicina/catedru/M2/Farmacologie/8_Gyogyszerrendeles.pdf

Háztartási szűrkevizek és csapadékvíz környezethatékony újrahasznosítása

FILIPCSUK PÉTER GUSZTÁV-JÓNÁS ANDREA PETRA

Kisvárdai Bessenyei György Gimnázium és Kollégium

Földünk ivóvízkészlete folyamatosan csökken, és ennek ellenére sem fordítunk komoly figyelmet ennek megváltoztatására. Egyszerű módszerekkel nagy mennyiségű vizet hasznosíthatnánk újra, többek között a szűrkevizet. A szűrkevizet környezettudatos és környezethatékony technológiával, deríthetőek, majd újrahasznosíthatóak.

1. A háztartásokban használt vizek körülbelül 65%-a szűrkevíz, ami indokoltá teszi az újrahasznosítását. Ezért szeretnénk kidolgozni, hatékony, újszerű módszereket a szűrkevizet kezelésére, amellyel kiaknázhatóvá válnának a szűrkevizekben rejlő lehetőségek.

Vizsgálataink során több célt is kitűztünk: Célunk, hogy különböző eredetű szűrkevíz-mintákat megvizsgáljunk több szempontból, amelyek a zéta-potenciál, pH, zavarosság, biológiai oxigénigény, vezetőképesség, teljes szerves széntartalom. A tisztítás szempont-

jából a zéta-potenciál értéke prioritást élvez, mivel megadja, hogy mennyi derítőszer szükséges a szűrkevíz kezeléséhez. A kezelés egyik legfontosabb lépése a kolloidok által létrehozott stabil, diszperz rendszernek a megbontása, a szemcsék felületi töltésének abszolút értékbeli csökkentésével kevesebb, mint 5mV-ra. A koagulálás és flokkulálás folyamatának vizsgálásához a szűrkevizekhez különböző minőségű koagulálószeret adunk (Al₂(SO₄)₃, FeCl₃). [1] Az innen kapott eredmények segítségével tanulmányozni fogjuk, hogy a koagulálószer mennyisége hogyan befolyásolja a fentebb ismertetett vizsgált paramétereket, illetve meghatározzuk a derítéshez szükséges és elégséges derítőszer mennyiségét. E módszerrel lehetséges a lebegő anyagok teljes leválasztása, túlzott vegyszerhasználat nélkül.

2. Célul tűztük ki továbbá különböző típusú háztartási (fürdésből és mosásból származó) szűrkevizet vegyszermentes újra-

hasznosítását is. A szűrkevíz-kezelés megoldására építettünk egy bio-homokszűrőt, mely alkalmas lehet a szűrkevizet megfelelő (ház körüli alkalmazás esetén) mértékű tisztítására.

3. Másik szempontból közelítve meg az emberiség problémáját, nem elhanyagolható a csapadékvíz jelentősége sem. Ezért elvégeztük a lakóhelyünkről származó makrocsepdek (víz és hó) kvalitatív (pH, vezetőképesség, zavarosság, teljes szerves széntartalom, savasság) analízisét. Mintavételezéskor nyílt terepről és ereszcatornából kifolyó vízmintákat egyaránt gyűjtöttünk és vizsgáltunk. Célunk, hogy az eredmények alapján egy konkrét családi házra elvégezzünk egy általános csapadékvíz hasznosító rendszer beruházás értékelését.

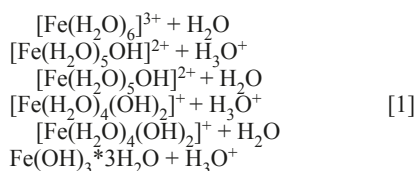
Hazánkban a növekvő vízigény a felszín alatti vizek mellett részben a felszíni vizek hasznosításával fedezhető, azonban e

vizek lebegőanyagokat tartalmaznak, melyeket el kell távolítani. A lebegőanyagoknak egy része szűrővel, ülepitéssel eltávolítható. Erre a legegyszerűbb megoldás egy bio-homokszűrő megépítése, mely a szuszpendált szilárd anyagok jelentős részét képes megszűrni. Továbbá a koagulálás-flokkulálás technológia lehet egy másik lehetséges módszer a vizekben lévő szennyeződések eltávolítására.

Anyag és módszer

Méréseinkhez szűrkevíz-mintákat használtunk, melyeknek eredete különböző volt. A mintákat 2 csoportra osztottuk, mosogatásból és fürdősből származó szűrkevizekre.

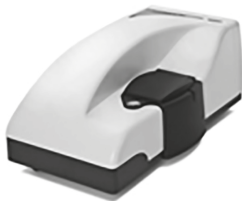
A derítéshez vas(III)kloridot (FeCl_3) használtunk vegyszerként. A FeCl_3 hidrolizise az alábbi egyenleteknek megfelelően megy végbe:



A kicsapószerként adagolásra kerülő vas(III)-sók hidrolízisének eredményeként vas-hidroxidok keletkeznek. A képződő pozitív töltésű vas-hidroxid koagulálja és flokkulálja a szennyvíz lebegőanyagait, kolloidális méretű részecskéit. [2]

A zéta-potenciál mérését a Malvern Instruments által gyártott Zetasizer Nano ZS típusú készülékkel végeztük. A mérések kivitelezésénél fontos körülmény volt a kevertetés ideje és sebessége. A szűrkevíz-mintákhoz a derítőszer adagolásával egy időben kevertetést indítottunk be az ARE Heating Magnetic Stirrer típusú mágneses keverő segítségével. A keverési sebességet úgy választottuk meg, hogy az oldat ne fröccsenjen ki a főzőpohárból (4-es keverési fokozat, 30 másodperc időtartam), azonban megfelelően biztosítsa az elegyedést. Kevertetés után kivettünk 45 ml-t a már kezelt mintánkból és 5 percig hagytuk ülepedni. Időközben jól látható volt az aggregálódás. Öt perc elteltével fecskendővel vízmintát vettünk a már flokkulált szűrkevízből a folyadékoszlop 2/3-ad magasságából, melyet a zéta-potenciál mérő készülék kapilláris mintatartójába töltöttünk. Mérés és számítógépes elemzés segítségével kaptuk meg a vízminták zéta-potenciálját, mely 3 mérés átlagértéke, ugyanis a gép 3 mérést végez el egy mintán, és azoknak adja meg az átlagát. [1]

A pH hatása fontos a mikrobiológiai folyamatokra nézve. A pH értékeket MultiLine P4 terepi mérőműszerrel mértük.



1. kép. Zetasizer Nano ZS készülék



2. kép. Kapilláris mintatartó



3. kép. TURB 550 IR zavarosságmérő műszer

A zavarosság a vízben jelenlévő diszkrét részecskék fényelnyeléséből és fényszórásából tevődik össze. Ezért a zavarosság értéke nem fejezi ki közvetlenül a vízben lévő lebegőanyagok mennyiségét. Tájékoztató, összehasonlító vizsgálatra azonban alkalmas, gyors módszer. [3]. A zavarosság mérését a TURB-555-IR nevű zavarosságmérővel végeztük, efelometriás zavarosság egységekkel dolgozva (NTU). A zavarosságot három párhuzamos mérés segítségével állapítottuk meg, egy felrázás utáni állapotban, illetve öt perc elteltével egy nyugalmi állapotban.

A Shimadzu TOC-VCPN készülék alkalmas oldatminták szerves és szervetlen széntartalmú komponenseit jellemző összegparaméter megadására. [3] A készülék segítségével több mérési funkció közül is választhatunk, számunkra a teljes széntartalom (TC) (azaz a teljes szerves széntartalom (TOC), plusz a teljes szervetlen széntartalom (TIC)) mérését találtuk fontosnak, a minta katalitikus oxidációjával képződött szén-dioxid mérés alapján.

A biológiai oxigénigény (BOI) az az oldott oxigénmennyiség, amely a vízben levő szerves anyagok – aerob baktériumok általi – lebontásához bizonyos időtartam és hőmérséklet mellett szükséges. Itt fontos megjegyeznünk, hogy a vízmintákat termosztát szekrénybe való behelyezés után, a vizsgálat ideje alatt (ami öt napot vett

igénybe) folyamatosan 20°C-on tartottuk. A ma legáltalánosabban használt BOI érték megadási mód a BOI_5 (mg/l): amely egy liter vizsgált minta öt nap alatti vizsgálat során felhasznált biológiai oxigénigényét adja meg, O_2 -ben (mg) kifejezve. Értéke nagyon sok tényezőtől függ. Függ az inkubációs időtől, a nitrifikációtól, környezeti tényezőktől közülük is legfőképpen a pH-tól és a hőmérséklettől. A méréshez szükség van standardizált és reprodukálható körü-



5. kép. Shimadzu TOC-VCPN készülék

ményekre (állandó hőmérséklet, vizsgálati idő, tápanyagok és nyomelemek, korlátlan mennyiségű oxigénforrás). A méréseket OxiTop IS 12 típusú műszerrel végeztük. Az eredmények pontossága érdekében 10 liter szűrkevizet vizsgáltunk, két literekre bontva. Mindegyik két literes mintából 3db BOI mintát raktunk be mérésre. [8]

A koagulálás, flokkulálás vizsgálatához vas(III)-kloridot alkalmaztunk, amely törzsolat koncentrációja 20 g/dm^3 amelyből eddig 2 és 10-szeres hígítású oldatokat készítettünk. A későbbiekben már csak a törzsolatot használtuk. Ezeket adagoltuk a 100 cm^3 -es keverék szűrkevíz-minta részletekhez, majd 30 másodpercig kevertük őket mágneses keverővel (ARE Heating Magnetic Stirrer, 4. fokozat). A keverés leállítása után mintát vettünk a zavarosság méréséhez. Ezután zéta-potenciál méréshez 45 ml kezelt vízmintát mértünk ki, majd 5 perc ülepedési idő után a folyadékoszlop 2/3-ad magasságából vettünk minden méréshez mintát. [6]

Mérési eredmények és értékelésük

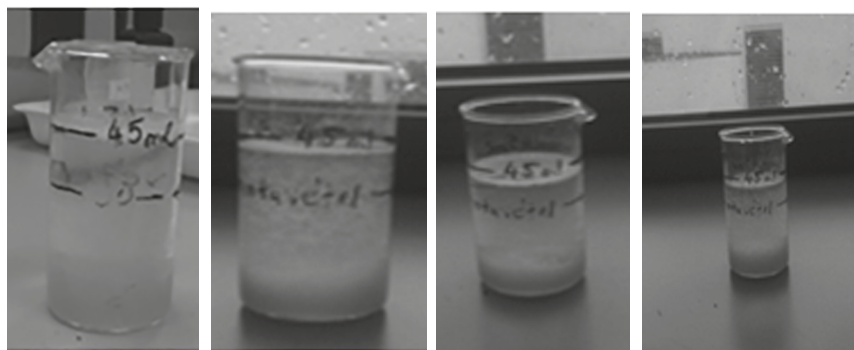
Vizsgáltuk a fürdősből és mosogatásból származó szűrkevíz-minták kiindulási zéta-potenciál értékét, pH-ját, zavarosságát, biológiai oxigénigényét

4. kép. MultiLine P4 univerzális kézi-mérő-műszer



6. kép. OxiTop IS 12 típusú műszer



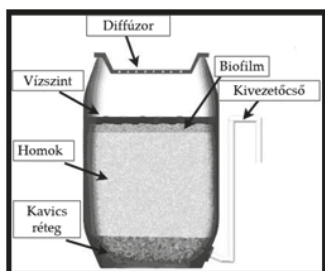


1 ml törzsoldat 1,25 ml törzsoldat 1,5 ml törzsoldat 1,75 ml törzsoldat

7. kép. A derítés eredményessége különböző mennyiségű derítőszer hatására

és teljes szerves széntartalmát. A méréseket a mintavételtől számított 24 órán belül elvégeztük. Fontos azonban, hogy az átlagértékek esetenként nagyban eltérnek egy-egy minta zéta-potenciáljától. Tehát a származás helye, és a szennyeződés mértéke nagyon fontos a szűrkevíz-minták vizsgálatánál

Az eredmények alapján a fürdővizek zéta-potenciál átlaga kisebb volt, mint a mosogatóvízből származó vizeké. Az ered-



8. kép. A bio-homokszűrő felépítése



9. kép. A csapadékhasznosító rendszer

mények többnyire annak tulajdoníthatóak, hogy fürdésnél nem kerül annyi kolloidális méretű részecske a vízbe, mint mosogatásnál. Mosogatás során a zsírok és az olajok az oldatba vitelükhöz szükséges felületaktív anyagoknak köszönhetően kolloidális állapotban kerülnek a vízbe és a nagy tenzid-koncentrációnak köszönhetően stabil kolloid rendszert képez, mely megmutatkozik a nagy zéta-potenciál-értékekben is (1. ábra).

A szűrkevíz-minták pH átlaga fordított tendenciát mutatott, mint az átlagos zéta-potenciál értékek. A semleges pH-tól való eltérés a fürdővizek esetén nagyobb volt, mint a mosogatóvizek esetén (2. ábra).

A kezelés menetének elsajátítása során kétszer kezeltünk szűrkevíz-mintákat 10 g/dm³-es és 2 g/dm³-es koncentrációjú vas(III)-klorid oldattal különböző mennyiségben adagolva a 100 cm³-es keverékminta részletekhez. Keverékminta elkészítése több szűrkevíz-mintából történt, azonos csoportból (azaz, vagy csak mosogatóvíz vagy csak fürdővíz). A FeCl₃-oldat adagolása után, mágneses keverővel 30 másodpercig kevertük, majd mintát vettünk a zavarosság méréshez és zéta-potenciál méréshez. Ezután hagytuk a mintákat ülepedni. A +/- 5 mV közötti zéta-potenciál érték már megfelelő lenne ahhoz, hogy a vízmintából kolloid méretű szennyeződés flokkulálódjon, vagyis a minta újrahasznosítható legyen, amely még nem sikerült, csak ahhoz közelebbi értéket sikerült produkálnunk. Több különböző koncentráció tesztelése után végül a +/- 5 mV közé eső kívánt eredményeket a 20 g/dm³ koncentrációjú törzsoldattal kaptuk meg. Mosogatóvizet kezeltünk ezzel a koncentrációjú törzsoldattal.

A kezelés hatására szinte már minden zéta-potenciál érték a kívánt tartomány közelében járt sőt, jó néhány azon belül is volt. Ezen kezelésekek közül a 1,5 ml-es mennyiségű törzsoldat volt a leghatékonyabb, mivel az ezen törzsoldattal kezelt minta értéke járt a legközelebb az izoelektromos ponthoz, vagyis a nullához (3. ábra).

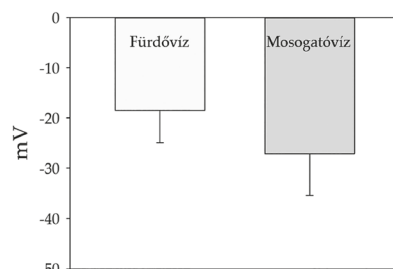
Szintén vizsgáltuk a pH-t is, mivel az is fontos a későbbi felhasználás céljából. A pH nem esett túlzottan savas tartományba, ezért ilyen szempontból szintén sikeresnek mondható a kezelés (4. ábra).

A zavarosság-értékek alapján a leghatékonyabb kezelés itt is megfelelőnek bizonyult. Fontos megjegyeznünk, hogy az eredmények alapján nagy szerepe

van az üleptetésnek, hiszen az üleptetés utáni zavarosság értékek voltak a legkisebbek, tehát ebből az következik, hogy üleptetés után sokkal hatékonyabban szűrhetők az aggregálódott részecskék (5. ábra).

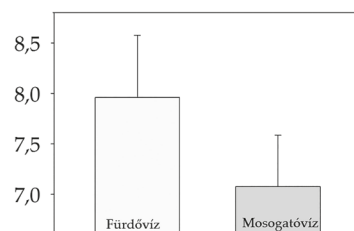
Bio-homokszűrő

Kutatásunk során kidolgoztunk egy rendkívül egyszerű megoldást is a szűrkevizek szűrésére, amely egy bio-homokszűrő megépítésében valósult meg. A szűrő felépítése roppant egyszerű. A tartály tetején található egy diffúzor, amelynek alján kis lyukak vannak, ezáltal lelassítja a hirtelen bezúduló víz áramlási sebességét, így megakadályozza, hogy a víz felkavarja a bio szűrőt. A tartály belsejében három réteg különül el. A legfelső réteg egy



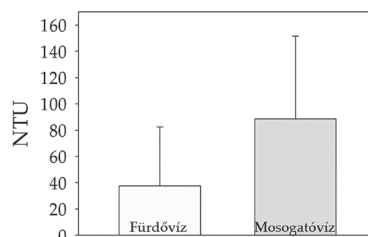
Szignifikáns különbség (ANOVA p<0,05)

1. ábra. Zéta-potenciál értékek kezelés előtt



Szignifikáns különbség (ANOVA p<0,05)

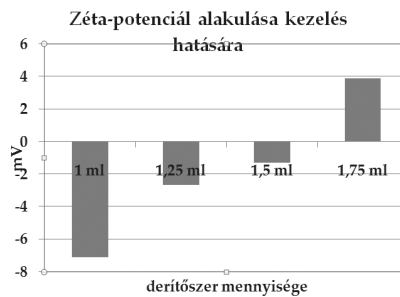
2. ábra. pH értékek kezelés előtt



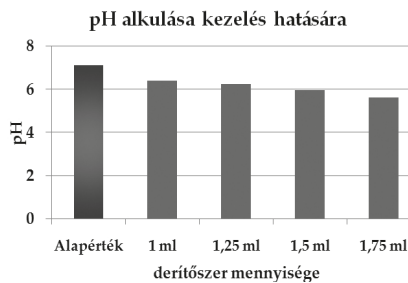
Szignifikáns különbség (ANOVA p<0,05)

3. ábra. Zavarosság értékek kezelés előtt

homokrét, az alatta lévő réteg apróbb kavicsokból tevődik össze, melyet egy hasonló réteg követ, viszont e rétegben a kavicsok mérete sokkal nagyobb. A már megszárt szűrkevíz kivezetéséhez szükségünk van PVC csőre is, mely a



4. ábra. Zéta-potenciál értékek kezelés után



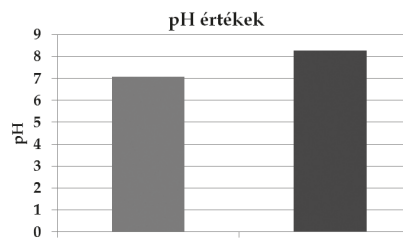
5. ábra. pH értékek kezelés után



6. ábra. Zavarosság értékek kezelés után

tartály aljától egészen a tetejéig vezet a rétegeken keresztül és rendelkezik egy kivezető nyílással.

A szűrő elkészítése után kisebb mennyiségű szűrkevizet öntünk a szűrőre. A vízben, homokrétegben és kavicsrétegben lévő mikroorganizmusok elegendő oxigén jelenlétében, körülbelül három hét múlva egy biofilmet képeznek a víz tetején. A biofilm létrejötte után megkezdődhet a szűrés. A friss szűrkevizet lassan a szűrőbe öntjük, amely a hidrosztatikai nyomásnak köszönhetően végigmegy az egyes rétegeken. A legfelső réteg a biofilm, amely megszűri a vízben lévő szuszpendált szilárd anyagokat, valamint a kórokozók jelentős részét. A víz innen tovább halad a kisebb méretű kavicsokkal teli rétegen, amely tovább szűri a vizet, bár itt már nem annyira jelentős mértékben. E rétegnek köszönhetően a víz a nagyobb méretű kavicsokkal teli rétegre jut, amely a vizet a kivezető cső felé áramoltatja. Ennek a rétegnek az aljában található a kivezető cső, amely apróbb lyukakkal van teli, hogy a víz ezen a lyukakon ke-



7. ábra. Teljes szervesszén-tartalom (TOC) és biológiai oxigénigény (BOI) után

resztül a csőbe jusson. A hidrosztatikai nyomásnak az ellenáramlásnak, valamint az egyes rétegek nyomásának köszönhetően a már megszűrt víz a csövön keresztül a tárolóba jut. [7]

Jelen esetben is végeztünk szűrés előtti és utáni kémiai paraméter méréseket.

Fürdővizekkel foglalkoztunk, melyeket három különböző forrásból vettünk.

A teljes szerves széntartalom (TOC) igen magasnak bizonyult, amely a fürdővízben lévő detergenszeknek köszönhető (6. ábra).

A biológiai oxigénigény (BOI) fogalmából adódik, hogy, mivel a teljes szerves széntartalom érték igen magas volt ezért ezzel az értékkel párhuzamosan a BOI érték is magasnak bizonyult (6. ábra).

A szűrő hatékonyságát mutatja a kapott eredmények, ugyanis a kezdetben magas TOC, illetve BOI értékek nagymértékben csökkentek. pH értékeket szintén vizsgáltunk a szűrés folyamán is (7. ábra).

Csapadékvíz-gyűjtés

Természetes úton megközelítve az emberiség problémáját, nem is gondoljuk, mennyi esővizet hagyunk kárba veszni, holott már akkor is pénzt takarítunk meg, ha néhány hordót kihelyezünk az eres alá és ebből locsoljuk pl. a balkonnövényeket. Komolyabban véve a kérdést sokkal jobban is járhatunk, mivel egy 100 m²-es tetőről évente 50-60 m³ esővíz is gyűjthető és ennek teljes újrahasznosításával akár 50 %-os ivóvízmegtakarítás is elérhető

Ha ezt komolyan vesszük érdemes elgondolkodni a beruházáson. Talán az egyik legfontosabb beruházási eszköz maga az esővízgyűjtő. Legnépszerűbb a beton illetve műanyag ciszterna. Kutatásainkhoz kapcsolódóan egy 100 m² hasznosítható tetőfelületű családi házra elvégeztünk egy általános csapadékhaznosító rendszer beruházás értékelését, arra keresve a választ, hogy anyagi szempontból megéri-e egy ilyen befektetést megvalósítani, és ha igen milyen feltételek mellett. A beruházás

kezdő pénzáramának összetevői azok az eszközök, amelyek a csapadékvíz hasznosító rendszerhez szükségesek: durvaszűrő (8000 Ft), finomszűrő (11 000 Ft), ciszternaszervelvény (54 000 Ft), hidrofor (32 000 Ft), segédberendezés (19 000 Ft). A beruházáshoz kapcsolódó tőkésíthető kiadásokhoz tartozik a szerelési költség (10 000 Ft). Továbbá szükségünk van áramra is a hidrofor működtetésére, amelynek értéke 32000 Ft. A rendszer kiépítésének összköltsége 143 047 Ft. Az éves csapadékösszeget 540 mm-ben határoztuk meg (Gyulaházán), mely átváltva 0,54 m. Ez egy 100 m²-es tetőfelületen 54 m³ hasznosítható vizet jelent. A csatorna díja 530 Ft/m³ s ezt beszorozva az 54 m³-rel kapjuk meg a 28 660 Ft-ot. Továbbá megspórolhatjuk a vízdíj árát is, amely jelenleg 423 Ft/m³ beszorozva a csapadékmennyiséggel (54 m³) a megspórolt összeg 22 865 Ft Ha a kiadási költségeket osztjuk a bevételi értékkel, azt kapjuk, hogy körülbelül három év alatt (2,8 év) megtérül a beruházás értéke.

Összegzőként elmondhatjuk, hogy a kapott eredmények alapján a szűrkevizek kezelésére a vegyszeres módszer, illetve a vegyszermentes megoldás is rendkívül hatékonynak bizonyult. Hiszen a kezelt, illetve megszűrt szűrkevizet szabadon felhasználhatóak a ház körül. pl. WC- öblítésre, autómosásra, valamint locsolásra is. Jövőbeli céljaink között szerepel, hogy ezeket a módszereket nagy méretekben is megvalósítsuk, tehát prototípusok megépítése a fő célunk a jövőre nézve. ♦

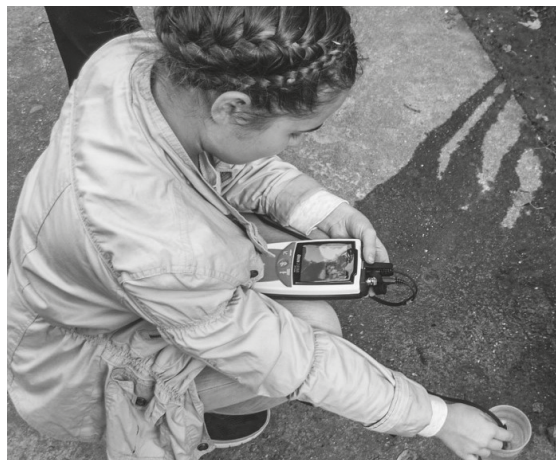
Irodalom

- [1] UNGVÁRI LEVENTE, KE CZÁNNÉ DR. ÜVEGES ANDREA: Szűrkevizék zéta-potenciáljának vizsgálata derítőszer adagolás optimalizálása céljából, Debreceni Műszaki Közlemények 2013/2
- [2] HAN CZ PÉTER Koaguláció-flokkuláció, vizsgadolgozat, 1994.
- [3] DR. BORDA JENŐ - DR. LAKATOS GYULA - DR. SZÁSZ TIBOR: Környezeti kémia II. egyetemi jegyzet, KLTE, 1994.
- [4] DR. BENEDEK PÁL, VALLÓ SÁNDOR: Vízisztítás-szennyvíztisztítás zsebkönyv, Műszaki könyvkiadó, Budapest, 1990.
- [5] SOSTAR-TURK, S., PETRINIC, I., SIMONIC, M., 2005. Laundry wastewater treatment using coagulation and membrane filtration. Resour. Conserv. Recy. 44, 185–196.
- [6] SHARP, E.L., PARSONS, S.A., JEFFERSON, B. 2006. The impact of seasonal variations in DOC arising from a moorland peat catchment on coagulation with iron and aluminium salts. Environ. Pollut. 140, 436–443
- [7] http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CAWST%202009%20Biosand%20Filter%20Manual.pdf
- [8] <http://eng.unideb.hu/userdir/bodnari/varosenergetika/laborsegedlet-kg-veszm.pdf>

Modell és valóság

FREY SÁRA–VARGA MÁRTON
Boronkay György Szakközépiskola, Vác

Vácott, a Boronkay laboratóriumában kutatócsoportunk évek óta foglalkozik mikrobiológiával. Minden héten, pénteken fizikatanárunkkal, Tóth Eszterrel, valamint régi és új társainkkal együtt ássuk bele magunkat a mikrobiológiába, így ez igazán izgalmas élménnyé válik mindannyiunk számára.



1. ábra. A baktériumokat falusi kutak fogyasztható vizéből gyűjtöttük. A helyszínen mértük a víz hőmérsékletét, vezetőképességét, pH-ját

Jelenlegi témánk évekkal ezelőtről származik, amikor népi gyógymódok mikrobiológiai hátterét próbáltuk feltárni. Mára a hétköznapi „gyógyszerek”

2. ábra. A baktériumokat cikcakkos szélesztéssel izoláltuk [1]. Amoxicillin hatóanyagot használtunk. A Petri-csészébe öntött táptalaj általános, húsos táp volt



közül a fohagyyma maradt meg a laborunkban, aminek hatását antibiotikumokéval hasonlítjuk össze. Mindeközben fontosnak tartottuk az alapvető mikrobiológiai módszerek és folyamatok pontosabb megismerését, hiszen egyikünk sem profi.

Kísérleteinket fogyasztásra is alkalmas kútvizből nyert baktériumokkal végezzük, amelyeket steril körülmények között izolálunk, megfelelő védőfelszereléssel kezelünk az iskolában (**1. ábra**). A baktériumoknak szükségük van táptalajra, amin a telepek növekedhetnek, és szabad szemmel is jól megfigyelhetők. Táptalajainkat magunk főzzük granulátumokból, és mi öntjük ki Petri-csészébe. Általános, húsos táptalajt használtunk, mivel ezen mind a Gram-pozitív, mind a Gram-negatív baktériumtörzsek jól tenyésztethetők (**2. ábra**).

A hatóanyagok és baktériumok kölcsönhatásának vizsgálatához megtaláltuk a legeredményesebb, számunkra is elérhető megoldást, ez pedig a korongdiffúziós eljárás. A korongdiffúziót hivatalosan kórházak laboratóriumában is használják antibiotikumok hatásvizsgálatára. A zselés általában táptalaj tetejére baktérium-szuspenziót kenünk, majd erre hatóanyaggal átitatott szűrőpapírkorongot helyezünk. A korongból a hatóanyag-molekulák minden irányban a táptalajba diffundálnak, és a mozgásuk során a felszínre érkehetnek. Abban az esetben, ha ezek közül a molekulák közül elég sok érkezik a felület egy adott, kicsiny területére, ott a baktériumok életképtelenné válhatnak. A hatóanyag korong felé közeledve egyre több részecske érkezik a felszínre, így jön létre egy baktériummentes gyűrű, a gátlási zóna (**3. áb-**

ra). Ez a zóna szemmel jól látható és átmérője jól mérhető. A méréseket eleinte erre a célra készített milliméter-beosztású skálával végeztük.

Az eljáráshoz szükséges steril korongokat nem tudtuk beszerezni, hiszen eze-



3. ábra. A hatóanyaggal átitatott korong környezetében nem tenyésznek a baktériumok, ez a terület a gátlási zóna

ket csak antibiotikummal előre kezelt formában árulják. A mi kísérleteinkben azonban nemcsak antibiotikumokkal, hanem egyéb házi készítésű hatóanyagokkal is dolgozunk, tehát kénytelenek voltunk más megoldást találni. A korongokat

$$X^2 = 4DT \cdot 2.3(\log M_0/M)$$

4. ábra. A gátlási zóna sugarának tudományos meghatározása [2]

bőrlyukasztóval szűrőpapírból vágtuk ki, majd ezeket többszörös fertőtlenítés után itattuk át saját hatóanyagainkkal.

Egy hatóanyag-baktérium párosítást sajátosan jellemez a minimális gátló koncentráció, angolul és a szakirodalomban MIC – Minimal Inhibitory Concentration. Ez azt a legkisebb hatóanyag-koncentrációt jelenti, amely még életképtelenné teszi a baktériumokat. Többek között a minimális gátló koncentráció, a MIC határozza meg, hogy kialakul-e gátlási zóna, és ha igen, akkor az milyen átmérőjű. Egy kísérlet során azonban sok minden más is befolyásolhatja a zóna átmérőjét.

A korongdiffúzió elméletéről szakirodalomban azt olvastuk, hogy a zóna átmérőjét, azaz sugarát a következő kép-

let szerint lehet számolni (4. ábra). Az X – a zóna sugara – az eltelt T (a gátlási zóna kialakulásához szükséges kritikus) időn kívül csak a hatóanyag tulajdonságaitól (D : diffúziós állandó, M : a gátláshoz szükséges hatóanyag-koncentráció, M_0 : a jelenlévő hatóanyag-koncentráció) függ. A képlet a táptalaj vastagságát azonban nem jelöli befolyásoló tényezőként! Tehát ezen elmélet szerint bár-



5. ábra. A kísérlet megkezdése után 72 órával minden Petri-csészében kialakult gátlási zónát lefényképeztünk

milyen tápvastagság esetén ugyanakkora gátlási zóna keletkezik. (Valószínűleg a cikk a szerzői gyárilag elkészített tápanyagokat használhattak, amelyek vastagsága azonos.)

Kísérleteink viszont nem ezt igazolták. Eleinte táptalajainkat szemmértékre öntöttük, így természetesen voltak kisebb-nagyobb különbségek a tápok vastagságai között. Azt vettük észre, hogy ezekben az esetekben más-más zónaátmérőket kapunk, noha minden más körülmény (a hatóanyag és annak sűrűsége, a baktérium és szuszpenziójának sűrűsége, a hőmérséklet, páratartalom stb.) ugyanaz volt. Tehát a feltételezésünk az lett, hogy mégis lehet a tápvastagság és a keletkező zónaátmérő között összefüggés. Idei egyik kutatási célunk az volt, hogy ezt az összefüggést megtaláljuk. Lehetőleg elméletileg is és kísérletileg is.

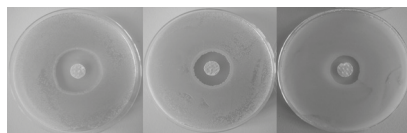
A kísérletek megtervezésénél az volt a cél, hogy a tápvastagságon kívül az összes körülmény változatlan legyen. Tehát egy adott vizsgálat alkalmával az összes korong azonos hatóanyag-koncentrációval rendelkezzen, a táptalajra azonos koncentrációjú baktérium-szuszenzió kerüljön. A Petri-csészékben azonos időben öntött táptalajok legyenek, azokat változatlan hőmérsékleten tároljuk tenyésztés előtt és tenyésztéskor is, a kísérlet eredményét pedig azonos időben fényképezzük le (5. ábra).

Az elméleti megértéshez szükséges a folyamatot mikroszkopikus méreteken elképzelnünk. Ehhez hívtuk segítségül a programozást. Egy számítógépes modellben változókat vehetünk állandónak, vagy változtathatjuk őket. Mindig azt változtatjuk, amire éppen kíváncsiak vagyunk, és közben minden más biztosan változatlan marad. A változók teljes kontrolljára van lehetőség. Ezért használtuk jelen problémánkhoz is a számítástechnikát. Mivel a korongdiffúzió során a hatóanyag molekulái – mint ahogy erre az eljárás neve is utal – diffundálnak a tápanyagban, számítógéppel egyszerűen modellezhető a folyamat. [3] A diffúzió magyarul „bolyongás”. A folyamat során a részecskék „bolyonganak”, azaz véletlenszerűen mozognak: véletlenszerű irányba, véletlenszerű időközönként történő irányváltásokkal. Ennek köszönhetően az antibiotikum-molekulák viselkedését jól lehet modellezni. A programozók jól ismerik a véletlenszerűséget, hiszen számos olyan dolog van a természetben és a társadalomban, ami ezzel írható le. (Egyébként a véletlenSZERŰség, nem véletlenül nem véletlen. Hiszen, tökéletes véletlent előállítani következetes számításokon alapuló eszközökkel lehetetlen.)

A tápvastagság és a zónaátmérő összefüggésének felderítésében egyszerűbbnek tűnhet a kísérleti megközelítés. De ez nagyon sok kísérletet igényelne, ami sok időbe és pénzbe kerülne. A programot viszont annyiszor futtatjuk, ahányszor csak akarjuk. Ezután az elméletileg kapott eredményeket „szűrőpróba-szerűen” ellenőrizzük, természetesen



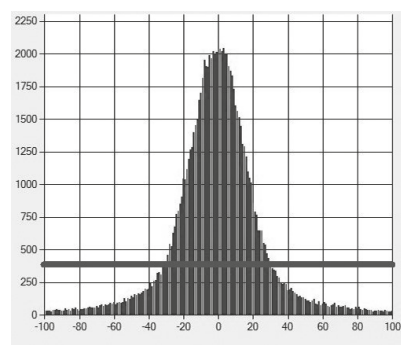
6. ábra. A hatóanyag-molekulák bolyongásának szemléltetése a diffúziós program által készített Fehér pöttyök mutatják a diffundáló molekulák pályáját a tápban



7. ábra. Balról jobbra a Petri-csészékben a tápanyag vastagsága nő. Jól látható, hogy a gátlási zóna átmérője a vastagabb tápokon kisebb

elegendő számú kísérlettel.

A tápanyagvastagság és gátlási zónaátmérő közötti összefüggést az általános felhasználásra szánt C# (ejtsd: szisárp) programozási nyelven oldottuk meg. Az elkészült program a diffúziót a következőképpen modellezi: a virtuális tápanyag tetejére helyezi a virtuális baktérium-szuszenziót, középre egy szintén virtuális korongot, ami „antibiotikummal” van „átítatva”. Innen indulnak el a hatóanyag-molekulák – akárcsak a valóságban – a tápanyagba. A program minden egyes lépésnél minden egyes molekulának új, véletlenszerű irányt választ, ezzel biztosítva a véletlenszerű mozgást. Ha egy molekula a táp aljához, vagy ritkább esetben oldalához ér, onnan „visz-



8. ábra. A modellbeli eredmények megjelenítése. A grafikon a táptalaj felszínére jutó molekulák számát (függőleges tengely) ábrázolja a korongtól való távolság függvényében (vízszintes tengely). Ahol a beérkezett molekulák száma meghaladja a MIC-et (vízszintes vonal), ott alakul ki a gátlási zóna (ebben a kísérletben körülbelül 60 egység átmérőjű)

szapattan”. Egyes hatóanyag-molekulák visszaérkeznek a felületre, a baktérium-szuszenzióhoz (6. ábra). Ha a tápanyag felületének egységnyi területére megfelelő mennyiségű hatóanyag érkezik, ott a baktériumok nem szaporodnak tovább. Ezt a „megfelelő mennyiséget” neveztük korábban minimális gátlási koncentrációnak, azaz MIC-nek. A programban ennek helyes megválasztásával illesztettük a modell eredményét a kísérletben tapasztaltakhoz. (Mondhatjuk: kalibráltunk a tapasztalataink alapján.) A hatóanyag koncentrációja csak a korong bizonyos sugarú környezetében éri el a MIC-et, ezért alakul ki véges méretű gátlási zóna.

A modell kalibrálását szolgáló kísérletünkben háromféle táptalajvastagságon végeztük el a korongdiffúziót tökéletesen ugyanúgy. A táptalajok öntését steril fecskendővel hajtottuk végre a tápvastagság pontossága érdekében. Mivel



9. ábra. A gátlási zóna átmérőjét a fényképekről program segítségével (az egyes pixelek színe alapján) határoztuk meg

Petri-csészéink alapterülete megegyezik, ezért a fecskendővel beléjük töltött táptalaj térfogata arányos a táp vastagságával. Így a kísérletek értékelése során nem a vastagságok arányával, hanem a különböző térfogatok velük azonos arányával dolgoztunk.

Először 10, 20 és 35 ml-es táptalajokat öntöttünk (7. ábra). Az eredményekből már az első értékeléskor az látszott, hogy a táptalaj vastagodásával a gátlási zóna átmérője egyértelműen csökken. A kísérletekhez hasonlóan a modellt is különböző tápanyag-vastagságokkal futtattuk. A program kiszámolta a hatóanyag-molekulák tápanyagbeli pályáját. Majd több tízmillió molekula nyomon követése után, a felületegységre érkezett molekulák számát a korongtól való távolság függvényében grafikonon ábrázolta (8. ábra). A grafikonról leolvashattuk a virtuális gátlási zóna átmérőjét, amit a kísérletek alapján kalibráltuk.

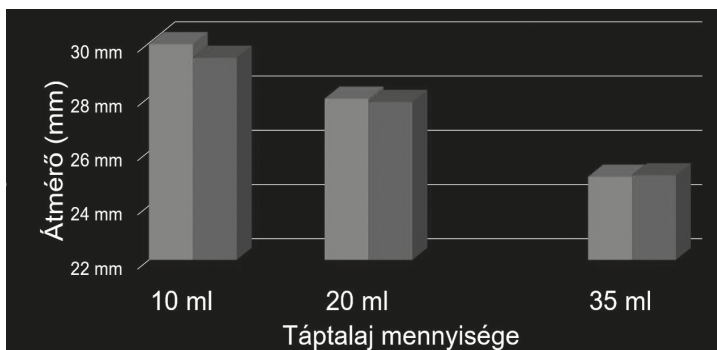
A kalibráláshoz szükséges volt a kísérletekben létrejött gátlási zónák átmérőjének minél pontosabb lemérése.

A mérés objektívá tételére programot írtunk (ugyancsak C#-ban). Az eljárás nagyon egyszerű, mert a lefényképezett táptalajok közepén van a pontosan 10 mm átmérőjű korong. A program megméri, hogy a korongnak a

fényképen hány pixel az átmérője. Így a zónaátmérő milliméterben meghatározható (9. ábra). Általában – mivel a zónák nem tökéletesen kör alakúak – több különböző irányban végeztük el a mérést egy-egy példányon, majd azok átlagát és szórását is számoltuk.

Az így kapott kísérleti zónaátmérő és a modellbeli zónaátmérő összehangolásával adtuk meg a modellben a MIC értéket. (A 9. ábrán a vízszintes vastag vonal jelzi a MIC-értékét.)

A valóságban megfigyelt eredményeket és a modell eredményeit közös grafikonon ábrázoltuk. Ebből megfigyelhető,

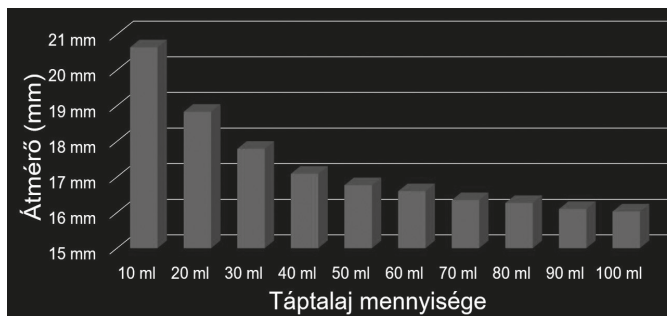
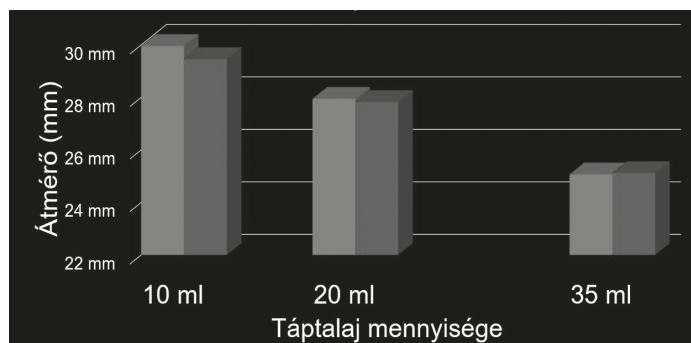


10. ábra. A zónaátmérő a Petri-csészében lévő tápanyag-mennyiség függvényében. A bal oldali oszlopok jelzik a kísérletek átlagát, a jobb oldaliak a modell adta eredmények átlagát. Ezekből az összefüggés még lineárisnak látható

hogy a tápvastagság növelésével a gátlási zóna átmérője lineárisnak látszó módon csökken (10. ábra).

Az összefüggés linearitásának bizonyí-

11. ábra. A zónaátmérő a Petri-csészében lévő tápanyagmennyiség függvényében a kiterjesztett modell eredményei alapján. A gátlási zóna átmérője vastagabb tápokot is figyelembe véve nem lineáris



12. ábra. A modellbeli eredményeket a vastagabb tápon végzett kísérletek igazolták. Az előzőekhez hasonlóan a zöld oszlopok jelzik a kísérletek eredményeinek átlagát, a pirosak a modell adta eredmények átlagát

tása vagy cáfolása végett a modell működési tartományát könnyen és gyorsan kiterjeszthetjük. Így vékonyabb, és vastagabb táptalajokat is „önthetünk”. A kapott eredményekből azt figyeltük meg, hogy az összefüggés korántsem lineáris. Ha tovább növeljük a táp vastagságát, a gátlási zóna átmérője lineárisnál kevésbé csökken (11. ábra).

Hogy megbizonyosodjunk arról, hogy ez nem csak a modell esetében, de a valóságban is így működik, még vastagabb tápokot öntöttünk. Az eredményeket most is grafikonon foglaltuk össze. Ebben az esetben is - mint a modellnél – megfigyelhető, hogy táptalaj vastagodásával a zónaátmérő bár még mindig csökken, de egyre kevésbé. A modell és a kísérlet értékeit ábrázoló diagramokat összevetettük. A valóság igazolta a modellünket! (12. ábra)

A gátlási zóna átmérője sokat elárul az adott baktérium adott antibakteriális anyaggal való kölcsönhatásáról. Biztosra kell mennünk, hogy a hatóanyagon és a baktériumon kívül minden más változatlan, illetve ami változhat, az nem befolyásolja a gyűrű átmérőjét. Ezt kellett a tápanyag vastagságánál is eldöntenünk. Ezt a kérdést modellünk futtatásával, és kísérletekkel történő alátámasztással sikerült megválaszolnunk. ☺

Irodalom

- Mikrobiológiai praktikum, Dr. Horváth Sándor, Tankönyvkiadó, 1980
 Antimicrobial Susceptibility Testing Protocols – Edited by: Richard Schwalbe, Lynn Steele-Moore, Avery C. Goodwin, 2007
 A természet játéka, Marx György, Ifjúsági Lap- és Könyvkiadó, 1982

A XXVII. Természet–Tudomány Diákpályázat kiírása és verseny szabályzata

Útmutató a diákpályázat benyújtásához

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

A pályázat kétfordulós.

Első forduló:

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

Második forduló:

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

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

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

A PÁLYÁZAT FELTÉTELEI

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

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

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

Díjazás:

1 db I. díj

2 db II. díj

3 db III. díj.

A díjazottak értékes jutalomban részesülnek.

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

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

PÁLYÁZATI KATEGÓRIÁK

Természettudományos múltunk felkutatása

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

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

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

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

Díjazás:

1 db I. díj

2 db II. díj

3 db III. díj.

A díjazottak értékes jutalomban részesülnek.

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

Önálló kutatások, elméleti összefoglalók

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

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

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

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

A kultúra egysége különdíj

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

Ajánlott témák:

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

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

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

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

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

Matematikai különdíj

A különdíjra az alábbi irányelvek vonatkoznak:

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

Néhány javasolt téma:

1. Egy ismert vagy újonnan kitalált játék matematikai háttere.
 2. Önálló kérdésfelvetés, sejtések megfogalmazása és ezek „jogosságának indoklása”.
 3. Egy matematikai módszer vizsgálata és alkalmazása egymástól távol eső területeken.
 4. Váratlan és érdekes összefüggések, és ezek magyarázata.
 5. A matematika valamely kevésbé ismert problémájának a története.
 6. Variációk egy témára: egy feladat vagy tétel kapcsán a kisebb-nagyobb változtatásokkal adódó problémacsalád vizsgálata.
 7. Legnagyobb, legérdekesebb matematikai élményem, történetem (órán, versenyen, olvasmányaimban, előadásban stb.).
- A leírtak csak mintául szolgálnak, a pályázók teljesen szabadon választhatják meg a feldolgozás keretét és módszerét, a pályamű tartalmát és formáját egyaránt. A bírálóbizottság örömmel vesz minden egyéni ötletet és kezdeményezést.

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

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

Díjazás: I. díj, II. díj, III. díj.

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

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

Orvostudományi különdíj

Az orvostudomány témakörében a következő irányelvek alapján lehet pályázni.

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

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

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

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

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

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

Gilicze Bálint fotóalbumából



A Tádzs Mahal a Jamuna folyó túlszárjáról (2009)



Lovasterápia (2014)



India (2009)



Erdély (2003)



Tanyagondnok segíti a Pálmonostora környéki lakókat (2010)



India (2009)

Ajándékozzon Élet és Tudomány előfizetést!

