Természet Világa

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY • 150. évf. 10. sz. • 2019. OKTÓBER ÁRA: 800 Ft
Előfizetőknek: 670 Ft

A NEVEM LYNX
LÁNGOLÓ JÉGVILÁG
SAJÁT MAGAM ORVOSA
FÖLDRENGÉSEK FELTÁRÁSA
ADATHALÁSZAT VS. ADATVÉDELEM

1

2

3

Illusztrációk
A nevem Lynx, *Lynx lynx* című cikkünkhöz
(Forrás: WWF)

Természet Világa

A TUDOMÁNYOS ISMERETTERJESZTŐ TÁRSULAT FOLYÓIRATA

Megindította 1869-ben
SZILY KÁLMÁN
KIRÁLYI MAGYAR
TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRSULAT

A TERMÉSZETTUDOMÁNYI KÖZLÖNY
150. ÉVFOLYAMA

2019. 10. sz. OKTÓBER
Magyar Örökség-díjas és
Millenniumi Díjas folyóirat

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

Főszerkesztő: GÓZON ÁKOS

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

Felelős kiadó:
PIRÓTH ESZTER
a TIT Szövetségi Iroda igazgatója

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

Nyomás:
PAUKER Nyomda

Felelős vezető:
Vértes Gábor

INDEX25 807
HU ISSN 0040-3717

Hirdetésfelvétel a szerkesztőségben

Korábbi számok megrendelhetők:
Tudományos Ismeretterjesztő Társulat
1088 Budapest, Bródy Sándor utca 16.
Telefon: 06–1–327–8950
e-mail: info@termvil.hu

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

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

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

TARTALOM

KAPUSI FELÍCIA – PATKÓ LÁSZLÓ: A nevem: Lynx, *Lynx lynx* – Európai vizsgálatok a nagyragadozók titkosügynökéről 434

VÖRÖS GÁBOR: Adathalászat kontra adatvédelem – Műszaki vagy emberi tényezőktől függ inkább? 440

CSABA GYÖRGY: Saját magam orvosa vagyok – Humánbiológiai és orvostudományi ismeretterjesztés a XXI. században 447

ILLÉS ERZSÉBET: Globális áramlások – Az óceánok és a légkör kölcsönhatása 452

MITRE ZOLTÁN – ZOMBORI PÉTER: A földrengések folyamatainak feltárása – Bekövetkezett katasztrófák tanulságai 457

RABB MÁRTON MIHÁLY: A Hox gének szerepe a végtag fejlődésében – Rendíthetetlen regeneráció 463

BABINSZKI EDIT: Gazdasági igények megalapozása – Másfél évszázad földtudomány 470

FÖLDTUDOMÁNYI FIGYELŐ (Szoucsek Ádám) 476

FOLYÓIRATSZEMLE (Landy-Gyebnár Mónika) 479

HÍREK (Dulai Alfréd, Landy-Gyebnár Mónika) 480

Címlapképünk: Eurázsiai hiúz (A nevem Lynx, *Lynx lynx* című cikkünkhöz)

Borítólapunk második oldalán: Illusztrációk A nevem Lynx, *Lynx lynx* című cikkünkhöz

Borítólapunk harmadik oldalán: Egy kiállítás képei

Mellékletünk: A XXVIII. Természet–Tudomány Diákpályázat cikke (Karsai Noémi: Dr. Sáska László, a tanzániai magyar orvos és Afrika-kutató)

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

Elnök: VIZI E. SZILVESZTER

Tagok: ABONYI IVÁN, BACSÁRDI LÁSZLÓ, BOTH ELŐD, CSABA GYÖRGY, HORVÁTH GÁBOR, KECSKEMÉTI TIBOR, KORDOS LÁSZLÓ, LOVÁSZ LÁSZLÓ, NYIKOS LAJOS, PAP LÁSZLÓ, PATKÓS ANDRÁS, RESZLER ÁKOS, SCHILLER RÓBERT, CHARLES SIMONYI, SÓTONYI PÉTER, SZATHMÁRY EÖRS, SZERÉNYI GÁBOR, VIDA GÁBOR, WESZELY TIBOR

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

Szerkesztők:
TEGZES MÁRIA (tegzes.maria@ termvil.hu; 06–1–327–8954)
LŐRINCZ HENRIK (lorincz.henrik@ termvil.hu; 06–1–327–8961)
NYERGES GYULA (nyerges.gyula@ termvil.hu; 06–1–327–8960)
SZOUCSEK ÁDÁM (szoucsek.adam@ termvil.hu; 06–1–327–8951)

Tervezőszerkesztő: LÉVÁRT TAMÁS

EURÓPAI VIZSGÁLATOK A NAGYRAGADOZÓK TITKOSÜGYNÖKÉRŐL

A nevem Lynx, *Lynx lynx*

A tavalyi évben az országban északról délre tartó, „elkóborolt" barna medve *(Ursus arctos)* bizonyította, hogy mindenkinek jut tizenöt perc hírnév. Bár nem ez volt rövid vándorlásának célja, azonban mindannyiunk figyelmét felhívta arra, hogy nagyragadozóink „titkos" életéről nagyon keveset tudunk és a birtokunkban lévő információk eléggé hiányosak, esetenként pedig tévesek is lehetnek. Hegyvidéki nemzeti parkjaink kameracsapda-hálózata révén évek óta betekintést nyerhetünk akár a szürke farkasok *(Canis lupus)* rejtett életébe is. Ordasaink és mackóink állandó szereplői az esti meséknek, ám őshonos nagyragadozó csapatunk harmadik tagjáról még csak mendemondák sem léteznek. Pedig igazán komoly karakter az övé: a megfontolt és higgadt magányos vadász, a rejtőzködés és az álcázás nagymestere, erdeink James Bondja, a mi „titkosügynökünk", az eurázsiai hiúz *(Lynx lynx)*.

A Vadonleső Program immár hatodik éve hirdeti meg az év emlősét, melynek keretében egy fajról egy éven át fokozott tudományos ismeretterjesztést folytat. Ez évben az eurázsiai hiúzt övezi kiemelt figyelem. Ennek apropóján született a cikk, melyben igyekszünk összefoglalni, hogy az elmúlt tíz évben (2009-2019) milyen kutatások folytak Európában a nagyragadozók James Bondjával, az eurázsiai hiúzzal kapcsolatban.

A hiúzkutatókat általában ugyanazok a kérdések érdeklik, de az egyes országok kutatottsága és sikeressége nagyon eltérő. Jól bevált módszer a rádiótelemetriás vagy GPS-nyakörves nyomkövetés, amelynek — mint minden módszernek — vannak előnyei és hátrányai is. A szisztematikus, alaposan megtervezett és kihelyezett kameracsapda-hálózat a területhasználaton és az egyedek azonosításának lehetőségén kívül számos új információval szolgálhat a faj egyéb biológiai jellemzőiről is. A terepi nyomkövetés (lábnyom, ürülék, szőr, prédamaradvány), az élőhelyek célzott vizsgálata, valamint e módszerek kombinálása például a szisztematikus konzervációs tervezés eszközeivel, jelentősen javítja és növeli a kutatások hatékonyságát.

A fantom visszatér – Megtelepedés

A nagyragadozók állománynövekedése növekvő tendenciát mutat Európa-szerte, azonban kisebb skálán mérve, helyi szinten az egyes populációk stabilitása nagyon változatos. A hazánkban előforduló három nagyragadozó faj közül a legkevesebbet a különösen óvatos eurázsiai hiúzról tudunk. Mint általában minden nagyragadozó,

ARANYSZEM

„Nincs állat – írja a régiek mende-mondáit fenntartó öreg Gesner –, amelynek oly éles lenne a látása, mint a hiúznak, mert szemeivel a költők állítása szerint máskülönben teljesen átlátszatlan tárgyakon, így falon, fán, kövön, s más effélén is keresztüllát. Ha ellenben átlátszó tárgyakat tartanak elébe, ezeket annyira gyűlöli, hogy belépusztul." [1]

a XX. századra a hiúz is kipusztult Európa jelentős részéről, főként az általános üldöztetés, az élőhelyek bolygatása, valamint feldarabolódása következtében. Több országban sikeres visszatelepítési program zajlott (pl. Svájc, Németország, Ausztria, Horvátország, Olaszország) megmentésére. Magyarországon szerencsére ez a folyamat spontán, a környező országokból történt és történik napjainkban is. A faj egyedei főként Szlovákiából érkeznek hazánk területére a faj kárpáti elterjedésének magterületein élő stabil populációkból [2-4].

Vajon lehetséges-e az, hogy a korábbi, XX. századi európai elterjedési területein újra megjelenik az eurázsiai hiúz, vagy az ember élőhely-átalakító tevékenysége miatt már csak kis menedékterületek tarthatnak fenn egymástól elszigetelt, kis populációkat? Elegendő indikátortényező-e a zsákmányállatok (főként csülkös nagyvadfajok) egyedsűrűsége az egyes élőhelyek mozaikján? Erdeink fogyatkozása, átalakulása mennyire befolyásolja, korlátozza a megtelepedésre alkalmas élőhelyeket?

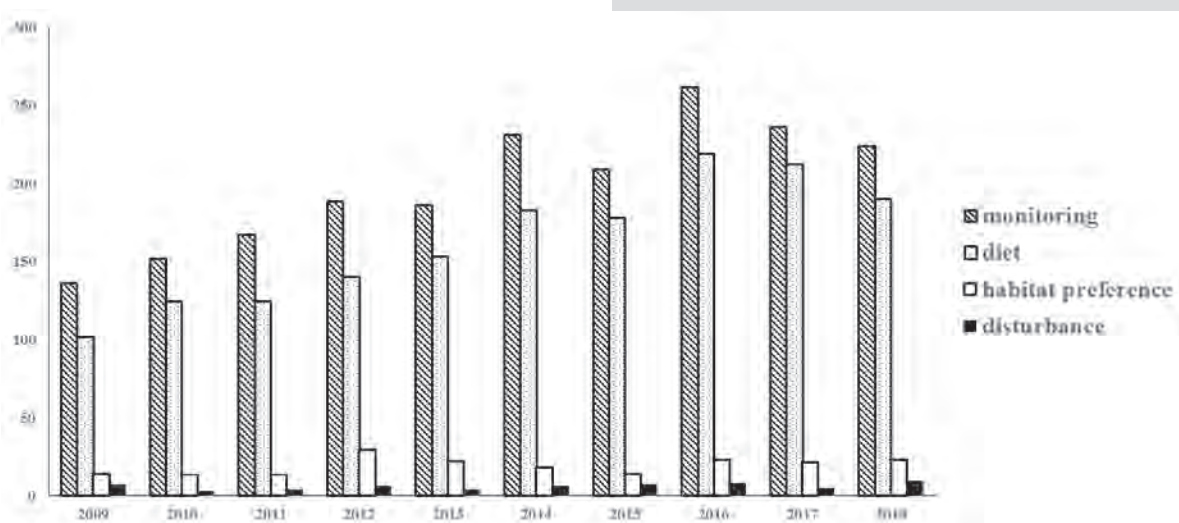
A világ nem elég – Élőhelyválasztás

Eddigi ismereteink szerint a hiúz a háborítatlan, összefüggő, idős erdőket kedveli [5], ahol a vadászó- és pihenőhelyeik is biztosítva vannak. Hazánkban előfordulásuk főként erdős, sziklás területekhez kötődik, mind elegyetlen fenyvesekben, olykor lomb- és tűlevelű elegyes erdőkben is megtalálhatók. Elsősorban a Börzsöny, a Bükk, a Mátra, az Aggteleki-karszt és a Zempléni-hegység területén él egy-két példány, de megfigyelték már Nógrád megye más részein az északi határhoz közel is [6].

Számos észak- és nyugat-európai tanulmány rámutat, hogy kulcsfontosságú az élőhely komplexitása (például holt fák, változatos újulat és cserjeszint — ún. *mikrohabitat struktúra*), amely lehetővé teszi a zsákmány észrevétlen megközelítését és remek várakozóhelyet biztosít, míg a préda a közelbe ér. Szinte minden korú állományban megfigyelhető aktivitásuk, a fiatal újulattól, a tarvágott területeken át az idős erdőkig. A fiatal tűlevelű erdőket főként télen preferálják, nyáron a lombhullató erdők dús aljnövényzete nyújthat megfelelő búvóhelyet [7-8]. Élőhelyhasználatukról az is elmondható, hogy azt jelentősen befolyásolja zsákmányállatuk aktivitása és területpreferenciája.

Több olyan vizsgálat is irányult a hiúz élőhelyhasználatára vonatkozóan, amely például az emberi zavarás (pl. turizmus, lakott területek, népesség, útsűrűség, erdészeti tevékenység) hatásait és a zsákmányállatok elérhetőségét vette alapul. Az elemzések szerint élőhelyük kiválasztásánál az emberi zavarás minimalizálása fontos tényező, mivel az illegális elejtések és a kóborló példányok elütése okozza a legtöbb hiúz halálát. Az érzékeny populációk fennmaradását tehát erősen meghatározza a védett területet övező, emberek által használt környezet is [9-11].

1. ábra. A találatok száma a Google Scholar keresője alapján az eurázsiai hiúz (Eurasian lynx), valamint táplálék-összetevők (diet), élőhelyhasználat (habitat preference), zavarás (disturbance) és megfigyelés (monitoring) keresőszavak kombinációjára



ÉLNI ÉS ÉLNI HAGYNI

„Magyarországon, amint Méhely írja, a hiúz még a mult században is elég gyakori volt; még pedig nemcsak a magas hegyvidék nehezen hozzáférhető rengetegeiben, ahol még ma is előfordul, hanem a középhegység, sőt dombos vidék összefüggő, nagyobb erdőségeiben sem volt ritka. […] Európában azonban állandó tartózkodási helyül nagykiterjedésű, sűrűségekben bővelkedő, hozzáférhetetlen, szakadékos és mindenfajta vadban gazdag területeket választ. Gyér erdőben csak kivételesen, jelesen télen mutatkozik, amikor rászorul, hogy benne nyúlra vadásszék. […] A hiúz, ellentétben a farkassal, amely évről-évre kóborló életet él, hosszabb ideig tartózkodik ugyanazon a területen; ezt aztán keresztül-kasul bejárja, s egyetlen éjszakán mérföldes utakat tesz meg. Ilyenkor a járt útvonalak használatától sem idegenkedik, amelyek mentén a falvakig is eljut; magános majorokba be is merészkedik, de azután – esetleg több napos kóborlás után – ismét csak visszatér eredeti lakóhelyére.” [1]

2. ábra. A hiúz nappali területhasználatát valószínűleg az emberi zavarás minimalizálása, míg az éjszakai aktivitást a táplálékkeresés és vadászat kényszere befolyásolja *(Fotó: Roger Leguen – WWF)*

Az élőhelyek háborítatlanságát taglaló kutatások azonban ritkán arról is beszámolnak, hogy a faj az antropogén zavarást is tolerálhatja bizonyos mértékben. Az őz (*Capreolus capreolus*) nagy egyedszámban mozog erdőszegélyek, települések vagy ember által használt, például nyílt mezőgazdasági területek és vadetetők közelében. A mérsékelt emberi jelenléthez társuló relatíve nagyobb prédasűrűség miatt az ilyen területeket intenzívebben használják a nagyragadozók is. Azonban, ha a népsűrűség és az útsűrűség bizonyos küszöbértéket meghalad (20 lakos/km^2, 1,1 km/km^2 erdei út, 0,54 km/km^2 közút), a hiúzok elkerülik a területet, még abban az esetben is, ha zsákmányállatuk különösen magas egyedszámban van jelen [9,11]. Úgy tűnik tehát, hogy a faj nagyszerűen képes felbecsülni a területen fellépő kockázati tényezőket és ezektől függően, különböző mértékben használja élőhelyét. Magyarországon a hiúzok mozgására vonatkozóan telemetriás vizsgálatokra is szükség lenne ahhoz, hogy átfogó képet kapjunk a hazánkban előforduló hiúzok élőhelyéről, mozgásáról, zsákmányszerzési szokásairól. Azokban az országokban (pl. Lengyelország), ahol a zsákmány állománysűrűsége alacsonyabb, ott a hiúznak nagyobb territóriumot kell fenntartania és nagyobb energiabefektetéssel jár a táplálékszerzés is. Lengyel kutatók [12] az erdők hét szerkezeti jellemzőjét (erdő kora és típusa, fák sűrűsége, átláthatóság, aljnövényzet, komplexitás és erdészeti tisztítómunka jelenléte) vizsgálva azt találták, hogy a komplexitás (pl. kidőlt fák, holtfák, ágak, tuskók, sűrű bokrosok) és a nyílt, tisztás jellegű területek megléte biztosítja a megfelelő vadászati területet a hiúzok számára. A sikeres zsákmányszerzést ez a foltszerű struktúra jelentősen segíti, akár alacsonyabb prédasűrűségnél is. A nappali pihenőhelyekre a sűrűbb faállomány és a nagyon csekély átláthatóság, a szinte átjárhatatlan, gazdag aljnövényzet a jellemző. A vizsgált esetek felében a legfiatalabb (5-20 éves) erdőrészletben rejtőzködtek napközben, ami a sűrű vegetációval magyarázható.

Az élőhelyhasználat nappali és éjszakai, valamint évszakos váltakozását vizsgálták a Cseh- és Németország határán elterülő Cseh-erdőben. A jeladós egyedek aktivitás-adatai mellett antropogén, topográfiai és környezeti változókat is elemeztek. A kutatók azt feltételezték, hogy a nappali területhasználatot az emberi zavarás minimalizálása, míg az éjszakai aktivitást a táplálékkeresés és vadászat kényszere befolyásolja. Ebből következően nappal kisebb területen mozognak és a territóriumuk szélső régióit kerülik, valamint élőhelyük nehezen megközelíthető, sűrűbb aljnövényzetű, jó takarást biztosító részeit használják. Éjszaka a vadászat sikerességének érdekében fő zsákmányállatuk, az őz mozgását követik, amelyek a jobb táplálkozási lehetőséget nyújtó, nyílt (pl. legelők, rétek) élőhelyfoltokat használják [13]. Ugyanakkor a zsákmányszerzés évszakfüggését is kimutatták. Nyáron főként bizonyos

földfelszíni alakzatok (pl. sziklás, kőgörgeteges részek) jelenléte, a növényzeti borítottság a meghatározó tényező. A csülkös vadfajok télen az alacsonyabb, hegylábi régiók felé mozdulnak el — így a lakott településekhez is közelebb kerülnek —, a ragadozók pedig a zsákmány mozgását követik [14].

A horizontális növényzeti borítottság az egyik legfontosabb tényező az élőhelyválasztásnál (táplálékszerzés, pihenés, utódgondozás, interspecifikus kompetíció szempontjából is). A meredek hegyoldalak pihenőhelyként való használatát is inkább a növényzet jellege magyarázza (dús, bozótos, cserjés területek), amelyek kevésbé alkalmasak erdészeti művelésre és turisták által is kevésbé használtak [10].

Halj meg máskor – Kompetíció más nagyragadozókkal

Mivel a farkas és a hiúz is valamelyest táplálékspecialista (elsősorban csülkös vadfajokat fogyasztanak), valamint szűkebb élőhelyi igényük is különbözik, több országban tapasztalható a két nagyragadozó faj együttes jelenléte. Az átfedő elterjedési területek esetén a fajok idő- és térbeli elkülönülést is mutathatnak. De például Lengyelországban, a Białowieża-erdőben a jeladós farkasfalkák és hiúzok általános területhasználata 85%-os átfedést mutat, míg ez a magterületek esetében is elérte a 35%-ot. Az itteni erdőkre az élőhelyek diverzitása, a korábban említett mikrohabitat-struktúrák nagyfokú jelenléte jellemző, amely elegendő és változatos búvó- és táplálkozóhelyet biztosít a ragadozók számára. Ezzel magyarázható a területriumok átfedése is. *Sidorovich és mtsai* [8] ezzel szemben olyan megállapítást tesznek, hogy a hiúzok gyakran megölik a farkaskölyköket, ha rájuk akadnak, de a régóta farkasok által kolonizált területeket viszont kerülik.

Ha egy hiúz „farkasszemet néz" egy farkassal, azt feltételeznénk, hogy a farkas — testméretéből adódóan — támadja meg a hiúzt, ám akár videófelvételeken is láthatjuk, hogy ez éppen ellenkezőleg történik. Kifejlett hím hiúzok farkaskölyköket és vemhes nőstény farkasokat támadhatnak meg, így extrém esetben valamilyen szabályozó szerepet is gyakorolhatnak a farkasállományra [8,15].

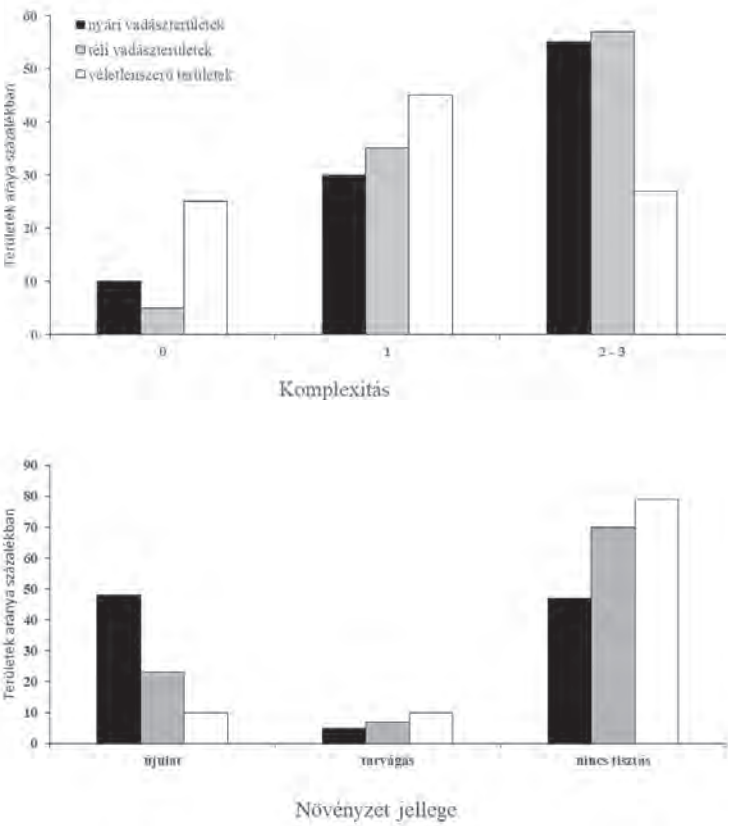
A magányos ügynök – Táplálkozás

A hiúz főként a testméreténél valamivel nagyobb patás vaddal (pl. őz, muflon, gímszarvas), valamint kisebb emlősökkel táplálkozik. Táplálékát elsősorban a területen elérhető gyakori zsákmányfajok teszik ki. Az egyes hiúzállományokon belül akár az egyedek (pl. nem, életkor) között is jelentős eltéréseket tapasztalhatunk a zsákmányszerzési stratégiát és a zsákmányfajokat tekintve is [8,16].

Az eurázsiai mérsékelt övi lomberdőkben a hiúzok elsődlegesen őzre specializálódnak (89-96% gyakoriság, mind nyáron, mind télen), míg jóval északabbra, a tajgazónában főként nyúllal táplálkoznak. Ha a fő zsákmányállatok elérhetősége szűkös, akkor a hiúzok számos egyéb, „alternatív" zsákmányállatot is fogyasztanak (pl. madarak, kisemlősök), de a preferált fajok megmaradnak az étrendben. Ugyanazon a területen élő hiúzok jelentős különbségeket mutathatnak a vadászott zsákmányfajok arányát tekintve. A különböző

(FEHÉR)OROSZORSZÁGBÓL SZERETETTEL

Nemrégiben jelent meg egy kiváló, hiánypótló könyv a fehéroroszországi hiúzokról. A zsákmányállatok sűrűsége, az emberi tevékenység hatása és a más országokban megfigyelt egyéb tényezők itt másodlagos szerepet játszanak, vagy nagyon csekély jelentőségűek. Ugyanis míg a legtöbb tanulmányt főként észak-európai területeken végezték, ahol a szűken vett élőhelyek a már korábban ismertetett növényzeti és strukturális jellemzőkkel bírnak (pl. hegyvidéki erdők, sziklaformációk, nyílt tisztások jelenléte), addig a Naliboki- és Paazierre-erdőben élő hiúzok élőhelyhasználata abszolút preferenciát mutat a zárt, erdős területekre. A hegyvidéki, erdősült elterjedési területeken tapasztaltakkal ellentétben itt a faj nagyrészt egy leshelyen (pl. kidőlt fatörzs magasan fekvő része, lucfenyő sűrűn lehajló ágai között) éberen várja, míg a zsákmány megjelenik. Rejtekhelyét is javarészt a zsákmány által használt ösvények mentén kell keresni [8].



2. ábra. Felül a hiúz téli és nyári vadászterületei szerkezeti összetettségének (komplexitás – holt fák, kidőlt fák, bokrosok stb.) összehasonlítása véletlenszerűen kiválasztott területekkel. Alul a különféle típusú, nyílt, tisztás jellegű területek százalékos aránya látható [12,15].

nemű és korú egyedek között például vannak olyanok (a kölyköket nevelő nőstények), amelyek maradnak az őznél, csak jóval kisebb mennyiségben esznek mást, míg más egyedek átváltanak változatos táplálékforrásokra (pl. hód, nyúl, vaddisznó, apró emlősök, madarak) is. Különösen meglepő megfigyelés, — mivel magányosan élő állatnak tartják a hiúzokat — hogy a felnőtt hímek territóriumán több nőstény (akár kölyköket nevelő is) jelen lehet. A nőstények és a kölykök fő tápláléka az őz marad, míg a territóriumot birtokló hím alternatív prédát is keres [8].

Ha visszaáll a preferált zsákmánypopuláció egyedszáma, akkor is eltelik néhány év, míg újra táplálékspecialista lesz az egyed. A táplálékbevitel tekintetében is vannak különbségek, átlagosan napi 2 kg (1,1-3,5) húst fogyasztanak. A fiatal hiúzok az első télen főként madarakkal, csülkös vadfajok dögeivel táplálkoznak, a második télen, ha a fő zsákmányfaj megfelelő egyedszámban áll rendelkezésre, akkor a két éves állatoknak már az lesz a fő táplálékbázisa. Azonban, ha az optimális táplálékellátottság gyenge (pl. vaddisznó, hód van többségben), akkor nagyon kevés egyed éli túl ezt az időszakot, mivel a fiataloknak rossz a vadászati hatékonyságuk. Fehéroroszországban megfigyelték, hogy a nőstények visszafogadják az előző évi kölyköket, akik így nagyobb eséllyel maradnak életben és az új alom felnevelésében és a vadászatban is segédkeznek [8].

A vadgazdálkodók félelme gyakran az, hogy az eurázsiai hiúz potenciális zsákmányállatainak, főként a csülkös nagyvadfajoknak megváltozik a viselkedése, napszakos aktivitása a nagyragadozók jelenlétében, valamint, hogy a ragadozók válogatás nélkül zsákmányolnak a nagyvadállományból, amik nagy csapatokba tömörülve, óvatosan mozognak. Emiatt a vadászat szervezése megbonyolódhat, a vadászati tevékenységben pedig új helyzetek adta kihívásokhoz (pl. lővilág után mozgó vadfajok) kell alkalmazkodni.

Eccard és mtsai [17] mesterséges hiúz vizeletet használva őzek viselkedését figyelték táplálkozás közben. Azokon a területeken, ahol a hiúz potenciálisan előfordul, nem volt mérhetően magasabb az őzek ébersége, szemben azokkal a területekkel, ahol a ragadozó friss jelenlétét (vizelet) érzékelték a növényevők. A fokozott óvatosság csak azokon a területeken volt észlelhető, ahol korábban nem volt jelen a nagyragadozó, így egy idő után a zsákmányfajok hozzászokhatnak ragadozók jelenlétéhez. Egyes terepi szakemberek véleménye szerint inkább az ember jelenléte — pl. vadászat — van hatással a csülkös vadfajokra, mintsem a ragadozóké.

Holdkelte - Aktivitás

Több kutatás szerint elsősorban éjjel, főként a szürkületi órákban aktívak (6,5-9 óra/nap, átlagosan 30%), a legalacsonyabb aktivitást a déli órákban mutatják. Az állatok napi aktivitás-mintázata az évszakokkal együtt változhat. A napszak szerinti különbségeket a fő prédaállatok mozgásához való alkalmazkodás, és az emberek elkerülésének szükségessége (pl. turizmus, hegyi kerékpározás, vadászat) is okozhatja. A hiúzokra meglepő módon a zavaráson és a préda rendelkezésre állásán kívül a hőmérséklet is komoly hatással volt. Az átlaghőmérséklet napi 10 Celsius-fokos növekedése a hiúzok napi aktivitását 30 perccel csökkentette. Általánosan elmondható, hogy északról dél felé haladva az átlagos napi tevékenység csökken, és ezt a világos órák száma nem befolyásolja [14]. Sikeres vadászat után átlagosan 3,3 órával rövidebb volt napi aktivitásuk időtartama, hiszen nem kellett újra zsákmány után

kutatniuk. Az őzet átlagosan három napon belül, a gímszarvast négy napon belül, a nyulat két napon belül fogyasztották el [18]. *Sidorovich és mtsai* [8] azt tapasztalták, hogy a hiúzok meglepően kevés időt töltenek alvással. Fontos megjegyezni azonban, hogy a 90%-os „aktív" tevékenység nem csak a konkrét mozgásban töltött időt jelenti. Vadászati módszeréből adódóan a leshelyen éberen, bármikor támadásra készen töltött hosszú órák is tevékeny periódusnak számítanak.

A holnap markában – Mit tartogat a hiúzok számára a jövő?

Ahogy a fent leírtakból kiderül, titokzatos erdei ügynökeinkben az együttélés és alkalmazkodás képessége megvan. A fő kérdés az, hogy mi, emberek tudunk és akarunk-e együtt élni nagyragadozóinkkal.

A természetvédelmi célú intézkedések elősegítéséhez fontos, hogy jól ismerjük a faj élőhely-választását befolyásoló tényezőket. Nagyon kevés esetben elegendő egy-egy védett terület a megóvásukhoz, hiszen területhasználatuk nagyban függ az élőhelyek minőségi jellemzőitől, a zsákmányállatok sűrűségétől, mozgásától. Az élőhelyek feldarabolódása nemcsak a védelmet nehezíti meg, hanem az állatok számára a migrációt, valamint a terület újranépesedését is gátolja, ami miatt a pár egyedből álló, kis populációk nemcsak földrajzilag, hanem genetikailag is elszigetelődhetnek a magpopulációktól. Az erdei élőhelyek heterogenitása — a táplálékszerzésre alkalmas élőhely-összetevők és a pihenőhelyek megléte — nagyon fontos szerepet játszik a faj biológiájában. A megfelelő növényzeti struktúra, a terület zavartalanságának biztosítása kulcsfontosságú a védelmi intézkedések megtervezésénél; együttműködő, cselekvő természetvédelmet kíván. Az erdészeti tervek kidolgozásánál fokozottan figyelembe kell venni a területen élő nagyragadozók élőhelyi igényeit, amelyek az esernyőfajokra jellemző módon több egyéb faj igényeit is lefedik. Külföldi példák alapján tenni kell a prevenciós és kompenzációs rendszerek kiépítéséért.

A fenti megoldási lehetőségeknek pedig a különböző érdekcsoportokkal folytatott bizalmi alapú együttműködés és információcsere az alapja. Ennek megalapozásán dolgozik a WWF Magyarország is a LIFE Euro Large Carnivores programjában, amely keretei között nagyragadozókkal kapcsolatos műhelybeszélgetéseket és tanulmányutakat szervezünk, valamint ismeretterjesztő kiadványokon dolgozunk.

Tiszteljük és védjük 007-esünket, ne h(i)úzzuk az időt!

KAPUSI FELÍCIA – PATKÓ LÁSZLÓ

IRODALOM

[1] Brehm, A. E. (1920): Az állatok világa. Christensen és Társa Gutenberg Könyvkiadó Vállalat, 7382 pp.

[2] Jędrzejewska, Bogumiła & Jedrzejewski, Wlodzimierz & N. Bunevich, Aleksei & Miłkowski, Lech & A. Krasiński, Zbigniew. (1997). Factors shaping population densities and increase rates of ungulates in Bialowieza Primeval Forest (Poland and Belarus) in the 19th and 20th centuries. Acta Theriologica. 42. 399-451. 10.4098/AT.arch.97-39.

[3] Głowaciński, Zbigniew & Profus, Piotr. (1997). Potential impact of wolves Canis lupus on prey populations in eastern Poland. Biological Conservation. 80. 99-106. 10.1016/S0006-3207(96)00067-5.

[4] Heltai, Miklós. (2002). Emlős nagyragadozók magyarországi helyzete és elterjedése. Doktori értekezés.

[5] Bihari Zoltán & Csorba Gábor & Heltai Miklós (szerk.) (2007): *Magyarország emlőseinek atlasza,* Kossuth Kiadó, Budapest.

[6] Harmos Krisztián & Gombkötő Péter (2019), https://www.bnpi.hu/hu/reszletek/hiuz-lynx-lynx.

[7] Filla, Marc & Premier, Joseph & Magg, Nora & Dupke, Claudia & Khorozyan, Igor & Waltert, Matthias & Bufka, Ludek & Heurich, Marco (2017): Habitat selection by Eurasian lynx (*Lynx lynx*) is primarily driven by avoidance of human activity during day and prey availability during night. *Ecology and Evolution*. 7(16). 6367— 6381.

[8] Sidorovich, Vadim & Gouwy, Jan & Rotenko, Irina (2018): *Unknown Eurasian lynx Lynx lynx: New findings on the species ecology and behaviour.* Chatyry Chverci, Minsk.

[9] Basille, Mathieu & Herfindal, Ivar & Santin-Janin, Hugues & Linnell, John & Odden, John & Andersen, Reidar & Arild Hogda, Kjell & Gaillard, Jean-Michel (2009): What shapes Eurasian lynx distribution in human dominated landscapes: Selecting prey or avoiding people? *Ecography*. 32. 683 - 691.

[10] Belotti, Elisa & Heurich, Marco & Kreisinger, Jakub & Šustr, P & Bufka, Luděk (2012): Influence of tourism and traffic on the Eurasian lynx hunting activity and daily movements. *Animal Biodiversity and Conservation*. 35. 235-246.

[11] Bouyer, Yaëlle & Gervasi, Vincenzo & Poncin, P & Beudels-Jamar, Roseline & Odden, John & Linnell, John (2014): Tolerance to anthropogenic disturbance by a large carnivore: The case of Eurasian lynx in south-eastern Norway. *Animal Conservation*. 18.

[12] Podgórski, Tomasz & Schmidt, Krzysztof & Kowalczyk, Rafał & Gulczyńska, Agnieszka (2008): Microhabitat selection by Eurasian lynx and its implications for species conservation. *Acta Theriologica*. 53. 97-110.

[13] Dupke, Claudia & Bonenfant, Christophe & Reineking, Björn & Hable, Robert & Zeppenfeld, Thorsten & Ewald, Michael & Heurich, Marco. (2016). Habitat selection by a large herbivore at multiple spatial and temporal scales is primarily governed by food resources. Ecography. 10.1111/ecog.02152.

[14] Heurich, Marco & Hilger, Anton & Küchenhoff, Helmut & Andrén, Henrik & Bufka, Ludek & Krofel, Miha & Mattisson, Jenny & Odden, John & Persson, Jens & Rauset, Geir Rune & Schmidt, Krzysztof & Linnell, John. (2014). Activity Patterns of Eurasian Lynx Are Modulated by Light Regime and Individual Traits over a Wide Latitudinal Range. PLoS ONE. 9. 10.1371/journal.pone.0114143.

[15] Schmidt, Krzysztof (2008): Factors shaping the Eurasian lynx (Lynx lynx) population in the north-eastern Poland. *Nature Conservation*. 65.3-15.

[16] Krofel, Miha & Huber, Djuro & Kos, I. (2011): Diet of Eurasian lynx Lynx lynx in the northern Dinaric Mountains (Slovenia and Croatia). *Acta Theriologica*. 56. 315-322.

[17] Eccard, Jana & K. Meißner, Jessica & Heurich, Marco (2015): European Roe Deer Increase Vigilance When Faced with Immediate Predation Risk by Eurasian Lynx. *Ethology*. 123.30-40.

[18] Podolski, Iris & Belotti, Elisa & Bufka, Luděk & Sennhenn-Reulen, Holger & Heurich, Marco (2013): Seasonal and daily activity patterns of free-living Eurasian lynx Lynx lynx in relation to availability of kills. *Wildlife Biology*. 19. 69-77.

MŰSZAKI VAGY EMBERI TÉNYEZŐKTŐL FÜGG INKÁBB?

Adathalászat kontra adatvédelem

Kik fenyegetik az információt, mint a XXI. század legértékesebb vagyontárgyát? Az informatikai biztonság elsősorban nem is műszaki kérdés. Bár a legtöbb kiadványban főként ezeket tárgyalják, ki kell emelnünk, hogy a biztonság elsősorban az emberi tényezőtől függ. A legnagyobb fenyegetést a számítógépekre és az informatikai adatokra nem a külső behatolók, hanem a saját alkalmazottak jelentik.

Az Egyesült Államokban az informatikai bűnözés által okozott, felderített és közölt kár meghaladja az évenkénti 70 milliárd dollárt. A számítógépek nem követnek el bűnöket, azt az emberek követik el, akik bűnös célra használják azokat. Így tehát a rendszer védelmének hatékonyságát az emberi oldalra történő odafigyelés növelheti elsősorban, azaz „Soha ne feledkezzünk meg az emberről, amikor gépről beszélünk!"

Főként tehát a saját alkalmazottakra kell odafigyelni. A hálózatból kívülről behatolók és vírusterjesztők nagyobb publicitást kapnak, így jobban felhívják a figyelmet a gyenge pontokra (az interneten napi 72 000, a NASA hálózatába évi 7000 detektált betörési kísérlettel, és naponta 6 új vírus megjelenésével számolhatunk), de az igazi veszély az intézményen belül van. Nincs az a pitbull-mutációkkal védett páncélterem, titkosító-, vagy bármiféle biztonsági rendszer, amit kellő ismerettel, főleg belülről és csoportosan ne lehetne feltörni.

Az Egyesült Államokban külön országos központi, informatikai bűnözést nyilvántartó adatbank működik, amelynek néhány statisztikai adatát szemlélteti **1. ábránk**. Ezen érdemes elgondolkodni!

Közismert, hogy a nyomozói gyakorlatban a "motiváció, módszer és alkalom"-elvét alkalmazzák. A motivált elkövető, ha hozzáférhet a rendszerhez, akkor biztosan megtalálja az alkalmat, és kidolgozza a módszert a károkozásra. A kormányzati és üzleti számítógépekbe behatoló kamaszok többé-kevésbé véletlenszerűen lesznek bűnelkövetők. Egy jelszó kitalálása jó passzió. A külső elkövetőnek találgatnia kell, míg a belső alkalmazott tudja, hogy hol vannak a gyenge pontok és hol találja az érzékeny állományokat.

Az informatikai bűnözők gyakran a legokosabb és a legjobban képzett szakemberek közül kerülnek ki, akik úgy érzik, hogy a feladatukat képező rutinszerű munkánál jobbak a képességeik. Ez különösen a fiatalabbaknál fordulhat elő, akiknek még nincs professzionális felelősségérzetük. A motiváltság, a munkahelyi kihívás magas szintjének fenntartása elkerülhetővé teszi ezt a biztonsági problémát.

Az informatikai bűnelkövető azonban nem szükségszerűen jól képzett szakember, lehet egy kis beosztott is, aki egészen véletlenül jön rá a lehetőségeire: "Jé, a géppel ezt is meg lehet csinálni!" Amennyiben elégedett és lojális, akkor ezzel az újonnan megszerzett tudással nem fog ártani. Ha viszont sérelem éri, akár több hónappal később is — sőt, az intézménytől kilépve, sokszor pont a konkurencia kötelékében — felhasználhatja tapasztalatait.

Az informatikai bűnözők sokszor a bizalmi pozícióban lévők köréből kerülnek ki, akik az általuk jól ismert, normális munkarutinokat használva árthatnak a rendszernek. Bármely biztonsági terv esetén ezen egyének tevékenységét kell gondosan felügyelni szoros ellenőrzéssel és hatékony nyilvántartással.

A bűneseteket legtöbbször nem egyedül követik el, ezek felében bűntársak működnek közre, mivel az egyén rátermettségét meghaladó képességekre lehet szükség, sőt, egy intézményen belüli elkövetőnek külső partnerei is lehetnek (**2. ábra**).

Az emberi tényező adminisztratív szabályozásának igen jó, már az '50-es években kidolgozott irodalma van, álljon itt néhány általános fogás. Rendkívül fontosak az egyértelmű, és részletes munkaköri leírások, továbbá elengedhetetlen a kötelezettségek szétválasztása, hogy senkinek ne lehessen jogosultsága a teljes rendszer feletti felügyeletre. Nagygépes környezetben a rendszerelemzők, az operátorok és az adatbevivők külön posztokat töltenek be és mindegyikük csak a rendszer egy részével foglalkozik. Hálózatba kötött gépeknél viszont létezik egy központi rendszermenedzser. Főként a külföldi bankoknál bevett szokás a rövid, de váratlan és kötelezően kivett szabadságok elrendelése. A sikkasztási folyamatokat egy-egy rövid szabadságolás derékba törheti. Elengedhetetlen, hogy a cégek a kulcspozíciókban lévő alkalmazottakat tegyék elkötelezetté, s hogy rotálják a beosztottakat a műszakok, a számítógépek vagy projektek között. A rendszernek legyen alapvető szolgáltatása a programok és adatállományok használatának naplózása. Fent kell tartani a fizikai biztonságot. Létesíteni kell tehát olyan helyeket, ahova még a programozók és a rendszerelemzők sem léphetnek be. Fenn kell tartani olyan jelszórendszert, amely csak a jogosultakat privilegizálja. Kilépő dolgozók esetén a cégvezetőknek azonnal be kell gyűjteniük a kulcsokat, azonosító kártyákat és egyéb biztonsági eszközöket, s törölni kell az általuk használt jelszavakat.

Az internetes fenyegetésekről

Mivel az internet természetéből következően a szó szoros értelmében az egész világ számára nyitott, bizonyos alkalmazások — mint például üzleti tranzakciók lebonyolítása, vagy éppen államigazgatási ügyek intézése — számos problémát vetnek fel az információcsere titkosságát és a hozzáférés megfigyelését, ellenőrzését illetően. Ezek ugyan technikailag bizonyos mértékig megoldhatók a tárolt és a továbbított adatok titkosítását, rejtjelezését („kódolását") szolgáló eszközökkel, de mégsem hagyhatók figyelmen kívül. A biztonság és a kockázatelemzés szempontjából teljesen kockázatmentes állapot az interneten sem lesz soha elérhető!

Az interneten kétféle bűncselekményt lehet elkövetni. Az egyik a hagyományos bűncselekmény, melyhez az internet — hasonlóan más eszközökhöz — csupán egyszerű kommunikációs eszközül szolgál (nem informatikai bűncselekmény például az információátadás egy ékszerüzlet kirablásához). A másik, amelyben magát a hálózatot és a számítástechnikai eszközöket használják fel jogellenes célok érdekében (informatikai bűncselekmények, főképp csalások). Ez ugyanakkor nem jelenti azt, mintha a hálózat mentes lenne a nem informatikai bűncselekményektől. A kábítószer-kereskedelemmel kapcsolatos információk, valamint a terrorista cselekményekhez és a maffiatevékenységhez adott instrukciók mellett nagy mennyiségű pornografikus anyag is van forgalomban a hálózaton. Azon túl, hogy ezek támadást jelentenek a közrend és a közerkölcs ellen, felmerül a kiskorúak számára való hozzáférhetőség kérdése is. Jelen vizsgálatunk körén ez

1. ábra. A bűnelkövetők

utóbbiak ugyan kívül esnek, de az informatikai bűncselekmények nagy mennyisége arra késztet minket, hogy figyelmünket a „nem-hagyományos" kérdésre összpontosítsuk.

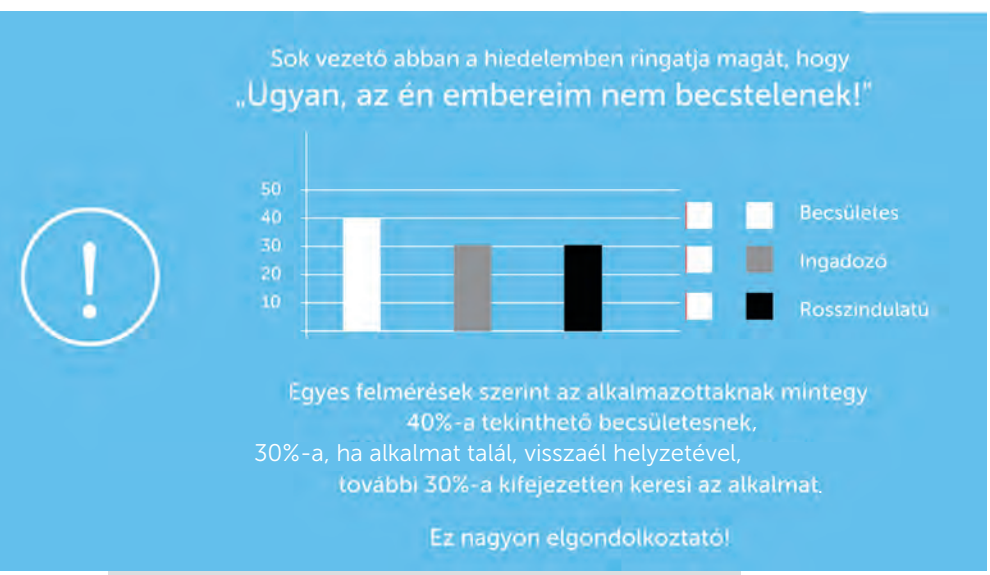
Az informatikai bűncselekmények vonatkozásában négy olyan magatartástípust érintünk, amelyek káros hatással lehetnek az internet-felhasználókra:

Engedély nélküli hozzáférés (csatlakozás): Gyakran a bűncselekmények első lépését alkotja, és olyan felhasználót feltételez, aki engedély hiányában tudatosan csatlakozik rá egy hálózatra, kiszolgálóra vagy fér hozzá egy fájlhoz (például egy email postafiókhoz), vagy olyat, aki véletlenül létesít csatlakozást, fér hozzá valamihez, de tudatosan úgy dönt, hogy fenntartja az engedély nélküli kapcsolatot.

Kárt okozó tevékenység vagy kárt okozó anyagok közzététele: Ha a bűnelkövető egyszer bejutott egy kiszolgálóba, lehetősége nyílik, hogy fájlokat tulajdonítson el,

azokat lemásolja, vagy kárt okozó információt terjesszen, mint például vírusokat vagy férgeket. Annak ellenére, hogy az ilyen magatartás nem sorolható be egyértelműen egyetlen pontosan meghatározott jogi kategóriába sem, gyakran minősítik szerzői jogi kalózkodásnak (az adatok eltulajdonítása, eltávolítása és használata az adatok tulajdonosának tudomása nélkül) vagy szabotázsnak (az adatok vagy a szoftverek megváltoztatása, módosítása vagy megsemmisítése, amelynek hatásaként megbénul a rendszer vagy a kiszolgáló tevékenysége az interneten).

Információ illetéktelen elfogása: Ebben az esetben a hacker, észlelve az (interneten) továbbított elektronikus impulzusokat, meg tudja szerezi a nem neki szánt információt. Amikor az ilyen törvénytelen információszerzés



2. ábra. Az „emberi tényező"

nem az illetéktelen hozzáférés keretében történik, rendkívül nehéz felderíteni. Megjegyzendő, hogy a fénykábelek egy-egy aknafedél alatt igen könnyen „tapperelhetők".

Előnyös szolgáltatás nyújtása közben adatlopás: A legközismertebb adathalászati tevékenységet bátran nevezhetjük a Facebook „Zuckerberg-cselének". Mi történt a közelmúltban? A kongresszusi meghallgatáson ötből kettőre csak kínos, elfogadhatatlan magyarázkodást kaptak a szenátorok.

Hiába a rengeteg figyelmeztetés, az elrettentő példák, sokan még mindig bíznak az ajánlkozásuk és leírásaik szerint csodatevő programokban. Ezek vagy totálisan feleslegesek, vagy kártékonyak — több a kár, mint a haszon, az viszont látványos...[1].

Álljon most példaként a Microsoft igen kiváló adatbázis-kezelője az MS Access, melynek van olyan kimeneti alakja, hogy az értékes szellemi tulajdont jelentő programot kódolva rejti el. Így az mdb (Microsoft Data Base) kiterjesztésű fájl mde (Microsoft Database Encryted) formában kerül forgalomba — az újabb verziók accdb illetve accde-ként. Na már most, ha rákérdezünk a keresőben a kulcsszavakra, hogy „convert accde to accdb" a negyvenkétezer találat alapján majdnem biztosan máris alkalmazhatunk egy trójai falovat!

A [2]-es publikáció szerint utánanéztek a fenti dolognak, de nagyon úgy tűnik, hogy ingyenes (és megbízható) megoldás erre nem létezik. Még a fizetős változatok sem képesek teljesen visszaállítani a forrásfájlt, legfeljebb arra van esély, hogy az adattáblákat importálhatják a titkosított fájlból.

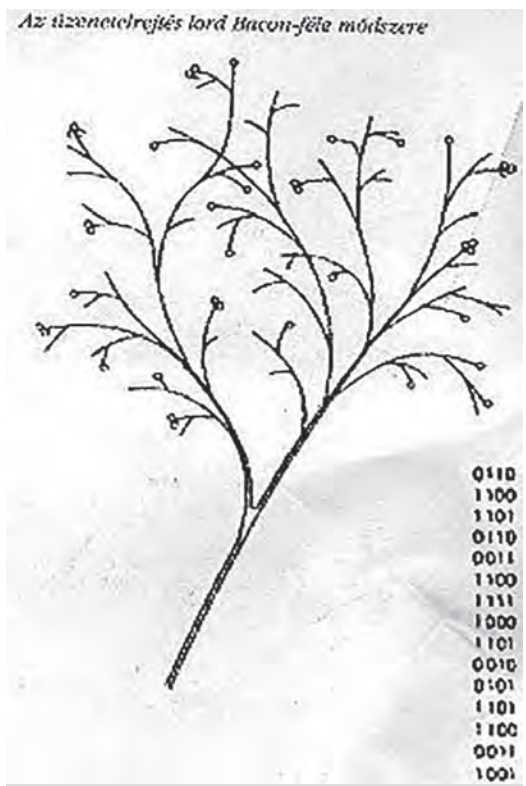
A kriminalitás napjainkban tapasztalt mértékű intenzitását részben az ellene folytatott küzdelem nehézségei magyarázzák; nemzetközi szinten általában, de az interneten különösen. Ezek közül az első a jogellenes cselekmény felderítésében és elkövetőjének megtalálásában áll. Az informatikai szabotázscselekményeket gyorsan végrehajtják, de a kiváltott funkciózavar következtében általában gyorsan fel is fedezik. Ugyanez nem mondható el az engedély nélküli hozzáférésről, az információ-elfogásról, vagy a kalózkodásról. Az interneten tevékenykedő szereplők sokfélesége használó, hozzáférés-szolgáltató, szolgáló, kiszolgáló-rendszeroperátor stb.) nem teszi egyszerűbbé annak meghatározását, kit terhel a büntetőjogi felelősség. Így megállapítható azon felhasználó büntetőjogi felelőssége, aki szándékosan terjeszt el egy vírust valamely kiszolgálón, de bizonyos esetekben a kiszolgáló büntetőjogi felelőssége is. A nemzetközi informatikai bűnözés együtt fejlődik az internettel. A használók a világ minden táján megtalálhatók, és így igen nagy a valószínűsége annak, hogy a bűnelkövető és az áldozat különböző országok eltérő törvényi szabályozása alá tartozik majd. Habár a nemzetközi jogi együttműködési megállapodások és a kétoldalú kiadatási szerződések igyekeznek orvosolni a nemzetközi bűnözés által okozott problémák egy részét, de ezen igyekezet gyakran ütközik korlátokba.

Ha modemed van, távozz!

A kívülről történő betörésekre hivatkozva — mint a belső hacking utáni második legnagyobb biztonsági kockázatra — az igazán profi cégek azonnali elbocsátással

büntetik, ha valakinek modem van az íróasztalán. Itt internet-hozzáférés csak a cég megfelelően (tűzfallal) védett hálózatán legális. Sok informatikai betörőprogram használ egy „háborús tárcsázásnak" nevezett technikát, amikor a gép kipróbál több ezer telefonszámot is egy tétlen modem megtalálása céljából. Ha a tulajdonos éppen nem használja a gépét, akkor a hacker hatásosan „el tudja fogni", és hozzá tud férni ahhoz a hálózathoz, amelyhez az adott számítógép kapcsolódik.

Magától értetődik, hogy a jog nem hagyja figyelmen kívül a nemzetközi bűnözés meredeken emelkedő tendenciáját. Az e tárgyban született nemzetközi kezdeményezéseken felül az amerikai és a kanadai jog az európai országok többségéhez hasonlóan kriminalizálta a fent említett háromféle informatikai magatartást, vagyis az engedély nélküli hozzáférést (csatlakozást), a kárt okozó anyagok terjesztését és az információ engedély nélküli elfogását. Itt és most nem bocsátkozhatunk a részletekbe, csak utalunk az [2]-től [4]-es publikációkra. Ez utóbbit **3. ábránkon** kiegészítjük a lord Bacon-féle másik — és meghökkentően egyedi — rejtjelező módszerrel.



3. ábra. Lord Bacon második rejtjelező módszere

Az IT-biztonság komplex fogalma akkor valósul meg, ha a szervezet az újnál újabb fenyegetések ellen dinamikusan kezeli az informatikai rendszerrel kapcsolatba kerülő humán erőforrásokat (vezetők, fejlesztők, kezelők, adminisztrátorok, biztonsági szakemberek, stb.); az informatikai folyamatokat megvalósító konkrét számítástechnikai eszközöket, rendszereket; az informatikai rendszerek környezetét (objektumok elhelyezése, tápellátása, kommunikációs kapcsolatai, stb.); s a rendszerekre, üzemeltetésre vonatkozó törvényeket, szabályozásokat, előírásokat, dokumentációkat, biztonsági elveket (koncepció, stratégia, „politika").

A legtöbb intézménynél a védelem több okból is távol áll attól, hogy kielégítőnek nevezhessük. Egyrészt a felső vezetők nincsenek teljesen tisztában azzal, hogy a biztonság elsősorban az ő felelősségük és annak ki kell terjedni az egész szervezetre (tisztelet a kivételnek, amint jelen vizsgálatunkban észleltük), másrészt úgy gondolják, hogy a biztonság csupán műszaki kérdés, pedig a legbonyolultabb biztonsági rendszert is egy célratörő, főleg megfelelő pozícióban lévő egyén fel tudja törni. A biztonság a munkahelyeken kezdődik és nem csupán a nagy központi feldolgozó csarnokokra vonatkozik. A védekezés kényelmetlenséget okoz, mivel a nem jogosult felhasználók kiszűrésére alkalmazott eljárások a legitim felhasználókat is meggyanúsítva, hátráltatják a munkát. Az intézmények pedig azt szeretnék, hogy a róluk kialakult kép kedvező legyen, ennélfogva nagyon sok informatikai bűneset azért nem kerül a nyilvánosság elé, mert a felső vezetők félnek a cég „imázsvesztésétől".

A jó védelmi rendszer az intézmény működésének veszélyeztetését minimalizálja; különböző jogosultságot biztosít a felhasználók igénye és felelőssége szerint; a felhasználókat egyértelműen felelőssé tudja tenni az informatikai akciókért; szétválasztja a felhasználókat, a programokat, az adatállományokat és a forrásokat; s azonosítja a visszaélési kísérleteket, és védekező lépéseket tesz.

A piacgazdaság új, komplex követelményeket támaszt és kínál — elég csak gondolnunk az elektronikus postára, vagy (a hazánkban ugyan egyelőre nem túlzottan terjedő) elektronikus kereskedelemre. Ezekhez elengedhetetlenek a szigorú azonosítási eljárások, a hozzáférés-szabályozás és a szervezet adott infrastruktúrájával való együttműködés képessége. Vegyünk ehhez az olyan műszaki követelményeket, mint az adatok megbízható vétele és tárolása, a tartalomvédelem, a frekvenciasáv hatékony használata, az inter-operativitás, a minimális fogyasztás igénye, stb. Az államigazgatás további igényeket támaszt: megbízható, ugyanakkor hatékony rejtjelezést! Az USA-ban ehhez a Szövetségi Adatfeldolgozási Szabvány (Federal Information Processing Standard — FIPS) 140-2 jelzésű, hiteles, minősített eszközöket ír elő.

Tökéletes biztonság nincs, az mindig viszonylagos: azzal jellemezhető, hogy a rendszer mennyire képes ellenállni a fenyegetéseknek. Egy adatkezelő rendszer tehát akkor mondható biztonságosnak, ha a fenyegetések nyomán jelentkező kockázat (risks) megfelelő

intézkedések révén elviselhető mértékűre csökkent. Ezért mindenekelőtt a következő kérdést kell megfogalmaznunk: milyen szigorú biztonsági követelményeket kell teljesítenünk ahhoz, hogy vagyonunkat biztonságban tudhassuk? A követelmények megfogalmazását követően arra kell választ találnunk, hogy milyen vagyonunk tényleges biztonsági helyzete. Végezetül bizonyosságot kell szereznünk; hogy nyugodtan alhassunk, meg kell tudnunk: mennyire bízhatunk abban, hogy vagyonunk a meghatározott színvonalon biztonságban van. Lényegében ezek a biztonság menedzselésének alapkérdései.

A biztonság tanúsítása során elfogulatlan, független tanúsító megvizsgálja a kívánt rendszert vagy terméket és igazolja, hogy az az előírt követelményrendszernek, a meghatározott biztonsági szintnek megfelel-e vagy nem. A tanúsítás akkor értékes, ha nemcsak önmagában értelmezhető, hanem összehasonlítható; azaz, ha nem eseti, hanem általánosan elfogadott, egységes, szabványos követelményrendszer az alapja. A tanúsítás értékét tovább növeli, ha azt az állam által erre felhatalmazott, jegyzett cég végzi. Az állami felhatalmazás esetében ugyanis arról van szó, hogy a céget és az általa használt eljárást állami szerv megvizsgálta, alkalmasnak találta, és az alkalmasságot folyamatosan felügyeli. Tanúsítani — értelemszerűen — csak létező adatkezelő rendszert vagy terméket lehet.

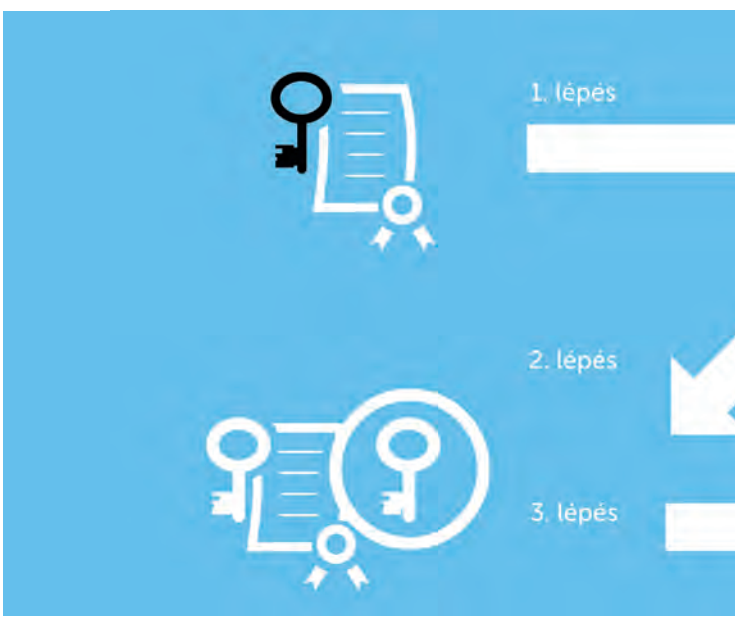
A biztonsági helyzet értékelése során elfogulatlan, független vizsgáló megismeri az adatkezelő rendszer vagy termék biztonsági helyzetét és valamilyen módszerrel kimutatja az elfogadhatatlan kockázatokat jelentő gyenge pontokat. Két szokásos munkamódszere az ún. követelményes és a kockázatelemzéses. Nemcsak meglévő, hanem tervezett helyzet biztonsága is értékelhető: a munka tehát mind létező, működő, mind tervezett rendszer vagy termék esetében elvégezhető.

Követelményes vizsgálat esetén az alap valamilyen előzetesen meghatározott követelményrendszer. A vizsgáló azt veszi számba, hogy mely előírt követelmények nem teljesülnek.

A kockázatelemzéses vizsgálat első lépése a későbbi szűken értelmezett kockázatelemzés alapjának rögzítése: az adatok és a működés, azaz a munkafolyamatok értékeinek számszerűsítése. A gyenge pontok és a fenyegetések meghatározását követően, a kockázatelemzés a fenyegetések által okozott lehetséges kár nagysága, és a bekövetkezés gyakorisága alapján kimutatja a biztonsági szempontból legkritikusabb területeket.

Itt hívjuk fel a figyelmet arra, hogy csak akkor szabad a kockázatelemzéses munkamódszert alkalmazni, ha annak számszerű alapjai megteremthetőek, valamint rendelkezésre állnak statisztikák a bekövetkezett káreseményekről. Ha a számszerű alapok ésszerű mennyiségű munkaráfordítással nem teremthetőek meg, vagy nincsenek statisztikák, a követelményes munkamódszert célszerű, illetve kell választani.

A biztonsági követelmények meghatározása a fent írtakhoz hasonlóan, két fő munkamódszerrel lehetséges. A biztonsági helyzet értékeléséhez hasonlóan, a mind meglévő, működő, mind tervezett rendszer vagy termék esetében elvégezhető. A biztonsági követelmények meghatározása itt azt jelenti, hogy a vizsgáló megismeri az adatkezelő rendszer vagy termék rendeltetését, a vele kezelt adatok körét, és ennek alapján előírja, hogy mely szabványos biztonsági osztály követelményeit kell a rendszernek vagy terméknek teljesítenie.



A kockázatelemzéses munkamódszer esetében a vizsgáló — kockázatelemzéses munkamódszerrel — kimutatja az adatkezelő rendszer vagy termék biztonsági szempontból legkritikusabb területeit; a biztonsági követelményeket a feltárt biztonsági hiányosságok képezik. A biztonsági vizsgálatok nyomán értelemszerűen a biztonságot növelő intézkedési javaslatok is készülhetnek. A biztonsági követelmények meghatározására, helyzetének értékelésére, valamint fokának tanúsítására napjainkban számos munkamódszer, szabvány, ajánlás áll rendelkezésre. Amint kifejtettük, a jó szakember számára napjainkban elengedhetetlen ehhez jól megalkotott relációs adatbázis-kezelő használata (MMM, 2004. január, p. 58 - 59).

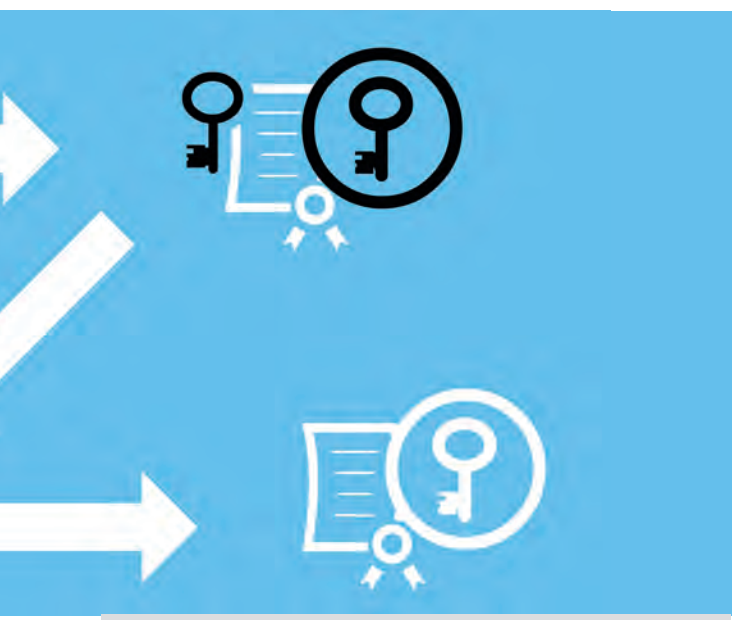
A rossz protokoll

A mobil eszközök azért jelentenek új biztonsági kihívást, mivel pontosan hordozhatóságuk korlátozza a feldolgozási sebességet, a tárolókapacitást és magát a

drótnélküli rádiókommunikációs csatornát. A rossz protokoll pedig feltörhetővé teszi a mégoly megfejthetetlennek tűnő rejtjelezést is — nézzük hogyan!

A rejtjelezés hatékonysága az alkalmazott algoritmustól, a rejtjelezés helyétől és idejétől, valamint a kulcskiválasztás kritériumaitól, generálásától, szétosztásától és tárolásától függ. Egy rejtjeles szöveg (kriptogram) akkor lehet feltétlenül biztos, ha az egyetlen helyes megoldáshoz sem ad elégséges információt.

Shannon már a '40-es években kimutatta, hogy az egyetlen, matematikailag feltétlenül biztos rejtjelező eljárás a Vernam-féle "egyszeri szalag". Nevét onnan kapta, hogy az ötvenes években két lyukszalagot kombináltak össze: az



4. ábra. Kommunikáció teljesen titkos magánkulcsokkal

eredeti szöveget, és egy véletlenszám által generáltat. Ennek máig is ható, nagy jelentőségét bizonyítja, hogy a Moszkva-Washington "forró drót" ma is ezt az elvet — technikailag kissé modernizálva — alkalmazza. Eszerint egy rejtjeles szöveg (kriptogram) akkor lehet feltétlenül biztos, ha az egyetlen helyes megoldáshoz sem ad elégséges információt. Ehhez Shannon egy "unicitási távolságot" definiált, ami azt jelenti, hogy a rejtjelezendő szöveg redundanciájának meg kell haladnia a kulcs információját. Tekintve, hogy az egyszeri szalag unicitási távolsága végtelen, ezért ez az egyetlen matematikailag feltétlenül biztos rendszer.

Emberi tényező

Persze lehet mégoly matematikailag biztos ez is, a kulcsként szolgáló „szalagot" futárral, lepecsételt diplomatatáskában kell a másik félnek átadni, hisz akár a „drótos", akár a műholdas átvitel lehallgatható, meghamisítható, elirányítható. És itt jön megint az „emberi tényező"...

Most egy — elsőre talán viccesnek ható — ógörög módszerre térünk ki. Saját technikai eszközeikkel ők alkalmazták először a háborúkat is eldöntő „matematikailag biztos egyszeri szalagot" (legalábbis az elvet — és van-e valami, amit a görögök nem?).

Nos, lekopaszították egy emberszámba alig vett rabszolga fejét, és szép görög kalligráfiával rátetoválták az üzenetet. Ezután mintegy két hetet kellett csupán várni hajának kellő hosszúságú növekedésére. Útra kelt, és áthaladt az ellenséges területeken is — a módszer igazán egyszeri lehetett!

Beszéljünk most két — a második világháborúban alkalmazott — az ellenfelek által megfejthetetlennek bizonyult módszerről is!

Az Egyesült Államok hadserege navahó indián nyelven küldte a hadászatilag sorsdöntő információkat, sőt még azon belül is „transzformáltak" — például a sas jelentette a repülőgépet, medve a tankokat, stb.

A németek a teljesen mechanikus Enigma rejtjelezője előtt pedig megállt a szövetségesek tudománya. Erről a szerzőnek két, egymásnak ellentmondó információja van. Jó pár évvel ezelőtt napilap írt arról, hogy a szövetségesek egyszerű lopással jutottak a megfejtéshez. A németek elkövették azt a fatális tévedést — mondhatjuk banánhéj-hatásnak is — hogy postai úton továbbították a készüléket. Lengyelországban egy szombati postazárást követően vasárnap hajnalig elég volt az idő a megfejtésre, aztán mintha mi sem történt volna, ment minden tovább a németeknek a biztosnak vélt úton. És emberezrek élete múlott ezen...

Most viszont [5]-ben arról olvashatunk, hogy Alan Turing és Goldon Welchmann „Bomba" nevű gépükkel a Bletchley Parki angol lehallgató központban 1940 közepétől rendszeresen tudták olvasni a német légierő üzeneteit, majd a szövetségesek egy U-110 tengeralattjáró elfogásával jutottak a géphez, és ez tovább könnyítette Turing munkáját.

Visszatérve a mai műszaki kérdésekre: jelenlegi ismereteink szerinti egyszeri szalagon kívül az összes többi, matematikailag nem feltétlenül biztos rejtjelezés hatékonysága is nagyban függ az alkalmazott algoritmustól, a rejtjelezés helyétől és idejétől, valamint a kulcskiválasztás kritériumaitól, generálásától, szétosztásától és (főleg hierarchikus) tárolásától. Sőt azt kell mondani, hogy aktív támadások ellen a titkosító transzformáción túl megfelelő, további szabályokkal kell gondoskodni a manipuláció megnehezítéséről — ezek a kripto-protokollok.

A „sikeres" elrontás

Még a legerősebb rejtjelező transzformáció sem nyújt kellő védettséget hibásan tervezett protokollkörnyezetben, ezért ebbe a körbe tartozik a partner hitelességének megállapítása, a megszemélyesítés felfedése, sőt megakadályozása is. Álljon itt egy példa, hogy a napjainkban "legerősebbnek" ítélt kettős kulcsú (például RSA) rejtjelezést rossz protokollal hogyan "sikerülhet" elrontani. Például egy "sima" kód-kulccsal az adó, míg egy másik kóddal a vevő titkosít. Csakhogy a kulcsok eltéríthetők — nem biztos, hogy az kapja, akinek az adó szánta.

Ezzel szemben az MIT-n évtizedekkel ezelőtt kifejlesztett Kerberos a maximális bizalmatlansággal él, ugyanakkor minimális terheket rak a felhasználókra (**4. ábra**).

A Kerberos használója egyszerű, — titkosítást nem igénylő — rejtjelezés nélküli szöveget küld a jogosultsági szerverhez, amely válaszul erre hitelesítő adatokat küld vissza. Ezelőtt azonban ezeket a hitelesítő adatokat rejtjelezi egy olyan kulccsal, amelyet csak a használó és a Kerberos ismer. Ezt a titkos jelszót rejtjelezett formában a kulcsosztó állomás (KDC) adatbázisában tárolják. Amint ez megérkezik a használóhoz, ő a kulccsal visszafejti. Amennyiben valamilyen oknál fogva nem tudná visszafejteni, máris képtelen lesz a további lépésekre. Így a jogosultság elnyerése a kliens munkaállomásán és nem a Kerberos biztonsági szerver szintjén történik.

Dollármilliós incidensek

Ma a nagyobb cégek mindössze harmada képes mérni és értékelni saját informatikai biztonsági mutatóit, noha a biztonsági incidensek évente dollármilliós kárt okoznak nekik. Ezt állapította meg 2002-ben a KPMG első nemzetközi információbiztonsági felmérése. A KPMG munkatársai világszerte olyan cégeket vizsgáltak, amelyeknek éves forgalma meghaladta az 50 millió dollárt. A felmérés szerint a cégek a vírusokat és az információs rendszert illegálisan feltörő behatolókat (hackereket) jelölték meg a legfőbb veszélyforrásnak. A vizsgálatok azonban azt mutatták, hogy a vírusok (a cégek 61 százaléka számolt be vírustámadásról) után a technikai berendezések lopása okozza a legtöbb kárt (38 százalék). Hackertámadást a cégek 12 százaléka jelentett — ez csak a hatodik leggyakoribb veszélyforrás.

Noha a vizsgált cégek informatikai költségvetésük 10 százalékát fordítják a biztonságra, azt már nem ellenőrzik, megtérül-e ez a ráfordítás. Egy-egy informatikai biztonsági probléma kezelése átlagosan 108 ezer dollár kiadást jelent a társaságoknak. Ennek ellenére a legtöbb vállalat túl magabiztos saját biztonsági színvonalát tekintve: 58 százalékuk tartja úgy, hogy minden ésszerű lépést megtett a védekezésért, ugyanakkor közülük is minden tizedik elismerte, hogy semmilyen formában nem méri a biztonsági lépések hatékonyságát, sőt 52 százalékuk nem rendelkezik olyan rendszerrel, amely észleli az illetéktelen behatolást. A valódi teljesítményt mindössze a cégek mintegy harmada (35 százalék) képes mérni és értékelni, míg a vállalatok több mint fele azt sem tudta megmondani, mennyit költ az informatikai biztonság megteremtésére.

VÖRÖS GÁBOR

IRODALOM

[1] Ne dőljünk be a hókuszpókusz szoftvereknek — Chip Magazin 2014/7 p.110
[2] Személyes közlés Győri Ferenc főszerkesztő úrtól — Chip Magazin, MediaCity Kft. 2019. május
[2] A számítógépes információbiztonság alapjai — LSI Oktatóközpont 2001
[3] Nem kell feltalálni — Információbiztonsági szabványok — Műszaki Magazin 2005/10
[4] Kiváló leírás a kriptográfiáról: *https://bit.ly/2kmFOwD*
[5] A második világháború története — Ringler Axel Springer Magyarország Kft 2019 p. 44
[6] Davies — Price: Security for Computer Networks — John Wiley & Sons, Second Edition, 1989
[7] Shannon: Communication Theory of Secrecy Systems — Bell System Technical Journal vol 28. p. 656, 1948. október
[8] Hunt,C: TCP/IP Network Administration — John Willey's London, 1998
[9] A megfigyelések és lehallgatások kora — Chip Magazin, MediaCity Kft. 2010. június
[10] Biztonsági tippek profiktól — Chip Magazin, MediaCity Kft. 2010. június

E SZÁMUNK SZERZŐI

BABINSZKI EDIT: PhD, geológus, Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest; CSABA GYÖRGY: professor emeritus, az MTA doktora, Budapest; ILLÉS ERZSÉBET: PhD, űrkutató csillagász, összehasonlító planetológus, CSFK, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet emerita kutatója; KAPUSI FELÍCIA: biológus, MTA Ökológiai Kutatóközpont, Duna Kutató Intézet; MIKA JÁNOS: egyetemi tanár, az MTA doktora, Eszterházy Károly Egyetem, Eger; MITRE ZOLTÁN: MSc hallgató, Eszterházy Károly Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet, Eger; PATKÓ LÁSZLÓ: vadbiológus, WWF Magyarország; RABB MÁRTON MIHÁLY: kutató biológus, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest; VÖRÖS GÁBOR: villamosmérnök, a digitális technika doktora; ZOMBORI PÉTER: MSc hallgató, Eszterházy Károly Egyetem, Földrajz és Környezettudományi Intézet, Eger.

KÖVETKEZŐ SZÁMUNKBÓL

Novemberi számunkban Eötvös Lorándra emlékezünk halálának 100. évfordulója alklamából.

HUMÁNBIOLÓGIAI ÉS ORVOSTUDOMÁNYI ISMERETTERJESZTÉS A XXI. SZÁZADBAN

Saját magam orvosa vagyok

Az ismeretterjesztés bármilyen tárgykörben izgalmas feladat a terjesztő számára, mint ahogy hasznos és izgalmas a befogadó számára is. Érzelmi hozzájárulás szempontjából azonban lényeges a különbség attól függően, hogy a környező világról (élő vagy élettelen természetről), ember alkotta tárgyakról vagy műveletekről, vagy éppenséggel magáról az emberről kívánjuk ismereteinket megalapozni, vagy bővíteni.

Az emberről szóló ismeretterjesztés esetében a hozzáállásunk sokkal intimebb, mint más tudományterületek kapcsán, és még inkább az, ha betegségekről van szó, melyeket megkaphatunk vagy elszenvedhetünk, tehát más szakterülethez képest a humánbiológiai és orvostudományi ismeretterjesztés kiemelt figyelmet érdemel, akár a terjesztők, akár a megcélzottak részéről.

A humánbiológiai ismeretterjesztés hatásában még inkább hasonlít a többi (műszaki, geológiai, társadalmi) ismeretterjesztéshez, bár érdekeltségünk azokénál nagyobb, ugyanakkor az orvostudományi ismeretterjesztés az elméleti tudás-fejlesztésen kívül gyakorlati céloknak is eleget tesz, képez, illetve továbbképez bennünket az aktív beavatkozások terén. Míg az ismeretterjesztés egyéb formáinál a rajtunk kívül álló dolgokról tájékozódunk, addig a humánbiológiai vagy orvostudományi ismeretterjesztés saját magunkról szól és az eszközök növekvő tökéletessége ezt a megismerést lehetővé is teszi, azaz ezen a területen minőségi változás lépett fel. Talán egy példával illusztrálva: medikusként a múlt század közepén a belgyógyászat tárgykörében Haynal Imre előadásait hallgattam, akiért munkatársai rajongtak, (és mi, hallgatók is), mert kiemelkedő képességű orvos és előadó volt. Egyik munkatársa mesélte, hogy Haynal egy beteget vizsgált, sztetoszkóppal hallgatva légzését és jelezte, hogy a tuberkulózisos betegnek

1. ábra. A középkorban mintegy 100 millió embert pusztított el a pestis. *(Lásd nyitókép)* Az egészségügyi tudásszint növekedésének hála a pestishez hasonlóan veszélyes ebola a XX. században megmaradt lokális betegségnek.

kaverna van a tüdejében. Véleménye alátámasztására röntgenvizsgálatot írt elő. Ez megtörtént és negatív volt az eredménye. Haynal ezután rétegfelvételt kért, mely ugyancsak negatív eredményt hozott. Ekkor Haynal Imre fél centis rétegfelvételt javasolt, amivel 1 cm-nél kisebb átmérőjű kaverna is kimutatható, és ez pozitív lett. Haynal tehát a korábbi évszázadok diagnosztikus eszköze, a sztetoszkóp felhasználásával állapított meg egy elváltozást a tüdőben, ami az adott kor (’50-es évek) legmodernebb eszközével is csak körülményesen volt kimutatható. Nem valószínű azonban, hogy a mai kor számítógépes rétegvizsgálójával, a számítógépes tomográffal (CT) is fel tudná venni a versenyt és ugyanez vonatkozik egyéb műszeres eljárásokra, vagy a laboratóriumi vizsgálatokra. A múlt századi embert is érintő felismerések, illetve az új gyógyszerek, eljárások, diagnosztikai eszközök hatalmas mértékben növelték a szakemberek és beavatkozások lehetőségeit úgy, hogy az emberek érdeklődése felcsigázódott, de az ismeretek emberközelisége csökkent. Elég itt csak az öröklődés mechanizmusának megismerésére (humánbiológia, DNS kettős spirál) vagy az antibiotikumok (gyógyítás) felismerésére gondolnunk, holott ezek mellett számos, kevésbé közismert, de igen nagy jelentőségű előrehaladás történt a XX. században. Az orvostudomány hatalmasat lépett előre, de egyre inkább szakosodott, azaz még az általános orvos sem ismer minden új eljárást (gyógymódot) vagy gyógyszert, így a laikusok számára még idegenebbé vált. Ugyanakkor a tudományos ismeretterjesztés közreműködésével általánosságban kiművelt laikusok ezt nem fogadják el és részesei (tudói) akarnak lenni a legújabb eredményeknek is, ami szinte lehetetlen. Ami a XX. században elkezdődött az a XXI.-ben folytatódik. Úgy mondják: a XXI. század a biológia évszázada és ez valószínűleg így is van: az elmúlt évszázadok és kiemelkedően a XX. század oly mértékben megváltoztatta humánbiológiai és humán orvosi ismereteinket, hogy a XXI. század nagy felismerései valóban várhatóak, éppen a XX. század eredményei alapján. Ezek ismeretéből a laikusok (akik más területek szakemberei) sem akarnak kimaradni, az igények tehát megnőnek az ismeretterjesztés felé.

Ismeretbővítés és felkészítés az aktív beavatkozásra

Míg korábban az orvostudományi ismeretterjesztés valóban csak az ismeretek bővítését célozta, modern korunkban, felhasználva az internet és televízió előnyeit, meghatározott célja lett a balesetek kezelése, közelebbről az életmentés, olyan esetekben, amikor az erre képzett szakember nincs jelen. Ilyen módon a laikusok képesek lehetnek aktív beavatkozásra, amikor ez sürgős, tehát elősegítheti a beteg (sérült) életben maradását, amíg a szakember (mentős, orvos) megérkezik, vagy amikor erre még remény sincs (elhagyatott vidékeken) a teljes egészségügyi ellátást. Tehát ilyenkor az ismeretterjesztés által nem elméleti továbbképzés történik, hanem alapképzés, gyakorlati céllal. Ha ez egy célzott műsor keretében történik a TV-ben, akkor hatása lehet eredményes is, de csak szűk réteget érint, akik kifejezetten azért nézik a műsort, mert ezen a területen aktívan közreműködni akarnak. Mások viszont TV-drámákat néznek és az ott történtekből ragad rájuk valami, amit több-kevesebb

2. ábra. Az emberiség tudásszintje rohamosan növekszik, de az egyedi ember csak nehezen tudja magas szinten követni

sikerrel felhasználhatnak, ha erre sor kerül és nincs más lehetőség. Sajnos ez utóbbi esetekben az igazi siker még várat magára: az egyébként nagyon népszerű orvosi sorozatok, mint például a Dr. House, ebből a szemponból nem hozták meg a várt eredményt. Nyilvános helyen (pl. utcán) előforduló epilepsziás rohamok esetében a laikusok által nyújtott elsősegély gyakorlatilag 50%-ban eredménytelen volt, feltételezhetőleg a TV-s bemutatás hibái miatt.

Ugyanez vonatkozik a szív működési zavarainak (fibrilláció, leállás) akut kezelésére. Ami még nagyobb problémát jelent: a vizsgálatok kimutatták, hogy az ilyen témájú TV-játékok rendszeres nézése rontotta az ezeket nézők felkészültségét az eredményes segítségnyújtás, például resuscitáció (újraélesztés) esetén. Persze a TV-drámák nem célzottan a segítségnyújtó ismeretterjesztést szolgálják, azonban hatásuk — talán éppen ezért — nyomatékosabb, mint a célzott műsoroké. Az emberek inkább hisznek a szimpatikus — és orákulumnak kikiáltott — színészdoktornak, mint a háziorvosuknak (a TV-doktor mondta, tehát igaz!) és szívesebben követik annak tanácsait, amiket a dráma bizonyos szituációiban ad. Az ismeretterjesztés szolgálójának hitt eszköz (TV, internet) tehát jelenleg sajnos inkább rontja, mint támogatja az egészségvédelmet. Miközben teljesen szelíd TV-filmek nem ajánlottak 16 éven aluliaknak, az orvosi információkat tartalmazó filmek nincsenek szűrve a laikusokra (bármely korosztályban) való hatás szempontjából és minden jó szándékuk mellett károsak tudnak lenni.

Ugyanakkor, ha összevetjük egy filmdráma és egy Természet Világa, vagy Élet és Tudomány cikk hatáserősségét, nagyságrendi különbségeket találunk (a filmdráma javára), akár az olvasottság/nézettség területén, akár a hatás minősége (papír/mozgókép) területén és ez a távközlési technika további fejlődését szembeállítva a nyomtatott sajtóéval, csak növekedni fog. Dr. Future-Haus TV- és interneteszközökkel felfegyverkezve teljes biztonsággal maga alá gyűri Dr. Term-Vil Igazmondót, az aggastyánt, aki csak 150 éves korára tud hivatkozni, de maga sem hiszi, hogy ez elegendő akár csak Dr. Haus botjával szemben. Természetesen mindig voltak és lesznek olyan emberek, akik a minőséget kedvelik, de a XXI. században már nem ők a dominánsak, bár létszámuk csökkenése ellenére, nem csökkenő szellemi igényeiket ki kell elégíteni. Ezt nem csak az ősök tisztelete követeli meg, de annak biztosítása, hogy lesz miből meríteni, ha az igények mégis növekednének.

Saját magam orvosa vagyok

A Természet Világa tudományos ismeretterjesztő folyóirat, melynek hangsúlyozott célja minőségi ismeretek terjesztése olyan olvasók számára, akik szeretnének szakismereteiken kívül általános tájékozottságot szerezni olyan kérdésekben, melyek az emberiség létét, fennmaradását, fejlődését érintik. Ennek a folyóirat már 150 éve eleget tesz. Tudományos, vagy tudománytalan (áltudományos) ismeretterjesztést azonban számos egyéb (politikai, társadalmi, stb.) napilap és folyóirat végez, amelyek azonban nem mindig képesek minőségi cikkeket közölni, de példányszámuk, olvasottságuk alapján a Természet Világánál jelentősebb nyomot hagynak az emberek agyában. Ehhez járul a televízió számos csatornája és talán még inkább az internet, mely utóbbit ma már a zsebében hord (okostelefon) és akár a metrón is nyomkod a jelen és jövő ifjúsága. Ez utóbbi eszközök cikkei (bemutatásai) sokszor viszont csak felületes ismereteket nyújtanak orvosi vonatkozásban, ellenőrizetlen szenzációkat közölnek tényekként. Ehhez járulnak a reklámok, melyek leírnak egy-egy betegséget és annak szuverén gyógyszerét (melyet el akarnak adni), egy-egy tekintélyes intézmény (pl. kórház, gyár) vagy személy megjelenítésével súlyosbítva. A felületes orvosi ismeretek mennyiségének növekedése az emberek (laikusok) tudatában viszont azt az érzetet kelti, hogy tisztában vannak a betegségek lényegével és a diagnózison kívül akár annak terápiáját is meg tudják határozni. Mindez a laikust saját maga orvosává teszi, amire korábbi korok emberének is megvolt a hajlandósága, de ilyen mélységben és méretekben csak mostanában jelentkezik. A beteg, vagy aki betegnek hiszi magát, előírja a saját kezelését, melyet vagy saját maga meg tud valósítani akár az önkiszolgáló bolt polcáról leemelve a gyógyszert, illetve gyógyhatású terméket, vagy azzal az igénnyel keresi fel az orvost, hogy azt rendelje neki, amit ő jónak tart. Atomkutatásról szóló ismeretterjesztő cikken felbuzdulva senki nem épít reaktort a konyhában, de reumatikus

3. ábra. A boszorkányok gyógyító csodanövénye, a verbéna hiteles középkori leírással

4. ábra. Az oltásellenes szülő megölheti gyermekét *(Forrás: Rosta Tibor – MTI).*

panaszaira szívesen vesz be felületes ismeretterjesztésben, vagy reklámban ajánlott hatástalan anyagokat. Ha a kezelés eredménytelen, akkor csalódottságában felkeresi az alternatív gyógyítót, akivel együttműködve eljuthat akár a homeopátiáig, amikor gyakorlatilag már csak vivőanyagot (vizet) alkalmaz a gyógyszer helyett, de addig beszerzett téves ismeretei alapján ezt jónak tartja. A jó minőségű ismeretterjesztés tehát századunkban egyre fontosabbá válik, miközben hatásfoka (fogyasztása) — szemben a rosszabb minőséggel — egyre gyengül.

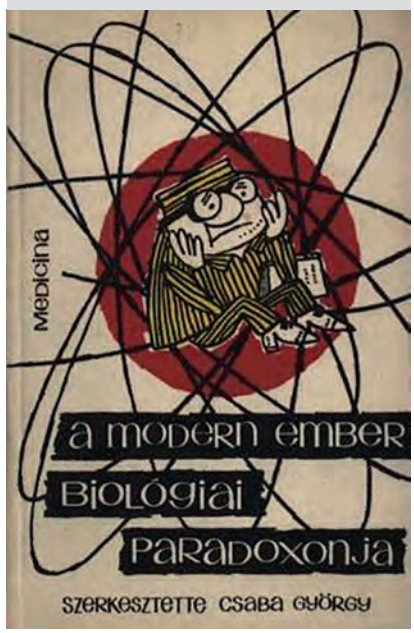
Az ismeretterjesztésből az orvos is tanul

Az orvosi specializálódás előre haladtával egyre inkább beszűkül az a terület, amivel az adott orvos foglalkozik, tehát amiben a legjobb. Ugyanakkor minden orvosnak a beteget kell gyógyítania, akiben a betegség megnyilvánul. Ez magával hozza, hogy a szakorvosnak tájékozódnia kell azokban a területekben is, amiben nem „szak", tehát általában az orvostudományban. Mivel az orvostudományi ismeretek is rohamosan bővülnek, ezeket a szakon-kívüli ismereteket leginkább a nívós (akár kifejezetten orvosok számára készült) ismeretterjesztés tanulmányozása révén szerezheti meg. Tehát a nívós ismeretterjesztés a szakember számára is lehetőséget teremt arra, hogy szakmáján belül kiterjessze általános ismereteit, így a nívós ismeretterjesztő cikkek fogyasztói sokkal inkább lehetnek az adott szélesebb terület szakemberei, mint a laikusok.

Az ember vonzódása a tévhitekhez

Az elmúlt korok ismeretterjesztésének eredményeit figyelembe véve azt hihetnénk, hogy felvilágosult világban élünk, ahol az emberek már tudják, mi a hasznos számukra és az orvostudományt védelmezőjüknek tartják. Sajnos ez nem így van. A tévhitek éppúgy felütik a fejüket, mint a „sötét" középkorban, hajlamosak vagyunk hinni a nem létezőben és abban, hogy az egészség védelmének jelszavával merényletet követnek el magunk, vagy hozzátartozóink ellen. A nem létezőben való hit vezet a csodagyógyszerek elfogadásához és az egészség védelmének elutasítása tévhitek alapján betegségek fellépéséhez, esetleg járványok kitöréséhez. Például számos szülő nem oltatja be gyermekét a korábbi évszázadokban halálos járványok formájában jelentkező betegségek ellen, mert elhiszi, hogy az oltás okozza az autizmust (amiről szintén felületes ismeretterjesztés keretében hallott), mert ezt nemcsak a szomszédasszony híreszteli, de szakembernek hitt tudatlanok a TV-ben vagy az interneten terjesztik. Ez utóbbiban nem kisebb személyiség, mint például az Amerikai Egyesült Államok elnöke, Donald Trump is oltásellenes szerepet vállalt, aki ugyan nem kompetens orvos-egészségügyi kérdésekben, de hatását nem szűrik aszerint, hogy mihez van képesítése. A különbség a középkortól az, hogy akkor az oltás hiánya miatt (mert akkor még nem volt) pusztultak tömegesen az emberek, míg ma ez történhet a tömegkommunikáció elterjedtsége és népszerűsége miatt (az oltás elutasítása például nem csak az érintett személyt veszélyezteti, de a közösséget is, mert a kórokozó azokon marad fenn, akik nincsenek oltva). Mindig van, aki terjeszti a tudományt és van, aki a tudománytalanságot, de rendszerint mindkettő fehér köpenyes. A laikusnak tehát nehéz választania, mit higgyen el és ezért kell tekintélyt kivívni a tudományos ismeretterjesztés nívós eszközeinek (mint pl. a Természet Világa), hogy eséllyel tudjon szembeszállni téves nézetekkel és azok káros következményeivel. Amint a múltban, a XXI. században sincs ez másként,

5. ábra. A civilizáció által létrehozott modern technikai fejlettség és az ember konzervatív biológikuma nem mindig férnek össze egymással



6. ábra. A fonendoszkóp (a sztetoszkóp modernebb változata) a múlt és a jelen eszköze, a laptop a jelené és a jövőé. Most még megférnek egymás mellett.

legfeljebb a helyzet lehet súlyosabb, mert a hibás ismeretterjesztés eszközei hatékonyabbak. Csak néhány példa: egy időben elterjedt, hála az internetnek, hogy a mobil telefonok használata agydaganathoz vezet. Az utóvizsgálatok ezt nem igazolták, de mégis megmaradt a „kiművelt" emberfőkben és még ma is van, aki elhiszi és kerüli a mobiltelefont, vagy ha nem kerüli, használja, de fél. Ennél is korábban volt az a hit, hogy a kis dózisú radioaktív sugárzás éppúgy káros, mint a nagy dózis, csak meg kell várni, amíg összegeződik a hatás. Ma már a szakemberek tudják, hogy a kis dózisoknak éppen ellenkezőleg, pozitív hatásuk van, és még segítenek is elkerülni a nagy dózisok károsításait (hormezis). Ennek ellenére a tévhit az emberek többségében tovább él és nem szívesen vesznek meg olyan lakást, amelynek építésében kis dózisú sugárzást kibocsátó anyagot használtak fel (holott ezekben kisebb a betegségek fellépésének aránya, mint a nem sugárzókéban). Ugyanezek az emberek elmennek leromlott ízületeiket gyógykezeltetni a radon-sugárzású fürdőbe, mert nem tudják, hogy mi a radon, és hogy a lakások falában is ez a sugárforrás.

Mire költik a pénzem?

A tudomány művelése költséges és mennél fejlettebb, annál költségesebb. Az ókori orvostudomány műveléséhez legfeljebb a tudós (és családjának) eltartása volt szükséges, de drága eszközök nem kellettek. A középkori orvostudomány művelése már igényelte az eszközhasználatot, de ezek nem voltak különlegesek, hanem lényegében olyanok, mint amit az átlagember is használt. Mai modern korunkban a humánbiológia és orvostudomány művelésének eszköztára kiterjedt és rendkívül drága, mert ezek az eszközök teszik lehetővé annak felmérését is, ami természetes úton nem észlelhető (speciális mikroszkópok, hang- és fényérzékelők, stb.). Egyes műszerek sok millióba kerülnek és csak speciális célokra használhatók és a hozzájuk értő kutatógárdát, illetve segítőiket is el kell tartani. Az erre szánt pénz nálunk adóforintokból kerül elő, tehát abból, amit nem az alaptudománnyal foglalkozók termelnek ki. Ezért az adófizetők tájékoztatása, tehát hogy mire költötték az adóforintokat, elengedhetetlen és ez is a tudományos ismeretterjesztés feladata: a hazai kutatások és eredményeik felhasználhatóságának ismertetése. Ugyanakkor a nem magyar eredmények ismertetése sem nélkülözhető, mert ezeket át kell venni, a hozzájuk tartozó eszközöket meg kell vásárolni, mert enélkül nincs haladás.

A cikk szerzője 60 éves korában, 40 éves ismeretterjesztő múlttal a háta mögött, fehér köpeny nélkül, de tiszta lelkiismerettel (éppen előadás közben). Most már 70 éves tudományos és ismeretterjesztő múlt van mögötte (csak a cikkben foglaltak nyomatéka kedvéért).

Zárszó és (indokolt?) pesszimizmus

Az elmondottakból nyilvánvalónak látszik, hogy a XXI. század és az utána következő századok humánbiológiai és orvostudományi ismeretterjesztése várhatóan nem lesz eredményesebb a korábbiaknál, annak ellenére, hogy eszközei szélesebb körű hatást tennének lehetővé. A hitek és tévhitek a korábbiaktól eltérő köntösben jelennek meg (nem ördögök és boszorkányok, de jó svádájú távgyógyítók, felbérelt színészek, esetleg politikusok formájában), a körülményekhez alkalmazkodva és azokat felhasználva, de az emberi természet alapjaiban nem változik. Mivel az ismereteket terjesztő és azokat befogadó ember közösen határozza meg az ismeretterjesztés hatásfokát, kicsi a valószínűsége, hogy ezt pozitív irányba lehet lendíteni. Ugyanakkor századunkban és a jövőben, a környezetben félelmetes sebességgel növekszik a károsító tényezők mennyisége és minősége, ami a reális ismeretterjesztés (felvilágosítás) fokozott alkalmazását igényelné. A siker, vagy legalább a szintentartás érdekében az ehhez szükséges feltételek megteremtése a század egészségügyi szervezőinek, szerkesztőinek, kommunikációs szakembereinek jól megtervezett és megszervezett együttműködését igényli éppúgy, mint a pénzügyi szakemberek belátását, ami lehetővé tenné, hogy a jó minőségű ismeretterjesztés szélesebb körben elérhető legyen.

CSABA GYÖRGY

AZ ÓCEÁNOK ÉS A LÉGKÖR KÖLCSÖNHATÁSA

Globális áramlások

Óceán és légkör közötti kölcsönhatás a Naprendszerben csak a Földön tanulmányozható, mert légkörrel rendelkező bolygó felszínén sehol máshol nincs óceánnyi méretű szabad folyadékfelszín. A bolygótestek, amelyeken eddig geológiai aktivitást találtunk, vagy a felszínükön csak tavak formájában lévő folyadékszférával, vagy a felszínük alatt, globális óceánokkal rendelkeznek.

A felszín alatti globális óceánra az első példa, amit megismertünk a Naprendszerben, a Jupiter Europa holdja volt, ahol egy 20 km vastag jégkéreg alatt 100 km mély óceánt sejtünk. Azóta több bolygótest, így árapályfűtés miatt holdak (Ganymedes, Callisto, Enceladus, Titán), sőt törpebolygók, mint a Ceres és a Plútó is gyanúba került. Ez persze nem azt jelenti, hogy mindenütt víz a folyadék — vagyis nem mindenütt víz-óceánról, azaz hidroszféráról van szó — hanem általánosabban, folyadékszféráról kell beszélnünk. Ilyenkor a folyadék bármi más lehet, ami az ottani hőmérsékletnek megfelel. Ezért például a Jupiter holdjai és a Szaturnusz Enceladus holdja esetében is még víz a folyadék, azok tehát szintén hidroszférák. A Szaturnusz Titán holdja esetében azonban, ahol nincs árapályfűtés, már nem hidroszféráról beszélünk, mert metán és etán, a Plútó esetében pedig metán és esetleg nitrogén a folyadék. A Naprendszer külső részén a víz már csak jég formájában van jelen, s minél messzebb vagyunk a Naptól, annál keményebb sziklaalkotó a vízjég.

A felszínen csak tavak formájában lévő folyadékszféra esete azt jelenti, hogy az a bolygótesten nem összefüggő, és nem terjed ki az egész felszínre. A Mars felszínén lehetett egy, az északi félgömböt beborító hidroszféra (egy nagy „tó") (**1. ábra**). A Titánnak pedig ma egy metán-etán folyadékszférája van, amely sok tóból áll, de nincs közöttük összeköttetés (**2. ábra**). A felszínük viszont azonos ekvipotenciális felületen van. Ha ez azt jelenti, hogy az alattuk lévő „talajvíz" segítségével összeköttetés van közöttük, akkor együtt mégis egy „világóceánt" képviselhetnek.

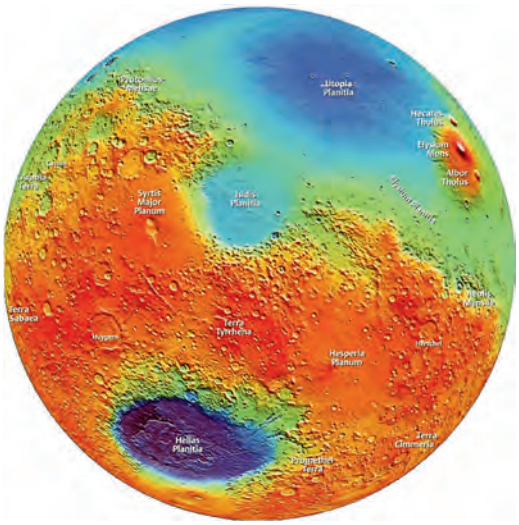
A Nagy Óceáni Szállítószalag

A Föld óceánja nem-globális hidroszféra, a földfelszín 2/3-át foglalja el, kiterjedése nem egyenletes (**3. ábra**). A szárazföldek aszimmetrikus elhelyezkedése miatt a hőelnyelésben és a hőelosztásban is hemiszférikus különbségek vannak. Ennek következtében légkörünkben az egyenlítőn átfújó (transzekvatoriális) szelek is előfordulhatnak, tehát akár az amazonasi tüzek füstje is elérkezhet hozzánk.

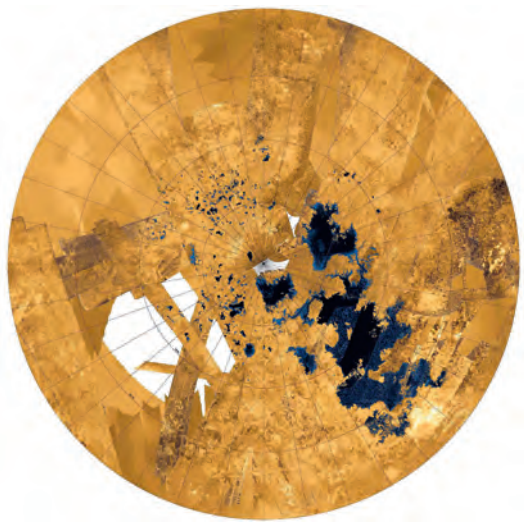
A Nap besugárzásának hatására az óceánokban ugyanúgy, mint a légkörben vagy a folyékony magban, áramlások jönnek létre. Egy globális óceánban (akár felszíni, akár felszín alatti) az áramlások hasonlóak, mint a légkörben. A Földön azonban ezt az áramlási rendszert a kontinensek partjai korlátozzák, zavarják, terelik mind vízszintes, mind függőleges irányban. A görbült partok a szélességi körökkel párhuzamosan induló áramlást kisebb cellákká szaggatják (**4. a. ábra**).

A milliónyi kisebb áramlási cellát sokféle módon sikerült felderíteni. Némelyeket, a partok közelében már évszázadokkal ezelőtt, másokat távol a partoktól, csak napjainkban ismertünk meg. A Csendes-óceán északi részének bonyolult áramlási celláit például egy gyerekjátékokkal felborult hajó rakománya segített feltérképezni a bip-bip jeleket leadó, úszó kis gumikacsák mozgásának megfigyelése révén.

A forgó Föld különböző hőmérsékletű sávjait érintő áramlási cellák a melegebb sáv hőjével fűtik a hidegebbeket, vagyis továbbítják a hőt. Tehát az óceáni áramlásoknak a hő újraelosztásában van szerepe. Az egymás mellett található cellák a köztük lévő átfolyások révén fogaskerék-szerűen egy nagy szállítószalagot képeznek



1. ábra. A Mars ősi óceánja. A kék szín az alacsonyabban, a piros a magasabban fekvő területeket jelzi *(Forrás: Stern und Weltraum)*



2. ábra. Tavak a Titán északi poláris vidékékén *(Forrás: NASA)*

a trópusoktól a poláris vidékek felé **(4. b. ábra)**. Ez a Nagy Óceáni Szállítószalag, amelynek létét és fontosságát az 1970-es években kezdték felismerni az egyre több helyen és időben végrehajtott, és egyre hosszabb modern méréssorozatok hatására. Különösen annak a három helynek a fontosságát, amelyeknek környékén a hő szállítása akadályokba ütközik. Melyek ezek a helyek?

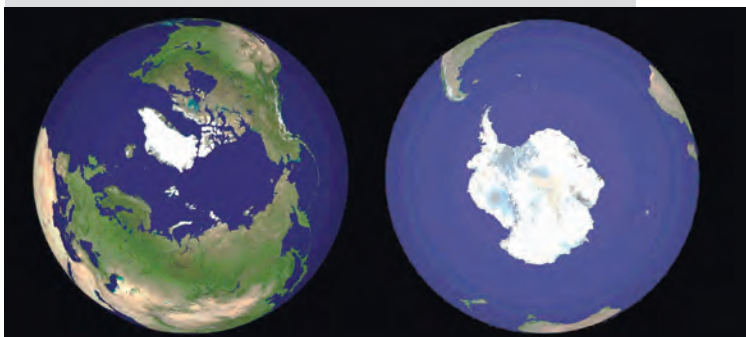
Akadályok a szállítószalag útjában

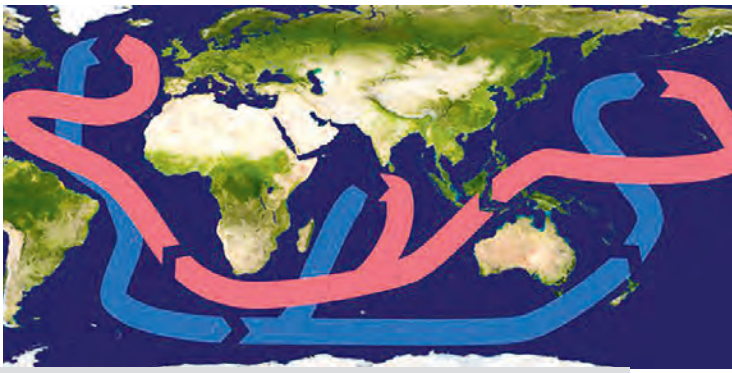
Az első akadályt az indonéz szigetvilág alatt, a Csendes-óceán aljzatán találták, és *Indonéz Átfolyásnak* nevezik. Itt a lemeztektonika következtében sokkal magasabb a tenger aljzata, mint a környezetében, és ezen a felmagasodáson kell „átmásznia" — mint egy gáton — a Csendes-óceán mélyebb aljzatáról a nyugat felé áramló, trópusi víznek (**5. ábra**).

A második akadály Afrika déli csücskénél az *Agulhas Kifolyás* (**6. ábra**). Itt Afrika, mint a meleg víz áramlásának útjába dél felé vízszintesen „betolt" gát okozza a problémát a nyugat felé tartó óceáni áramlásnak. Afrikát mindenképpen meg kell kerülnie, de ezt nehezíti, hogy Afrika déli csücskénél szembetalálkozik az Antarktisz körüli, kelet felé körbefolyó hideg óceáni áramlással. Az Indiai-óceánban felgyülemlő meleg, trópusi víz nehezen tudja magát átnyomni az erős, hideg áramlás ellenében. Ez nem nyugodt, lamináris áramlással, hanem időnként csak meg-megszakadva, és rengeteg örvény formájában tud megtörténni. Ezek az örvények kiszabadulva az Antarktisz körüli hideg áramlás szorításából északnyugati irányba tartva átszelik az Atlanti-óceánt, majd elérve a két Amerika konkáv partjait, azok visszairányítják Európa felé. Ez utóbbi szakaszt, mint a meleg Golf-áramlást emlegetjük. Ezt a még mindig meleg áramlást az európai kontinens nyugati partjai beleterelik az Északi-sarki óceán medencéjébe, ahol az annyira lehűl, hogy nagyobb sűrűségűvé válva lesüllyed, és mire ezt a medencét elhagyja, már hideg áramlásként halad Észak-Amerika partjai mentén délre. Dél-Amerika csücskénél — az antarktiszi köráramlás mentén és segítségével — jut aztán vissza keletre, a Csendes-óceánba.

A harmadik, és a legkritikusabb hely az *Északi-sarki óceán*, egy nagyon különleges akadály. Ez az óceán eléggé zárt medence (**7. ábra**). A Bering-szoros ugyanis nagyon szűk, ezért csak az Atlanti-óceán felől tud ebbe a medencébe víz bejutni. A medence vize a poláris fekvés miatt egyrészt hideg, másrészt kevésbé sós, mint az Atlanti-óceáné. Ez utóbbi azért, mert a nagy hozamú ázsiai folyók (Ob, Jenyiszej, Léna) a Himalájáról rengeteg édesvizet szállítanak, amely felhígítja. A sós tengervízben pedig hőmérsékleti lépcsők jönnek létre. A só sokkal lassabban diffundál át a szomszédos tartományokra, mint a hő, így egy-egy lépcsőfokon belül keveredik a víz,

3. ábra. A földi kontinensek aszimmetrikus eloszlása *(Forrás: NASA)*





4. ábra. A földi óceán áramlási cellái (a) és a belőlük összeállt Nagy Óceáni Szállítószalag (b) *(Forrás: NASA)*

de nagyon nehezen jön létre keveredés a szomszédos rétegekkel. A különböző hőmérsékletű és sótartalmú vizek közötti keveredés instabillá teheti a Nagy Óceáni Szállítószalag alábukását. Ez a keveredési nehézség pedig kihat az észak-atlanti áramlási rendszerre (AMOC, vagyis Atlantic Meridional Overturning Circulation), és teszi ezt az óceáni áramlás legérzékenyebb és legváltozékonyabb cirkulációs cellájává. Emiatt ennek az áramköri résznek különösen fontos szerepe van az egész áramlási rendszerben, de az éghajlati változások létrehozásában is.

A számítógépes szimulációk szerint a lebukás helye jégkorszakok és interglaciálisok között eltolódik Dél-Grönlandtól Észak-Grönland felé (**8. ábra**). Ez azt jelenti, hogy jégkorszakok idején Észak-Európát nem melegíti a Golf-áramlat. S hogy ez mit jelent, azt nagyon jól mutatja a Föld éjszakai fényeiről az űrből készített fotómontázs (**9. ábra**), amely azt jelzi, hogy hol élnek emberek ma, vagyis hol megfelelő az éghajlat. Európa északi részén — hála a Golf-áramlatnak — most igen. De az előző jégkorszak idején a mostani Dortmund földrajzi szélességénél volt a végmoréna (ma a várost elkerülő autóút vezet végig rajta), s ez körülbelül az a földrajzi szélesség, ameddig Amerikában is, és Szibériában is vannak fények, vagyis ma laknak ott emberek, az éghajlat tehát most csak addig a szélességig kedvező. A Golf-áramlat nélkül Észak-Európában most is jégkorszak lenne?

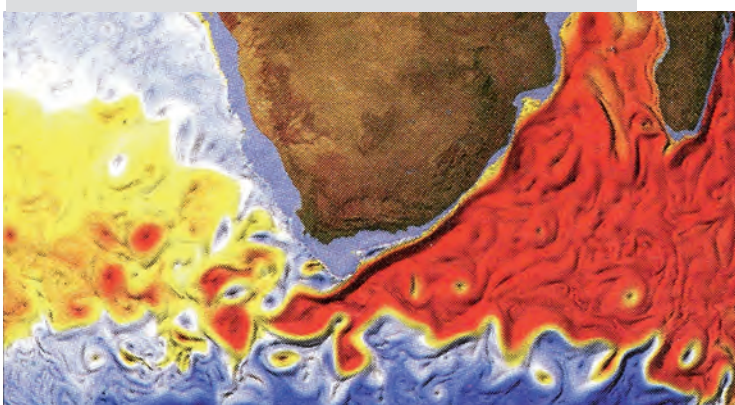
Az óceán és a légkör közötti kölcsönhatás

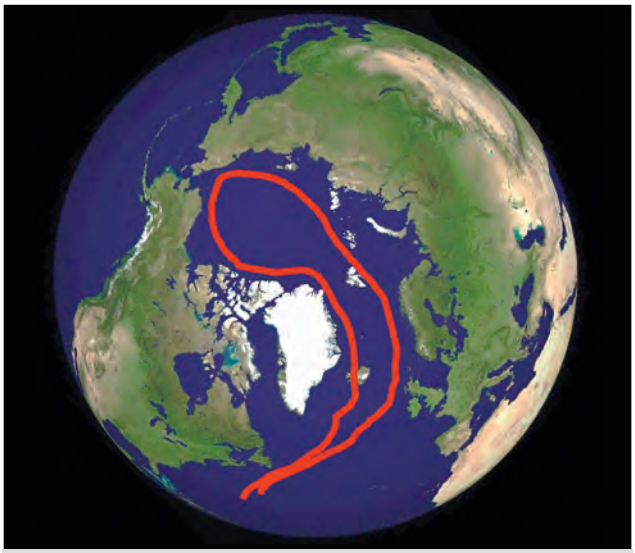
Az éghajlat ingadozása a légkör és a világóceán bonyolult kölcsönhatását tükrözi vissza. A légkör elsősorban a szeleken keresztül hat az óceánra: felkorbácsolja a hullámokat. Többen ezzel magyarázzák például az El Niño-nak nevezett jelenség létrejöttét, amelynél néhány évenként a Csendes-óceán vízfelszínének hőmérséklete nyugatról kelet felé az erős nyugati szelek hatására megemelkedik. Más esetben, néhány éve a légkörből kicsapódó nagy mennyiségű csapadékot tették felelőssé például az Ausztrália melletti egyik nagy halpusztulásért. Ekkor a trópusi indonéz szigetvilág területén a tengerbe lehullott nagy mennyiségű csapadék meleg vizét az Ausztrália felé haladó óceáni áramlás dél felé szállította. Ez a hőfok az ott élő halak számára már elviselhetetlen volt.

A tenger pedig például a vízfelszín hőmérsékletén, és a párolgáson keresztül hűti vagy fűti a légkört. Vizeink hatása a környező levegő hőmérsékletére a víz fajhőjén keresztül érvényesül. A talaj bármely fajtája, de különösen a homok, már sokkal hamarabb lehűl vagy felmelegszik, mint a víz. Így egy tó vagy a tenger partján sokkal kevésbé hideg a levegő, mint a víztől távolabb. Különösen feltűnő ez ott, ahol a Golf-áramlat elhalad: a Brit-szigetek és a skandináv országok vidékén. Arrafelé a telek enyhék, a csapadék nem hó, hanem eső formájában érkezik, pedig tőlünk sokkal északabbra van.

5. ábra. Az Indonéz Átfolyás *(Forrás: NASA)*

6. ábra. Az Agulhas Kifolyás Afrika déli csücskénél *(Forrás: EOS Transactions)*





7. ábra. A Nagy Óceáni Szállítószalag útja az Északi-sarki óceán medencéjében *(Forrás: NASA)*

Nézzünk két példát röviden azokra a Föld minden óceánját érintő változásokra, melyeket az elmúlt évtizedekben fedeztek fel, és sikerült a jelenséget többé-kevésbé megismerni, ha az okokat még nem is lehetett teljes részletességében feltárni.

Az El Niño – La Niña jelenség

A Csendes-óceán egyenlítői vidékének keleti felén, vagyis Dél-Amerika partjainál a tenger felszínének hőmérséklete néhány évenként megemelkedik, és ilyenkor a tengerpartok közelében nem felfelé áramlik a víz, mint máskor, amely a mélyből jövő hideg vízzel sok tápanyagot szállít felfelé, hanem lefelé, ami halpusztuláshoz vezet. A jelenség szabálytalanul ismétlődik, néha már 2 év múlva, néha 8 év múlva jelentkezik újra. Ha jelentkezik, akkor az év folyamán általában mindig karácsony környékén fordul elő. A múlt század hatvanas éveitől kezdve kezdték felismerni a halpusztuláson keresztül, innen származik a neve: karácsony és a gyermek Jézus, vagyis a „fiú-gyermek" = El Niño. Az ellentétét a jelenségnek, vagyis a közbülső éveket, amikor hidegebb a tengerfelszín, a „lány gyermek"-ről nevezték el: La Niña.

A mesterséges holdak mérései azután megmutatták, hogy a jelenség nem csak a partokhoz közeli tengerfelszíneket érinti, hanem az egész egyenlítői sávot. Sőt a Csendes-óceán egyenlítői sávján a magasabb tengerfelszíni hőmérséklet nyugatról kelet felé nemcsak magasodik, de a tengernek egyre szélesebb sávjára terjed ki kelet felé. Sőt, mire az El Niño eléri maximumát, a légkör már egészen az Antarktiszig és Észak-Amerikáig terjedően melegebb a szokásosnál, és a melegebb hőmérsékletet átviszi az Atlanti-óceán és az Indiai-óceán környékére is. Tehát az egész Föld légköre érintett lesz. Ez Európában az időjárási szélsőségeket erősítheti, Délkelet-Ázsiában pedig a monszunesők erősödésébe szól bele.

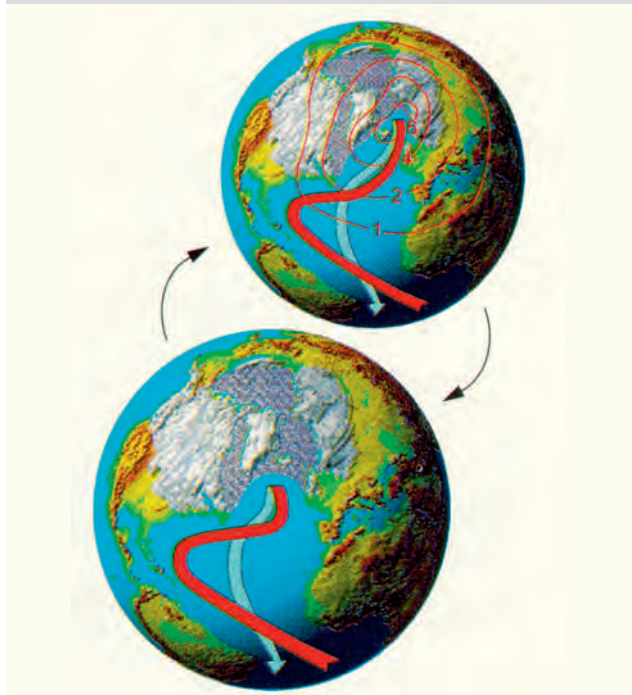
Az a tény, hogy a dél-amerikai partoknál a tengerben általában feláramlás van, El Niño idején pedig lefelé áramlás, azt jelentheti, hogy alapvetően a tengeráramlásnak egy mélységi cirkulációs cellája játszhatja a jelenségben a fő szerepet, és lehet a háttérben ható ok. A nyugati szelek széllökései csak tovább árnyalhatják a jelenséget.

A Madden-Julian oszcilláció

Az MJO-t (Madden-Julian Oscillation) 1971-ben ismerte fel R.A. Madden és P.R. Julian. Ez a légkör egy, a tropikus óceánok felett létrejövő, szezonon belüli változékonysága, mely egy haladó hullámként írható le. Lehetséges, hogy gerjesztésében az Indonéz Átfolyásnak szerepe van?

Az MJO aktív fázisának bekapcsolódását az Indiai óceán nyugati részén nagyon mély légköri konvekció jelzi, amely erős, mintegy két hónapig tartó esőzést jelent a trópusi óceán egy körülbelül tízezer km széles sávján. Később ezt a nagy esőzést egy csökkent viharaktivitás követi. A légkörnek ez a mély konvekciós viselkedése 5 m/s sebességgel tovább csúszik az egyenlítő mentén a Csendes óceán vizeire egészen a keleti partvidékig. Az elgyengülő konvekciós centrum néha

8. ábra. A Nagy Óceáni Szállítószalag alábukási helyének eltolódása jégkorszakok és interglaciálisok között



9. ábra. A Föld éjszakai fényei *(Forrás: NASA)*

átmegy az Atlanti óceán nyugati felére is. Közben más, nem-trópusi általános cirkulációs időjárási jelenségekre is hatással van.

Már észrevették, hogy erős El Niño fázisok idején az MJO jelenségre is hat, ami nem meglepő, mivel ugyanabban a földrajzi szélességi sávban jelentkezik mindkettő.

A *„légköri folyók"* jelensége talán a sok közül időben az utolsó (~2010-es évek), amelynek létét a meteorológia és az oceanográfia tudománya felismerte. Amióta a mesterséges holdak meg tudják határozni a légkör vízgőztartalmát, feltűnő lett, hogy a magasabb értékeket mutató helyek néha hosszú vonalra felfűződve helyezkednek el. Ezek a vonalak időben mintha a meleg tengerek felől az uralkodó szelek szárnyán a szárazföldek felé „kúsznának" fel a nagyobb földrajzi szélességek felé. Aztán valóban nyilvánvalóvá vált, hogy a szárazföldek felé tartanak, és amikor azt elérik, ott nagy esőzések formájában szabadulnak meg terhüktől. Először Amerika közelében (**10. ábra**), majd Európa környékén is felismerték ezeket a „légköri folyamok"-nak nevezett páraszállító képződményeket, amelyek valóban folyamnyi (Nílusnyi) mennyiségű párát hoznak a trópusi tengerek felől.

Amikor már statisztikai megfigyelési anyag is rendelkezésre állt, kiderült, hogy naponta 4-5 ilyen légköri folyó indul el, és mindkét féltekén jellemzően 3-5 ilyen óriási, keskeny, folyószerű szerkezet található az atmoszférában.

A légköri folyamok forráshelyeit is próbálták beazonosítani. Nem meglepő, hogy Európa esetében ez főleg a Golf-áramlat, mint magasabb tengerfelszíni hőmérsékletű hely. Amikor ezek a légköri folyamok Európa fölé érnek, a kontinens nyugati országait öntözik, de néha még Csehvagy Lengyelországot is elérik. Ezek azok a nagy esőzések, amelyek után elöntésekről, kiöntésekről szólnak a hírek.

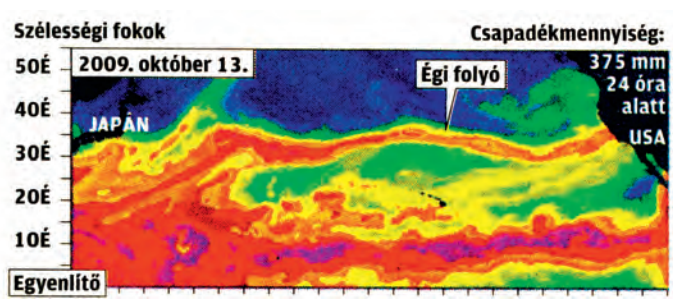
Bizonyos szárazföldi területeknek több óceáni forrásterülete is van, mások nem rendelkeznek közvetlen óceáni kapcsolattal.

A Földön évente kb. 500 ezer km^3 víz kerül pára formájában a levegőbe. Ennek 86 százaléka az óceánokból párolog el, és utóbbi 90 százaléka az óceánokba esik vissza. A maradék 10% a kontinensek felé keskeny légköri folyamok formájában indul el.

Érdekes lenne tudni, hogy miért nem egyenletes a páraszállítás (amit már a légköri szelek végeznek) sem időben, sem térben, és miért ilyen kompakt helyen történik a páraképződés. Vagy utólag verődik össze a nagyobb páratartalmú levegő? Esetleg a légköri gravitációs hullámoknak lehet ebben szerepe?

Miért változik az éghajlat egyáltalán?

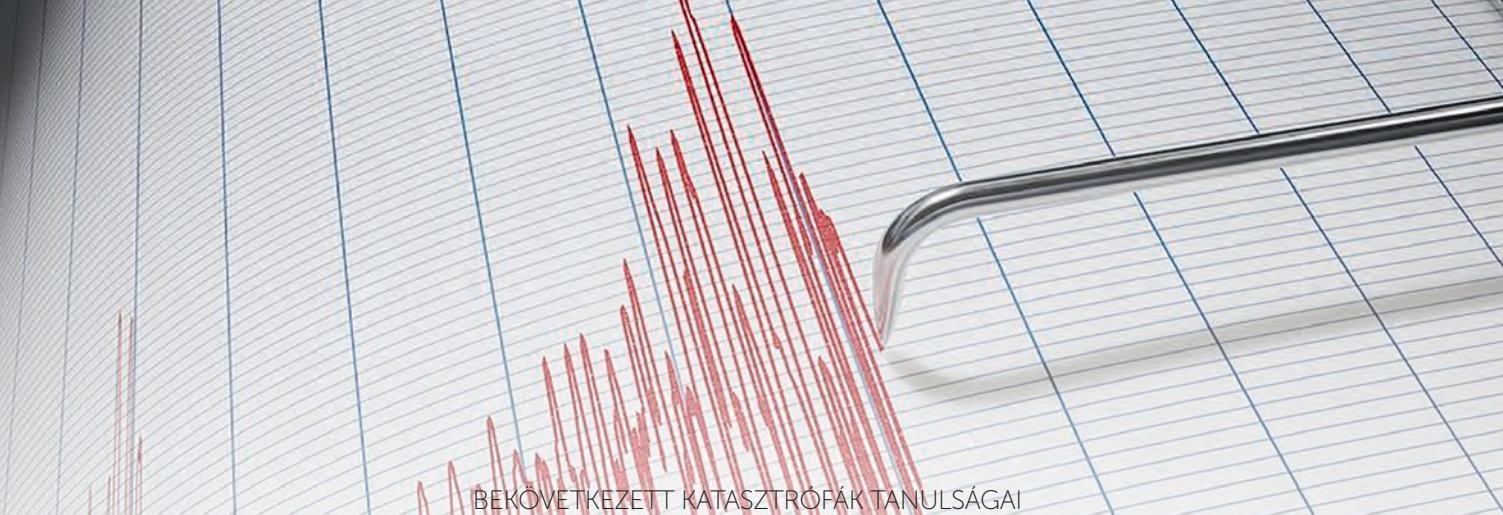
Az éghajlatváltozásnak több oka van. A légkör a Naptól nem egyenletesen kap fűtést — sem vízszintesen (földrajzi szélességben és hosszúságban) sem függőlegesen (magasságban). Ráadásul a fűtés még időben is változik. Egyrészt a Föld tengelyhajlása miatt, ahogy a Föld a pályája mentén halad az év folyamán,



10. ábra. „Légköri folyó", amely a Csendes-óceántól tartott Észak-Amerika partjai felé *(Forrás: NOAA)*

másrészt a Nap sugárzása változik a naptevékenység változása következtében. A monszun rendszer nagyon jól mutatja a differenciális fűtés hatását vízszintes irányban (ugyanolyan besugárzásra különböző a felmelegedés a szárazföld és az óceán között, mert más a hőkapacitása a szárazföldnek és a víznek. Ráadásul a víz még fázisátmeneten is átesik, ami látens hő felszabadulásával vagy elnyelésével is jár). Tehát még külső erő hatása nélkül is nagy változások állhatnak elő. Ehhez jön még az óceáni áramlás és a légkör kölcsönhatása, valamint a globális felmelegedés. Ezzel pedig az óceánok melegebbek lesznek, a légköri szelek sebessége nagyobb, és a tengerek hullámai magasabbak lesznek. A nagy esőzések zónája pedig a számítógépes modellek szerint a pólusok felé tolódik el.

ILLÉS ERZSÉBET



BEKÖVETKEZETT KATASZTRÓFÁK TANULSÁGAI

A földrengések folyamatainak feltárása

A földrengés az egyik olyan jelenség, melynek fizikáját és mechanizmusát jól ismerjük, de a szeizmológiai és geofizikai kutatások ellenére továbbra sem egyértelműen prognosztizálható. Alapjában véve természetes eredetű jelenség, azonban az egyre nagyobb területen megjelenő emberi tevékenység is létrehozhatja. A földrengések károkozása jól ismert, így nyilvánvaló, hogy a károk megelőző intézkedéssel történő minimálisra csökkentése mindenki számára fontos szempont.

A földrengések elsődleges hatásai közé azokat sorolják, melyeket nem a rengéshullámok váltanak ki, hanem a rengésfészekben keletkeznek. Ha ez kis mélységben helyezkedik el, a talajszinten is vetődések és elmozdulások jönnek létre. A másodlagos hatásokat a földrengés felszínt elérő hullámai okozzák. A rengéshullámok között az ún. Rayleight-hullámok hatása a leginkább romboló, az interferencia jelensége miatt teljesen kaotikus mozgások keletkeznek.

A földrengések során az összedőlő házakban kazánok, tűzhelyek, elektromos gépek a megsérülő gázvezetékekből előtörő gázt, vagy házakban tárolt alkoholt, olajt, benzint vagy bármely gyúlékony anyagot lángra lobbanthatják. Sokszor a földrengések nyomán a legtöbb kárt a jelenség után keletkező tűzesetek okozzák (**1. ábra**).

A tűzoltóság a tüzekhez sokszor nehezen tud kimenni, mivel az összedőlt házak, vagy a rengés nyomán utakon heverő törmelékek, hasadékok megnehezítik a nagyobb gépek közlekedését, sőt a rengés sok esetben a vízvezetékeket is megrongálja, így oltáshoz a víz is elérhetetlenné válik a tűzcsapokból. Járványok és fertőzések is kockázatot jelentenek a földrengés sújtotta helyek lakosaira. Mivel a rengés hatására az ivóvíz- és a szennyvízvezetékek is sérülnek, ezek tartalma összekeveredhet, ami a fertőzésveszélyt jelentősen megnöveli. A katasztrófa sújtotta helyekre sokszor az étel, ital és gyógyszerutánpótlás nehezen jut el.

További veszélyforrások az utak, vasútvonalak meggörbülése eltörése, a hidak összedőlése, a csuszamlások és az alagutak víz alá kerülése. Karsztos területeken, ha egy település alatt barlang helyezkedik el, a rengés következtében annak vékony mennyezete beomolhat, a fedett karsztos dolinák beszakadhatnak és házak, létesítmények, nagyobb területek süllyedhetnek a mélybe.

A tavakon a földrengéshullámok nagy méretű hullámokat generálhatnak, ez a nagy víztározók vizénél a gátak és töltések gyengítéséhez, ezáltal azok átszakadásához vezethet. A tengereken a földrengés mechanizmusa cunami kialakulásához vezet, ami tengerparti városok, ipari létesítmények és üdülőhelyek esetén sok emberéletet veszélyeztető jelenség. A létrejövő hullámok akár több száz vagy ezer kilométer távolságban is jelentős kárt tudnak okozni, sokszor nagyobbat, mint a földrengés maga.

Földrengés-veszélyeztetettség és kockázat

A földrengések az ember mindennapi életét, tevékenységét befolyásolják, így fontos ismerni a várható veszély mértékét. A szeizmikus veszélyeztetettség kiszámításával egy adott területen adott időintervallum alatt egy megadott erejű földrengés bekövetkezésének valószínűségét határozzák meg. A szeizmikus kockázat számítása pedig már a műszaki létesítmények, épületek értékét, sérülékenységét is tekintetbe veszi. Két azonos szeizmikus veszélyeztetettségű területen ott a nagyobb a szeizmikus kockázat, ahol jelentősebb méretű települések, vagy műszakilag sérülékenyebb és/vagy magasabb vagyoni értéket képviselő létesítmények vannak. A földrengéskockázat meghatározásánál a kutatók két módszert alkalmaznak; a determinisztikus és valószínűségi módszereket. A földrengéskockázat mértéke tudatos tervezéssel, különféle eszközökkel mérsékelhető.

A földrengések semmilyen rendszerességet nem követnek, azok véletlenszerűen fordulnak elő, ennek ellenére a számítási módszerek a múltat veszik alapul és az alapján történik becslés arra, hogy a következő 10-100 évben mekkora esélye van egy adott erejű földrengésnek. Ilyen számítások alapján lehet egy adott létesítményt úgy megtervezni, hogy a területen várható (és a valaha mért) legnagyobb földrengést is kibírja. A múltbeli megfigyelések kutatása fontos adatokkal szolgál a kalkulációkhoz, a történelemben lényegében a Gilgames-eposzig visszamenőleg találni leírásokat földrengésekről. A történelmi feljegyzésekben a romboló hatások leírása nyomán az ún. Mercalli-skála alapján lehet egy 1-12 közötti értéket hozzábecsülni a földrengéshez, amiből információ nyerhető a földrengés energiájára jellemző közismert Richter-skála szerinti magnitúdó (M) értékre. A múltbeli adatok értékelésében azonban óvatosan kell eljárni, mert sok esetben földrengésnek írtak le olyan jelenségeket is, mint hazánkban 1100-ban Dunaföldvár környékén a lösz magaspart csuszamlását.

A Kárpát-medencében 456 és 1995 közötti földrengés adatokat vizsgáló kutatás azt állapította meg, hogy az átlagos földrengés gyakoriság szerint M≥5 földrengés évente, M≥6 rengés 10 évente, M≥7 földrengés pedig 100 évente valószínű. Bizonyos esetekben adott időintervallumban várható bekövetkezés százalékos valószínűségét vagy a várható legnagyobb felszíni gyorsulások értékeit adják meg. További információk gyűjtésével pedig megbecsülhető egy adott terület szeizmikus kockázata, amelyhez már gazdasági adatokat is hozzá lehet rendelni (**2. ábra**).

1. ábra. Az 1994-es Northridge (Kalifornia) földrengés (M=6,7) következtében egy elszakadt vezetékből áramló gáz is lángra lobbant *(Forrás: USGS)*

A földrengéskockázat mértékét az emberi tevékenység is befolyásolja. A kipattanás határán lévő, de még épp egyensúlyban elhelyezkedő kőzetlemezek a víztározók vízszintváltozása, szénhidrogén bányászat, egyéb bányászati tevékenység nyomán kibillennek nyugalmi állapotukból és földrengés jön létre. Az emberi beavatkozások sokszor urbánus területekhez közel valósulnak meg, így e helyeken számottevő a kockázat megemelkedése. Több kísérlet is igazolja, hogy az antropogén hatás mérséklésével a kipattanó rengések száma is csökken, vagyis ezeket a rengéseket, így azok okozta kockázatot saját magunk is tudjuk szabályozni.

A híres amerikai Colorado állambeli Hoover gát mögötti Mead-tó feltöltése során 1939-ben egy M=5 erősségű földrengés pattant ki, Indiában a Koyna gátnál vízszintingadozás miatt 1967-ben egy 180 áldozatot követelő M=6,3 erősségű földrengés történt. A szénhidrogén kitermelés miatt az USA-ban, Oklahoma államban jelentősen emelkedett a M≥3 földrengések éves száma. Míg 1973-2008 között e földrengések száma 855 db volt, addig 2009-2016 között ez 2310 db-ra emelkedett. Épp ezért ma már külön kockázatszámítás készül az antropogén hatás nyomán indukált földrengésekre.

Hazánkban is fordult elő szénhidrogén termeléshez köthető földrengés. A kőolajtermelés hatásának tulajdonítható Füzesgyarmat közelében 1996. szeptember 29-30-án egy M=3 erősségű földrengés raj kipattanása, amelyek mélysége 2-12 km közötti volt, a földrengések

ÚT AZ ISMERETTERJESZTÉS FELÉ

Nem gyakori, hogy a Természet Világa egyetemi hallgatók írásait közli, pedig meggyőződésem, hogy a tudomány népszerűsítése terén hasznosuló, legtágabb tárgyi ismeretekkel mesterszakos korukban rendelkeznek. Később megkezdik a szakdolgozat és a tudományos pálya érdekében a specializálódást, amiben csak évek múlva jutnak el egy újabb szintre, amikor már saját kutatásaikról írhatnak népszerűen.

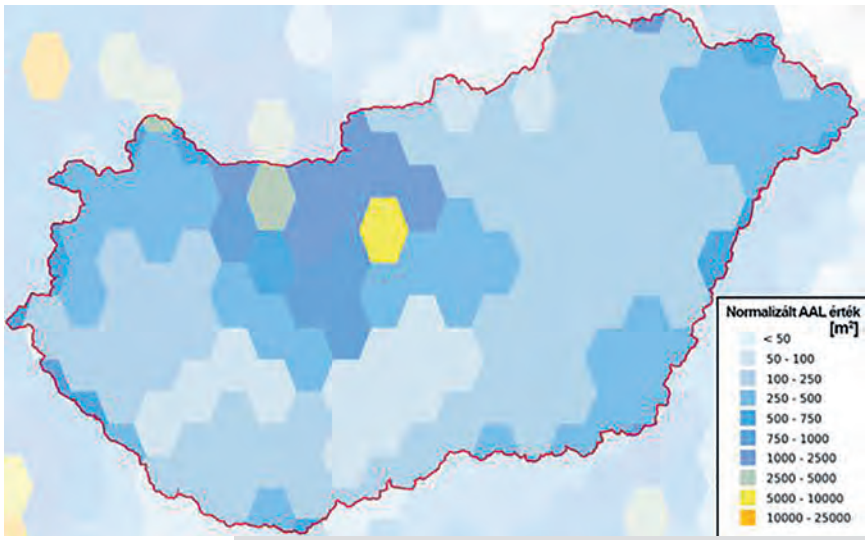
Persze, a sűrű tanórák és a futószalagon begyűjtendő kreditek rendszere ritkán engedi meg, hogy ki-ki elgondolkozzon azon, hogy miről is tudna népszerű cikket írni. Erre jók viszont azok a választható témájú „beadandó" dolgozatok, amikre a hallgatók osztályzatot kapnak. A szóban forgó két írás – melyek a mostani összeállítás alapját képezik (a Szerk.) – általában a földrengésekről, valamint konkrétan egy esettanulmányról szólt. Azért ajánlottam őket a Szerkesztőség szíves figyelmébe, hogy – jottányit sem engedve a tartalmi és stiláris követelményekből – világra segíthessék azokat. A cikk alapját az Eszterházy Károly Egyetemen Egerben folyó geográfus mesterképzés „Bekövetkezett katasztrófák tanulságai" című tárgyának kiemelkedő vizsgadolgozatai képezték.

MIKA JÁNOS

fészkei pedig egy jól behatárolható csapásirány menti dőlési síkon helyezkedtek el.

Lehetséges a földrengés-előrejelzés?

A gyakorlatban a legjelentősebb szerepe a rövidtávú előrejelzéseknek lenne, hogy földrengésre utaló jelek nyomán, annak bekövetkezése előtt napokkal, órákkal korábban figyelmeztetést lehessen kiadni, hogy az épületeket kiürítsék, embereket biztonságba helyezzék, és esetleges következményeket megelőzzenek (pl. gázcsapok elzárása, elektromosság kikapcsolása, tűz és robbanás megelőzése). A földrengésre utaló előjelek szerteágazóak, viszont több megfigyelés is arra utal, hogy a rengést megelőzően bizonyos elváltozások már órákkal, esetleg napokkal korábban együttesen megjelennek.



2. ábra. Szeizmikus kockázatok hazánkban egy modellszámítás alapján. Az USD-ben becsült átlagos éves kár (AAL) összegét a hazai viszonylatú építési költségekkel (USD/m²) normalizálták, így más országokkal is összevethető.

Az előjelek észrevételéhez mindenekelőtt fontos nagyon pontosan ismerni a nyugalmi állapotot, amelyhez viszonyítani tudjuk a feszültség alá került kőzettömegre utaló megváltozásokat. Jellemző előjel a természetes szeizmikus nyugtalanság (a föld állandó természetes mikrorezgése) megváltozása a feszültség alá kerülő kőzetben, vagy a tektonikus mozgás okozta alakváltozás, amely a felszínen érzékeny műszerekkel jól kimérhető. Ez utóbbira példát hazánkból is tudunk hozni az 1956-os dunaharaszti földrengéssel (M=5,6) kapcsolatban (**3. ábra**). A jelenség idején az epicentrum 70-80 km-es körzetében éppen geodéziai munka folyt, a felsőrendű szintezési hálózat újramérését végezték. A munka során több mérési helyen is 4-5 cm-es záróhiba adódott, amit először mérési hibának véltek, azonban a földrengés kipattanása után a hiba megszűnt és visszaállt az eredeti állapot.

További észlelhető előjel a kőzetfeszültség növekedésével a felszín alatti elektromos vezetőképesség csökkenése, valamint a talajvízszint nyomáscsökkenése. A vízszint földrengés előtti csökkenése például megfigyelőkutakban is jól mérhető, ezekben még távoli földrengések hatásai is megjelenhetnek. Az 1969-es Banja Luka-ban történt (M=6,4) földrengés idején a nyugat-mecseki karsztvízszintben 10-20 cm-res csökkenést észleltek.

A kőzetfeszültség növekedésével különféle talajgázok (pl. radon) szabadulhatnak ki a felszínre, a feltételezett kapcsolat azonban nem mindig egyértelmű. Ezért nem meglepő, hogy a 2009-es olaszországi L'Aquilában (M=6,3) történt földrengés előtt a megemelkedett radon gáz kiáramlást észlelő közeli Gran Sasso fizikai laboratórium földrengés figyelmeztetését a hivatalos szervek figyelmen kívül hagyták, annak ellenére, hogy az előző hónapokban számos kisebb előrengés is kipattant. Az előrengések számának alakulása is fontos előjel, amely először növekedik, majd a főrengés kipattanásának idejéhez egyre közeledve lecsökken.

Érdekes jelenségek a közvetlenül a földrengések előtt valamint azok idején a villanásszerűen (mint egy villámlás) megjelenő fények. A földrengés fényt a kutatások olyan dörzselektromos jelenségnek azonosítják, amely a nagy kőzetnyomás és elmozdulás okozta

3. ábra. Az 1956. január 12-i földrengés károkozása Dunaharasztiban egy lakóházban *(Forrás: Dunaharaszti Helytörténeti Emléktár)*

súrlódás hatására jön létre. Sokszor figyeltek meg földrengések előtt gömbvillám szerű jelenségeket, akár 100 km távolságra is az epicentrumtól (**4. ábra**). A nappali égen többször szivárványszínű vékony „tűzfelhőket" figyelnek meg, amelyek általában már a földrengés előtt egy-két órával megjelennek. Az utóbbi két jelenségről a 2009-es olaszországi l'aquilai földrengés előtt is beszámoltak.

4. ábra. Jim Conacher gömbvillám-szerű jelenségekről készült híres fotója a kanadai Taglish Lake mellett 1973. július 1-én. Pár óra múlva kb. 100 km-rel odébb, Cross Sound-nál M=6,7 erősségű földrengés történt.

Az élőlények furcsa viselkedése, elektromos készülékek meghibásodása, a GPS navigáció pontatlanná válása, az elektromos kábelekben a feszültség lecsökkenése mind lehet egy földrengés előjele is. Érdekességképpen említjük meg, hogy sok ember fejfájásra és álmatlanságra panaszkodik egy-egy földrengés kipattanása előtt.

A rövidtávú előrejelzések terén még sok kutatásra lesz szükség. A földrengés legbiztosabb előrejelzéséhez — a megismertekkel együtt — számos tényező észlelt adatait kellene egyszerre és gyorsan értékelni. Egy ilyen rendszer kiépítése és működtetése jelentős anyagi ráfordítást igényel, mivel ehhez több tudományterülten is precíz műszerezettség és jól felkészült állandó szakembergárda szükséges. Belátható, hogy gazdaságosabb a preventív (pl. építési) intézkedések megtétele, az emberek felvilágosítása a földrengés esetén való teendőkről és a kártérítés kifizetése biztosításokból vagy állami fedezetből, mint nagy anyagi ráfordítással egy előrejelző rendszer fenntartása.

A tóhokui földrengés és Fukusima

2011. március 11-én, helyi idő szerint 14 óra 46 perckor földrengés következett be Japán keleti partvidékén, a Tóhoku régióban elhelyezkedő Szendai város közelében. A földrengés epicentruma a japán partoktól 72 kilométerre, a hipocentruma pedig közel 24 kilométeres mélységben volt.

Az amerikai United States Geological Survey (USGS) adatai szerint Japán területén az 1., a világon pedig a 4. legerősebb földrengés volt, amely a Richter-skála szerinti 9-es erősségű besorolást kapta. Erre az erősségre jellemző, hogy a rengés ereje nagy, a pusztítás mértéke rendkívüli, 10-20 évente történik ilyen rengés a Földön. A földmozgást több száz utórengés (melyek közül volt 7-es erősségű is), valamint több méter magas szökőár követte, és a víz a szárazföldi területekre néhol 10 kilométerre is befolyt. Az anyagi kár hatalmas volt, utak és vasutak törtek fel, több helyen tűz ütött ki, valamint gátak is átszakadtak. Észak-Japánban közel 4,4 millió háztartás maradt áram, valamint 1,4 millió víz nélkül.

A földrengés következtében cunami is keletkezett, mely azzal magyarázható, hogy a földrengés következtében a Csendes-óceáni lemez alábukott az Észak-amerikai lemeznek, így az az óceán vizét felfelé tolta. A víz így Japán felé és a Csendes-óceán belseje felé áramlott. Magassága elérte a 39, a partoknál pedig az 5-15 métert is.

A katasztrófa lefolyása

A földrengés és cunami súlyos üzemzavarokat, nukleáris szennyeződéseket eredményezett a Fukusima Daiicsi atomerőműben. A katasztrófa a Nemzetközi Nukleáris Eseményskálán a legsúlyosabb, 7-es fokozatot érte el, melyre az jellemző, hogy nagy radioaktivitású anyagok kerülnek ki a környezetbe. Ezek között a láncreakció rövid és hosszú felezési idejű bomlástermékei találhatók. A sugárzás mennyisége meghaladja a 10000 terabecquerelt. Nagy területeken, akár több országban is súlyos egészségkárosító és környezeti hatásokat tud okozni. Ennek következtében az erőműből nagy mennyiségben kijutott radioaktív anyagok több tíz kilométeres távolságig beszennyezték a környezetet.

2012. július 5-én a Fukushima Nukleáris Baleset Független Vizsgálati Bizottsága (NAIIC) megállapította, hogy a baleset okai előreláthatóak voltak, és az erőmű üzemeltetője, a Tokyo Electric Power Company (TEPCO) nem teljesítette az alapvető biztonsági intézkedéseket, a kockázatelemzést, illetve az evakuálási tervek megfelelő kidolgozását. 2012. október 12-én a TEPCO elismerte, hogy nem tette meg a szükséges óvintézkedéseket, mert el akarta kerülni a nukleáris erőművel szembeni pereket és tiltakozásokat.

A földrengés idejében az atomerőmű 6 reaktora közül a 4-5-6-os karbantartás miatt nem üzemelt, az 1-2-3-as pedig automatikusan leállt. A leállás után is szükség

volt a folyamatos hűtésre, amihez elektromos áram kellett, illetve a szivattyúknak kellett továbbra is üzemképesnek lenniük.

A földrengés után közel 55 perccel később, az óceán alatti földrengés által kiváltott cunami elérte az atomerőművet 14-15 méter magasságban. A létesítmény gátját úgy tervezték, hogy maximum 5,7 méteres szökőárat legyen képes visszaszorítani. Így a víz könnyedén átvágott a gáton, hatalmas pusztítást okozva az üzemen belüli berendezéseken. Meghibásodtak az elektromos rendszerek, hűtőberendezések: tönkretette a tengervíz-szivattyúkat, a dízelaggregátorok üzemanyag-ellátását és hűtőrendszerét, valamint több méteres magasságban víz alá kerültek a komplexum alsóbb szintjei. A dízeles áramfejlesztők kiesésével és az alsó szinteken a víz által meghibásodott elektromos rendszerek miatt leálltak a reaktorok aktív üzemzavari hűtőrendszerei, és leállt a több száz fűtőelemet tároló pihentetőmedencék és használtfűtőelem-tároló hűtése is. Ennek eredményeképpen végül a fukusimai Daiicsi atomerőműben az 1-es, 2-es és 3-as reaktorban teljes zónaolvadás következett be (**5. ábra**).

A reaktor fő része a körte alakú acélkonténment (19). A reaktorokban lévő fűtőelemekben (27) továbbra is folyamatosan termelődő hő elkezdte elforralni a reaktortartályban (8) az aktív zónát (1) beborító hűtővizet és a pihentetőmedencében (5) lévő vizet. Az elforrott víz pótlása nélkül a reaktorban növekedni kezdett a nyomás és csökkenni a vízszint. A reaktortartály alatt elhelyezett tórusz alakú kondenzációs kamrában (24) a nagy mennyiségű víz (18) segítségével a keletkező gőzt átbuborékoltatva lecsapatták. Ezzel a megoldással ideiglenesen sikerült ugyan a nyomás további gyors növekedését megakadályozni és az aktív zónát hűteni, viszont így a reaktortartályból elvont hő a tóruszban lévő vizet melegítette, emiatt a keletkezett hőt nem sikerült elvezetni. A tóruszban lévő víz felforrósodásával ez a passzív hűtés is leállt, ami azt eredményezte, hogy tovább nőtt az aktív zóna hőmérséklete és az ott keletkezett nyomás. A reaktorok és a pihentetőmedencék aktív hűtését csupán a baleset után kilenc órával a helyszínre szállított mobil szivattyúk és aggregátorok segítségével próbálhatták meg újraindítani. A nem megfelelő hűtés miatt a reaktorok hűtővizének vízszintje, az aktív zónák hőmérséklete és a reaktorok nyomása kritikussá vált, mely zónaolvadást, a reaktortartály átégését, az olvadt üzemanyag és a beszivattyúzott hűtővíz kifolyását, szivárgását eredményezte a környezetben.

A reaktorleállások, a kémiai robbanások és a három reaktorban bekövetkező zónaolvadás miatt nagy mennyiségű radioaktív szennyeződés került a környezetbe. A szennyeződés egyaránt érintette a talajt, a vizet, és a levegőt. 2011 októberében állapították meg, hogy a baleset a radioaktív anyagok korábban becsült mennyiségének kétszeresét juttatta a levegőbe, mert a korábbi elemzés nem számolt a tenger felé kiszökött szennyeződéssel.

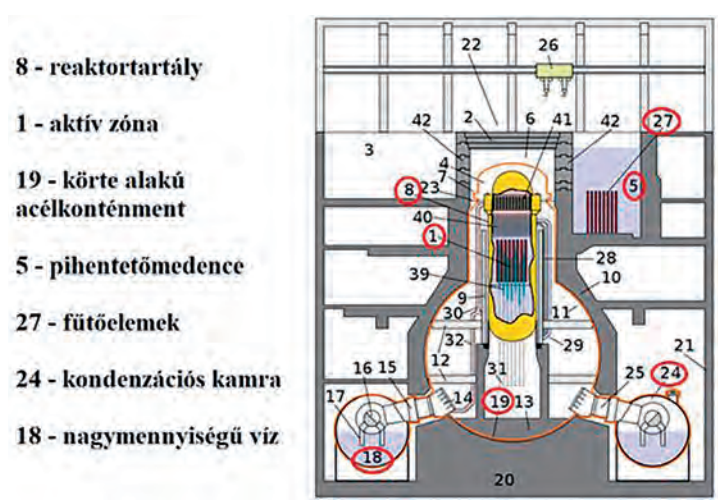
A korábban említett TEPCO üzemeltető a szükséges biztonsági intézkedések elmulasztása mellett még további negatív visszhangot keltő lépéseket tett, többek között sugárzóanyag-szivárgás mennyiségét titkolta, kezdetben tagadta, hogy sugárzott víz került az óceánba, később ismerte csak el, hogy 6-ból 3 reaktorban leolvadt a reaktormag, mentésben és takarításban résztvevők haláleseteit tusolta el, valamint nem jelentette be, hogy egy elvezetőcsőben folydogáló anyag az egészségügyi határérték 4000-szeresével sugárzik.

2017 februárjában egy, a Toshiba által fejlesztett vizsgáló robotot küldtek be a létesítmény 1-es és 2-es blokkjába azzal a céllal, hogy felmérje a szerkezeti károkat. A sugárzás olyan mértékű volt, hogy a robotra szerelt speciális kamera 2 óra alatt tönkrement. Bár a gépezetet úgy építették meg, hogy kibírjon 1000 Sv (sievert, az ekvivalens sugárzási dózis SI-alapegysége) mennyiséget, az erőmű területén megtett szakaszon a szakemberek óránként 650 Sv-t mértek a robottal, így biztonsági okokból visszairányították azt. Két héten belül újabb robotot küldtek be, szintén sikertelenül.

Az Sv-ben mért sugárzási dózisnak az emberre gyakorolt hatása már csekély mennyiségben is veszélyes: 1-6 Sv hányingert, szervkárosodásokat, 6-10 Sv a központi idegrendszer sérülését, míg a 10 fölött Sv mérték bénulást, halált okoz.

Még 2017 nyarán újabb vizsgálatokat kezdtek ezúttal a 3-as blokkban, a reaktorház belsejében, kábeles távvezérléssel működő robottal. A felvételezés során sikert értek el: sikerült képeket készíteni nagy mennyiségű szilárd törmelékekről, mely a szakértők szerint a megolvadt fűtőanyag. Ezekre a vizsgálatokra azért van

5. ábra. A fukusimai atomerőmű reaktorának felépítése



feltétlenül szükség, mert így tudják megállapítani a megolvadt nukleáris anyag pontos elhelyezkedését, kiterjedését, tömegét, amik mind fontos tényezők, hogy a későbbiekben kiemelhessék azt. A helyreállítási folyamatok módjának kidolgozásához is elengedhetetlen a terület teljes szerkezeti felmérése.

2018 novemberében súlyos környezeti problémával szembesültek a japán tudósok és szakemberek: a megrongálódott erőmű környezetében felhalmozódó sugárszennyezett víztömegnek a kezelése megoldatlan. A Nemzetközi Atomenergia-Ügynökség (NAÜ) elemzése szerint közel 1 millió tonna sugárszennyezett víz található a létesítmény területén és környezetében. Ez a hatalmas mennyiség azzal magyarázható, hogy naponta 400 tonna vizet pumpálnak a reaktorok folyamatos hűtése miatt. Az erőművet üzemeltető TEPCO vállalat még októberben beismerte, hogy a felhalmozódó víz továbbra is tartalmaz egészségre káros radioaktív anyagokat, annak ellenére, hogy évekig azt

6. ábra. A szennyezett tárgyak zsákokba helyezve

állította, hogy a víz teljesen tiszta. Emiatt korábban a NAÜ is azt tanácsolta, hogy kockázatkezelésként és a víz mennyiségének csökkentéséért engedjék a vizet az óceánba. A tisztítási folyamat elengedhetetlen feltétele a sugárzó víz mérséklése a területen. A szakértők szerint a vizet 7 év alatt lehet megtisztítani, valamint azt is elmondták, hogy a fukusimai sugárszennyezett víz kiemelkedően tríciumot tartalmaz. A trícium a tudósok szerint a legkevésbé veszélyes nukleáris anyagok közé tartozik, viszont belélegezve és elfogyasztva, például halfogyasztás során, komoly egészségügyi kockázatot jelenthet. Ennek tudatában a japán halászok ellenszenvét azonnal kiváltotta a sugárszennyezett víz óceánba való elhelyezése. Ha a TEPCO mégis megvalósítaná ezt, akkor előtte japán és független intézmények felé kellene benyújtania olyan tanulmányokat, melyek a bekövetkező környezeti kockázatokat és a biztonsági óvintézkedéseket, műszaki megoldásokat taglalná.

2019. február végén japán szakemberek robotkarral kezdték el vizsgálni a 2-es reaktorblokkot. A különleges szerkezet egy 15 méter hosszú cső, ami 30 centiméter hosszú és 10 centiméter vastag robotkarokkal van ellátva, illetve szereltek rá sugárzásmérőt és kamerákat is. A robotkarokkal 2 kilogramm súlyt képesek megemelni, így érthető, hogy a vizsgálat célja csupán a radioaktív anyagok állapotának az elemzése, valamint a mechanikai behatásra történő változás. A robotkarral sikeresen tudtak felvételezést készíteni és az olvadt fűtőanyagot is meg tudták vizsgálni, melyekről a TEPCO képeket is közölt. A kapott eredményeket felhasználják a tudósok az 1-es és a 3-as reaktorblokkok robotkarral való felmérésére is. A szakértők az olvadt fűtőanyagnak a kiemelését 2019 második felében tervezik kivitelezni.

Károk és következmények

A veszteségek eltérő információkkal szerepelnek, de a halottak száma megközelíti a 16 ezer főt, a sérültek száma a 6 ezret és mintegy 2,5 ezer eltűnt embert tartanak nyilván. A háztartásokat tekintve 4,4 millió maradt áram, valamint 1,4 millió víz nélkül. A katasztrófa sújtotta területekről mintegy 500 ezer embert kellett kitelepíteni és ezen belül 100 ezer gyermek vált otthontalanná. A becsült kár 360 milliárd amerikai dollár volt. A kitelepítettek támogatása 2018-ban véget ért, emiatt sokaknak kell majd visszaköltözniük.

Rehabilitációra több merészebb ötletük is van a szakembereknek: a szennyezett föld lefagyasztása, az atomerőmű hosszútávú lebontása. A szennyezett tárgyak zsákokba helyezése megtörtént, jelenlegi állapot szerint az elszállítása, raktározása kérdéses (**6. ábra**).

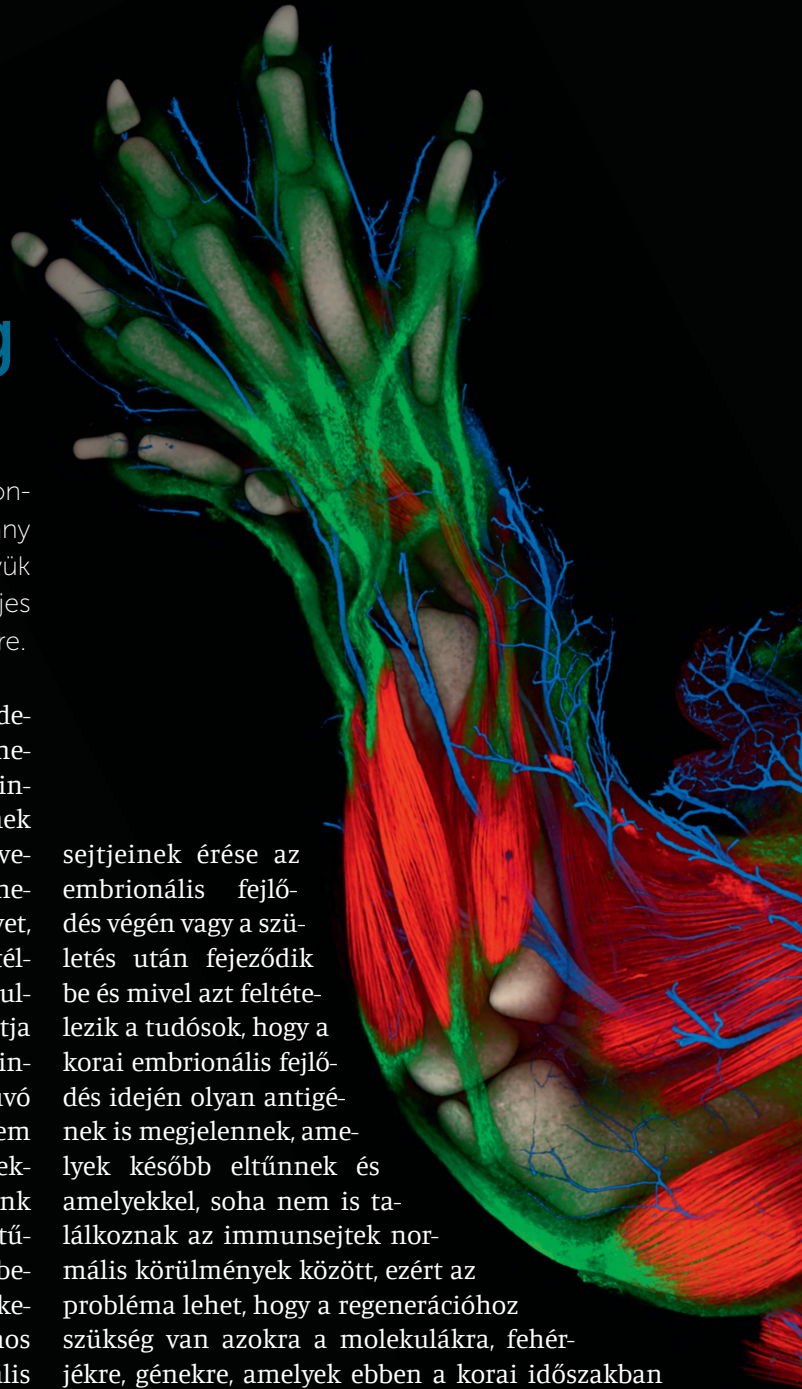
A katasztrófa sújtotta Tóhoku régió Japán GDP-jének 8%-át adta akkor, a gyárbezárások, energiaszolgáltatás akadozása hónapokig hatással volt a japán GDP-re. Az akkori miniszterelnök és a lakosság atomenergiához való hozzáállását teljesen megváltoztatta.

Az utóbbi években Japán lakosságára a növekvő atomenergia-ellenállás volt jellemző. Az ország a leállított nukleáris reaktorait olaj- és gázturbinák újraindítása mellett szél- és napenergia, valamint más megújuló energiás projektek segítségével egyre inkább áthidalja. Manapság azonban Japán kezd visszatérni fokozatosan az atomenergiára. A visszakapcsolt első reaktorok közül volt olyan, amely üzemzavar miatt azonnal leállt, ijedségre adva okot az embereknek, amit talán soha nem fognak a fukusimai katasztrófa után megfelelően feldolgozni.

MITRE ZOLTÁN – ZOMBORI PÉTER

RENDÍTHETETLEN REGENERÁCIÓ

A Hox gének szerepe a végtag fejlődésében



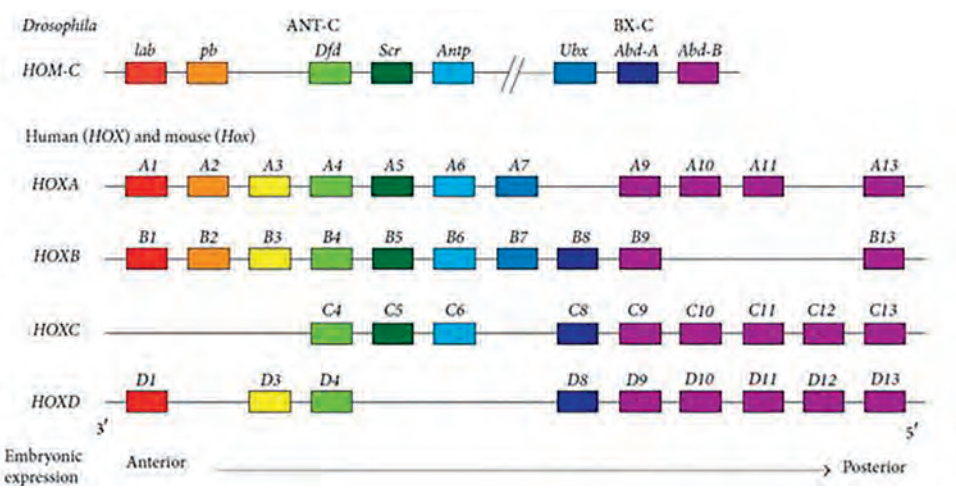
A regeneráció képessége elidegeníthetetlen tulajdonsága minden élő szervezetnek, viszont csak néhány állatcsoport képes arra, hogy egy elvesztett szervük helyett, azzal funkcionálisan és anatómiailag is teljes mértékben megegyező, új struktúrát hozzanak létre.

Biológiai szempontból olyan szervek, testrészek — ideértve a végtagokat is — regenerálódása lehetséges, amelyek ugyan fontosak az élőlény számára, hiszen minden szervnek megvan a maga feladata, viszont ezeknek a hiánya nem okoz azonnali halált, így képes a szervezet áthidalni azt az átmeneti időszakot, amíg a regenerálódás intervalluma tart. A gerincesek közül a szövet, illetve végtag regenerálódás élenjáró bajnokai a kétéltűek és habár a regenerálódási folyamataiknak a tanulmányozása rengeteg új és hasznos információval látja el a tudományos világot és segít közelebb vinni minket a regenerálódási folyamatok hátterében megbúvó molekuláris mechanizmusok azonosításához, nem szabad azt a tévképzetet erősíteni, hogy pusztán ezeknek az adatoknak a felhasználásával képesek leszünk a végtagregenerálódás képességét átültetni a kétéltűekből az emlős szervezetekbe, és végső soron az emberekbe. A magzatburkosok csoportján belül elhelyezkedő madarak és emlősök felnőtt kori állapota számos vonatkozásban lényegesen különbözik az embrionális állapottól, példának okáért a test víztartalma nagyjából 20%-kal kevesebb és a hialuronsav koncentráció is jelentősen csökken a felnőtt szervezetben, a magzati léthez viszonyítva. Ezzel szemben a magzatburok nélküliek (halak, kétéltűek) és a magzatburkosok közül a hüllők felnőtt alakja sokkal közelebb áll az embrionális állapothoz. Ezek az élőlények majdnem teljes életük során folyamatosan növekednek, így megőrződnek olyan aktív növekedési központok és őssejt-csoportosulások a felnőtt szervezetben is, amelyek a madarak és az emlősök felnőtt formáira nem jellemzőek. Emellett a halak és a kétéltűek immunrendszerének az adaptív immunválasz kialakításáért felelős része kevésbé hatékonyan működik, mint a magzatburkosok esetében, ennek pedig fontos következményei lehetnek a regenerálódást illetően. Mivel az immunrendszer e sejtjeinek érése az embrionális fejlődés végén vagy a születés után fejeződik be és mivel azt feltételezik a tudósok, hogy a korai embrionális fejlődés idején olyan antigéneknek is megjelennek, amelyek később eltűnnek és amelyekkel, soha nem is találkoznak az immunsejtek normális körülmények között, ezért az probléma lehet, hogy a regenerációhoz szükség van azokra a molekulákra, fehérjékre, génekre, amelyek ebben a korai időszakban fejeződnek ki. Ezeknek az antigéneknek és az ezeket nem ismerő, vagyis idegen anyagnak tekintő immunsejteknek a találkozásából pedig súlyos autoimmun folyamatok indulhatnak el, amely végső soron nem regenerálódáshoz, hanem sejt- és szövetpusztuláshoz vezethet. Sok orvosi problémát kell megoldani ahhoz, hogy a végtag-regenerálódás valósággá válhasson, többek között létre kell hozni a magas hialuronsav- és víztartalmú szövetet gyógyszerek segítségével, illetve ki kell küszöbölni az immunrendszer gátló hatását,

Az új végtag regenerálódása a blasztéma sejtjeiből indul ki, ami egy embrionális-szerű sejtekből álló sejtcsoportosulás. A blasztéma egy puha, 80%-os víztartalmú szövet, magas hialuronsav koncentrációval, amely bizonyítottan serkenti a sejtosztódást, a sejtek vándorlását és csökkenti az immunrendszer aktivitását.

valamint el kell érni, hogy a regenerálódási folyamat csak egy, általunk kiválasztott helyen induljon meg, a regenerálódás idejének csökkentéséről már nem is beszélve [1].

De addig is, amíg ezek megoldásra várnak, tanulmányozni kell a végtag fejlődését részleteiben, hogy megtudjuk, milyen gének játszanak szerepet benne és ezek hogyan hatnak kölcsön egymással. Mindezek vizsgálatára az egér, mint modellszervezet alkalmas, mivel a végtag fejlődésének módozata emlős állat lévén, lényegesen közelebb áll az emberi végtagfejlődés folyamataihoz, mint a kétéltűek fejlődésének vizsgálata, azonban nyilvánvalóan ez sem feleltethető meg teljes mértékben az emberi szervezetben lezajló szabályozási mechanizmusoknak. Az egyik legfontosabb géncsalád azokat nevezhetjük Hox géneknek, amelyek a Hox clusterben foglalnak helyet. Ezen definíció értelmében a *Drosophilában* (ecetmuslica) összesen 8 darab, bennünk, emlősökben pedig 39 darab Hox gén található és ez a jelentős mértékű számbeli fölény előfeltétele egy komplexebb szervezet kialakításának. A gerincesek genomját illetően azt feltételezik, hogy az evolúciójuk korai szakaszában kétszer is teljes genom duplikáció zajlott le, azaz a teljes genetikai állományuk kétszer is megduplázódott. Az első duplikáció még a többi újszájúval közös ős fejlődési vonalán, a második pedig kizárólag a gerincesek fejlődési útvonalán történt. Ennek eredményeképpen a gerincesek többségében az eredeti egy Hox cluster helyett négy darab található, négy különböző kromoszómán [9].



1. ábra. A Hox gének elhelyezkedése a Drosophila 3. kromoszómáján, összehasonlítva az emlősök Hox clustereivel. Azoknál az élőlényeknél, akik több Hox clusterrel rendelkeznek, a különböző kromoszómán elhelyezkedő, de azonos számmal rendelkező Hox gének egymás paralógjai, amelyek rendszerint hasonló funkcióval rendelkeznek és egy adott feladatkört látnak el. *(Taniguchi, 2015)*

a végtag fejlődése szempontjából a Hox gének családja, amelyeket joggal neveznek az egyedfejlődés mester regulátorainak is, hiszen ezek a gének a genetikai útvonalak elején állnak a végtagok fejlődése esetén is, és a leendő végtagok területén kifejeződve embrionális korban a végtag teljes genetikai programját képesek elindítani, amely a végtag kinövéséhez és formálódásához vezet.

A Hox gének rövid áttekintése

A Hox gének a homeotikus gének közé tartoznak, amelyek közös jellemzője egy konzervált, 180 bázispárból álló DNS-szakasz, a homeobox, amelyről a génexpresszió során egy 60 aminosavas, 3 α-hélixből álló polipeptid szakasz íródik át, más néven a homeodomén. Az átíródó fehérjék transzkripciós faktorok, tehát más gének expresszióját szabályozzák és ez a speciális domén, a homeodomén az, ami elengedhetetlen a specifikus DNS-kötésükhöz, és ezáltal a hatásuk kifejtéséhez [4]. A legújabb egyezmények szerint a homeotikus gének közül csak

A Hox gének szerepe egyszerűen meghatározható, mégis komplex feladatkört jelent. Ezeknek a géneknek a feladata a test anteroposzterior tengelye mentén végbemenő differenciálódás kivitelezése. Ezt a különleges expresszálódási mintázatuk teszi lehetővé, ugyanis a Hox gének mind időben, mint térben anteroposzterior irányban fejeződnek ki. Ez azt jelenti, hogy a kromoszómán elfoglalt helyüket tekintve az anterior Hox gének íródnak át az embrionális fejlődés során legelőször, illetve a test anteroposzterior tengelye mentén a legcraniálisabban, azaz a test azon részén, ahol az állat feji vége fog kialakulni, míg a poszterior Hox gének expressziója a fejlődés során a legkésőbb valósul meg és a legközelebb az állat farki végéhez. A fő anteroposzterior testtengely mentén az expresszálódásuk egyszer megy végbe, egyetlen hullámban, azonban a végtagokban ettől eltérően, három egymástól elkülöníthető periódusban íródnak át a különböző Hox gének.

A továbbiakban ezekről a külön periódusokról, az alattuk kifejeződő Hox génekről és az általuk kialakított változásokról lesz szó. Az ismertetetett eredmények főleg

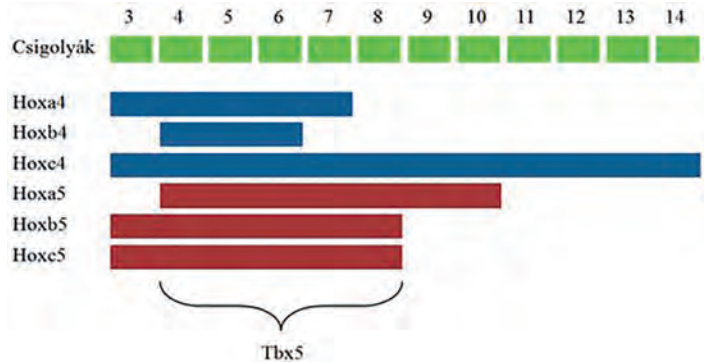
mutációs kísérletek eredményei által láttak napvilágot és a modellszervezet minden esetben egér volt. Ezt azért fontos kiemelni, mivel más fajok, más csoportok esetében természetesen eltérő génexpresszálódási mintázatok jellemzik a végtagokat.

Az első hullámban átíródó Hox gének és hatásuk

Embrionális korban a végtagok a test hossztengelye mentén előre meghatározott régiókból indulnak fejlődésnek. A Hox gének aktivitása először a mesodermális eredetű oldallemez, azon belül is a poszterior oldallemez laterális sejtjeiben detektálható. Annak a megfigyelése és leírása, hogy végtagfejlődés során a mesodermában és nem az ectodermában található az a faktor, amely a fő szabályozó eleme a végtagok differenciálódásának, Edgar Zwilling-től származik [11], akinek megfigyelését a későbbi kutatások is igazolták. Az oldallemezből, mivel mesoderma származék, ezért a végtagokat felépítő csontok, izmok, ínak, porcok, illetve egyéb kötőszöveti struktúrák fognak kialakulni. A poszterior oldallemez sejtjeiben a Hox gének a meghatározott sorrendjük szerint expresszálódnak az anteroposzterior tengely mentén és nagy valószínűséggel szerepet játszanak e régiónak a további felosztásában, ezáltal kialakul a leendő elülső végtag területe, a végtagok közötti terület és a leendő hátulsó végtag területe (**3. ábra**) [12].

Az elülső végtag leendő területét a hoxa4, hoxa5, hoxb4, hoxb5, hoxc4, hoxc5 gének egymástól, az anteroposzterior tengely mentén eltérő, néhol egymással átfedő, néhol egyéni kifejeződési mintázata jelöli ki, ugyanis ennek a génexpresszálódási mintázatnak a következményeként íródik át kizárólag a leendő elülső végtagnak a területén a T-box5 gén, amely a végtagkezdemény megjelenésében, a végtag kinövésében játszik szerepet (**2. ábra**).

Megvizsgálva a T-box5 gén szerkezetét, a kutatók rábukkantak egy 361 bázispár hosszúságú régióra a második számú intronon belül, amely hat darab olyan szekvenciát tartalmaz, ahová a homeodoménnel rendelkező fehérjék kapcsolódni tudnak, ezzel szabályozva

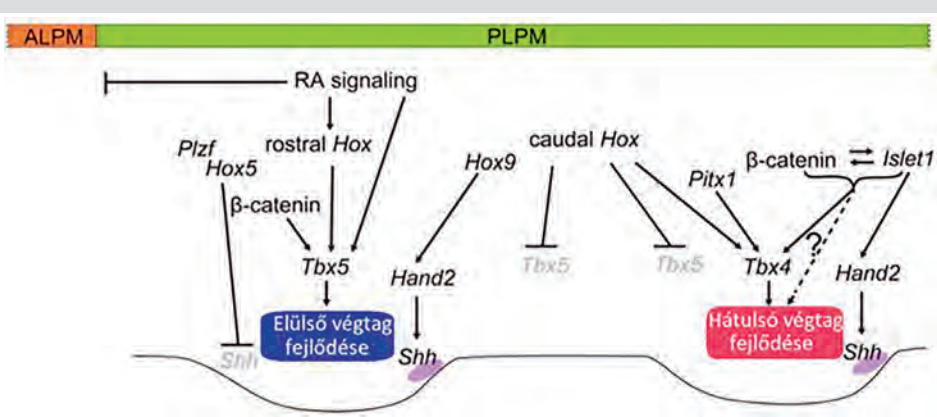


2. ábra. A képen a fejlődő csigolyák helyzetéhez viszonyítva a 3′ Hox gének térben eltérő kifejeződési mintázata látható az egér embrióban, a test hossztengelye mentén azon a területen, ahol a leendő mellső végtagokat kialakító sejtek lokalizálódnak. Az ábra ezen kívül jelöli a Tbx5 expressziójának térbeli helyzetét is.

a génexpressziót. Ezeket a területeket elnevezték Hox binding site-nak (Hbs) és 3′ végtől 5′ vég irányába haladva számokkal látták el őket 1-től 6-ig [7]. A hat darab Hbs két csoportra osztható a működésük alapján, az egyes, hármas, négyes, ötös és hatos Hox binding site-ra, mint aktivátorkötő helyekre tekintenek, ahová a hox4 és hox5 paralógok kötnek be. Ezzel ellentétben a Hbs2 szekvenciája a T-box5 expresszióját gátló Hox fehérjék felismerési helye. Ide tartoznak a caudális, azaz a hox8, hox9 és hox10 paralógok, amelyek nem is annyira a mellső végtag kialakításánál kerülnek előtérbe, hanem sokkal inkább a hátsó végtag esetében fejtik ki gátló hatásukat. Ezek a caudális Hox paralógok képesek hozzákötődni a második számú Hox binding site-hoz, ezáltal represszálni a T-box5 expresszióját, megakadályozva a kifejeződését a leendő hátsó végtag területén [8].

A hátsó végtag specifikációját kialakító molekuláris mechanizmusok egyelőre nem olyan pontosan feltártak, mint ahogyan azt a mellső végtag esetében tapasztaljuk. Valószínűleg a hátulsó végtag területén kifejeződő T-box4 gén hasonló szerepet tölt be a hátsó végtag fejlődésében, mint a T-box5 az elülső testfüggelék fejlődésében (**3. ábra**) [12].

3. ábra. A jelenlegi elképzelés, hogy milyen szignálok vesznek részt az elülső és hátulsó végtag identifikációjának meghatározásában. Látható, hogy a Hox géneken kívül sok egyéb más tényező is döntő szerepet játszik a differenciálódásban. ALPM: anterior oldallemez, PLPM: poszterior oldallemez, RA: retinsav, Tbx5: T-box5, Tbx4: T-box4, Shh: Sonic hedgehog. *(Tanaka, 2016)*



A Hox gének második expresszálódási periódusa

A második átíródási hullámot a Hox géneknek a proximodisztális tengely mentén kifejtett hatásának is tekinthetjük. Ez esetben ésszerű, ha a végtagot felépítő nagyobb régiók (stylopod, zeugopod, autopod) önálló tárgyalásával vesszük szemügyre ezeknek a géneknek a diverzifikációra gyakorolt hatását. Az emlősöket figyelembe véve a stylopod régió a mellső végtag esetében a felkart jelenti, míg hátulsó végtag esetében a combnak feleltethető meg. A zeugopod szakaszt tekintjük az ulna-ból és radius-ból álló alkarnak, illetve a tibia-ból és fibula-ból összeépülő lábszárnak. Az autopod régió pedig magába foglalja a tenyeret és az ujjakat, valamint a lábfejet és a lábujjakat.

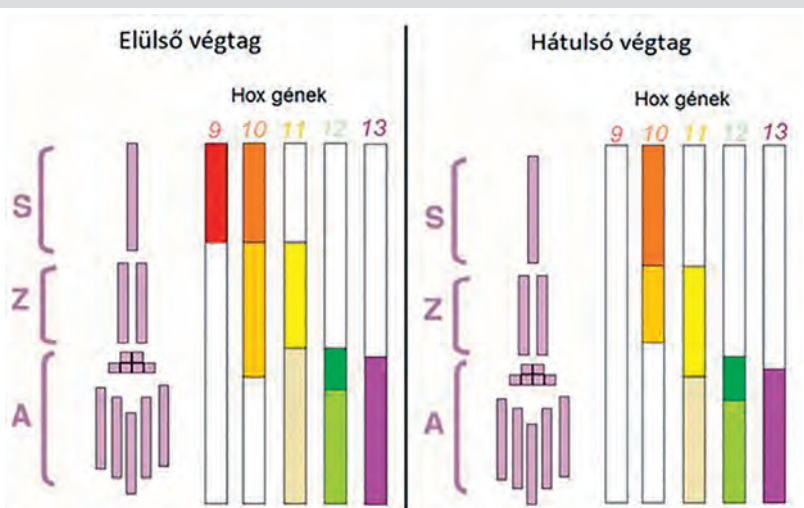
Ha összehasonlítjuk az elülső és a hátulsó végtag fejlődését, akkor a legnagyobb eltérés a Hox gének mintázatában a stylopod régióban tapasztalható. Egyrészt az elülső végtaggal ellentétben, ahol kizárólag a HoxA és a HoxD cluster tagjai vesznek részt a struktúrák kialakításában, a hátulsó végtagban a HoxC cluster tagjai is képviseltetik magukat. Mégpedig oly módon, hogy a hoxc10 a stylopod régióban fejeződik ki, a hoxc11 pedig a zeugopod szakaszon fejti ki hatását az általa kódolt fehérje átíródása által. Ezért lehetséges például az, hogy olyan mutánsokban, ahol a hoxa és hoxd gének hibásak, viszonylag normális hátsó végtagok képesek fejlődni a felismerhetetlenségig deformálódott elülső végtagokkal szemben. Másrészt eltérés tapasztalható a kifejeződő Hox paralógok sorszámában, így míg az elülső végtagban a hox9 és hox10 paralógok expresszálódnak a stylopodban, addig a hátulsó végtagban kizárólag a hox10 paralógok íródnak át. Az is megállapítható, hogy az egyes paralógok nem azonos jelentőséggel bírnak a fejlődés folyamán, ugyanis az összes paralóg esetében helytálló a megállapítás, hogy a hoxa gének alárendelt szerepet játszanak a hoxd génekkel szemben. (**4. ábra**) [10].

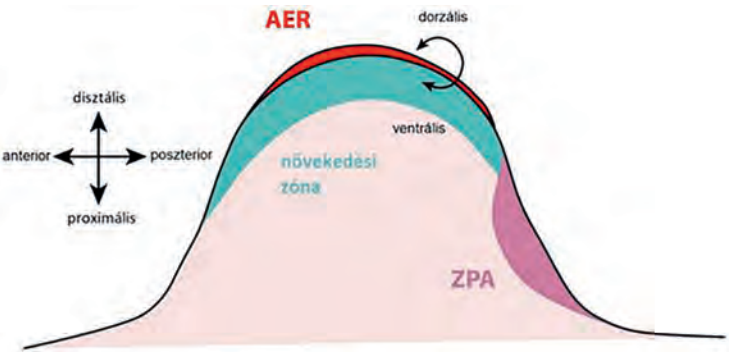
A zeugopod régió normál differenciációjának kivitelezésében a hox11 paralógoknak van kitüntetett szerepe. Ahogy a stylopod régióra, úgy a zeugopod régióra is igaz, hogy a hoxc gének közül a megfelelő paralógok, jelen esetben a hoxc11 csak a hátulsó végtagban fejeződik ki (**4. ábra**).

A hoxa11, hoxd11 kettős mutáns esetében késik magának a végtag primordiumnak a kiemelkedése a test felszínéből, amely vad típusú egérben a kilencedik embrionális nap környékén figyelhető meg. Ez a késés az Fgf8 (fibroblast growth factor 8) és az Fgf10 (fibroblast growth factor 10) csökkent expressziójához köthető, amelyek tudvalevően felelősek a sejtosztódás serkentéséért, ezáltal a végtagbimbó kinövéséért. Az Fgf10 a mesenchymális sejtek terméke, és kifejeződése serkenti a mesenchymális sejtek felett fekvő apical ectodermal ridge-ben (AER) (**5. ábra**) az Fgf8 aktiválódását, ami visszahat az alatta fekvő területre és serkenti a sejtek proliferációját, ezáltal a növekedést. Mivel a hoxa11 és a hoxd11 is a mesenchyma területén fejeződik ki, nem pedig az ectodermában, így azt feltételezik, hogy a hox11 paralógok hiányának az elsődleges hatása a csökkent Fgf10 expresszió, tehát alapesetben a hox11 gének serkentik az Fgf10 átíródását. A végtag primordium megjelenésének késésén kívül megfigyelhető még, hogy a szkeletális elemek fejlődésének korai stádiumában csökkent intenzitású a sejtek proliferációja a leendő zeugopod területén, valamint ezzel egy időben megnövekszik az apoptózissal elpusztuló sejtek száma a mellső végtag területén. Mindezek együttes hatása miatt az ulna és a radius extrém mértékben megrövidült a kettős mutánsokban [2].

A legtöbb olyan kutatás, amellyel a Hox gének proximodisztális tengely mentén betöltött szerepét vizsgálják, a hox11 paralógokat használja fel kísérletezésre, így ezeknek a géneknek az eredményei alapján következtetnek a többi Hox gén szerepére. hoxa11, hoxd11 homozigóta kettős mutánsok esetében megvizsgálták a leendő ulna és radius területén lokalizálódó porcsejteket is, és meglepődve tapasztalták, hogy az intenzíven osztódó, vad típusú sejtekhez képest, a chondrocyták festődése a nyugvó állapotú porcsejtek festődésével

4. ábra. Az ábra a Hox gének eltérő kifejeződési mintázatát mutatja be az elülső és a hátulsó végtag esetében is. Emlékeztetőül, a végtagban kizárólag a hoxa és a hoxd paralógok fejeződnek ki, ez alól egyedül a hátulsó végtagban kifejeződő hoxc10 és hoxc11 kivétel. Az elülső végtagban a Hox9 paralógok vesznek részt a végtag stylopod régiójának formázásában, ezzel ellentétben a hátulsó végtagban nincsenek jelen ezek a gének. Látható hogy a hox11, hox12, hox13 gének expressziója megegyező a két végtagtípusban. *(Wellik és Capecchi, 2003)*





5. ábra. A tengelyek eloszlása a végtag eltérő síkjaiban fejlődő embrió esetében. Az ábrán emellett láthatóak az egyes tengelyek kialakításában résztvevő régiók is. Az AER főleg a proximodisztális tengely mentén való növekedésért és morfológiai változásokért felelős, a ZPA pedig az anteroposzterior aszimmetria kialakításában kulcsfontosságú. AER: Apical ectodermal ridge. ZPA: Zone of polarizing activity. *(https://bit.ly/2UPPMTy)*

mutatott homológiát. Maguk a hox11 paralógok a perichodriumban fejeződtek ki intenzíven, mintegy körbe véve a leendő csontokat, kijelölve azok körvonalát. További kísérletek során kiderült, hogy a hox11 paralógoknak feladata van a csontok megfelelő orientációjának kialakításában, ugyanis mutánsokban a radiust kialakító porcsejtek 90°-val elfordulva fejlődtek a vad fenotípus irányához képest [10]. A porcsejtek sorsa a hosszú csöves csontokban, hogy ők alakítsák ki azt a kezdetleges struktúrát, amire az osteoblastok építkezhetnek és elkezdődhet a csontosodási folyamat. Ez a folyamat le is zajlik a mutánsokban, viszont a csont nem képes felvenni a megfelelő anatómiai morfológiáját. Eszerint a perichondriumból érkező Hox szignáloknak szignifikáns szerepe van abban, hogy az egyes csontok milyen morfológiai struktúrát vegyenek fel. hoxa11 és hoxd11 mutáns egyedekben a chondrocyták nem mentek keresztül érési folyamaton a számukra meghatározott fejlődési stádiumban az ulna és a radius területén. A hox11 géneknek szerepe van az epiphysis porckorong létrehozásában is, mivel hiányukban a radius és az ulna mindkét végén extrém hosszan késett az epiphysis porckorong kialakulása és kondenzálódása. A hosszú, csöves csontok növekedése a proximodisztális tengely mentén óriási mértékben függ attól, hogy megfelelő módon és megfelelő időben alakul-e ki az epiphysis, hiszen normál esetben a csontosodási folyamatok után a porcsejtek osztódása és érése az epiphysis porckorong területére korlátozódik, így a hosszirányú növekedés, az ezen a területen jelenlévő megfelelő szignálmolekulák és receptorjaik finom egyensúlya által szabályozott. Az epiphysis hiánya azt eredményezni, hogy a porcsejtek rendezetlen módon osztódnak tovább, ami abnormális radius-hoz és ulna-hoz vezet [2].

Összefoglalásképpen elmondható, hogy a hox11 paralógok a perichondriumban fejeződnek ki, kijelölve a végtag vázát adó csontos elemek körvonalát, és ezzel definiálva morfológiáját, segítenek a zeugopod elemek orientációjának meghatározásában, valamint az epiphysis területének kialakításában. Ezen kívül hatnak a porcsejtek érésére és növekedésére is. Ezek a megfigyelések valószínűleg kiterjesztők a végtagban expresszálódó többi 5′ Hox paralógra is.

Az autopod régió vizsgálata során kapott eredmények kiértékelése bonyolult, mivel ezen a területen érvényesül leginkább a Hox géneknek az anteroposzterior tengely mentén lévő kifejeződése, amely már a harmadik hullámhoz tartozik. A hoxd13 mutánsokban specifikusan az autopod régió poszterior struktúráinak fejlődése szenvedett zavart, ujjpercek vesztek el, vagy fuzionáltak a carpalis vagy tarsalis elemekkel. Ezeket a stuktúrákat felépítő porcsejtek megragadtak a korai fejlődés stádiumában. Ezzel ellentétben a hoxa13 mutációja hatással volt a poszterior és az anterior elemekre is. A hoxa13 mutánsok esetében egy időbeli növekedés figyelhető meg a végtagfejlődés során legkésőbb kialakuló ujjak, illetve a tarsaliak és carpaliak megjelenésében. A hoxa13 és a hoxd13 gének termékei csak részlegesen redundánsak a fejlődő végtagban, mindemelett a hoxd11 a hoxd12 és a hoxd13 is részben átfedő szerepet tölt be az elülső végtag fejlődő autopod régiójában, de ez valószínűleg az anteroposzterior tengely kialakításában lényeges (**4. ábra**) [5].

A Hox gének harmadik és egyben utolsó kifejeződési hulláma

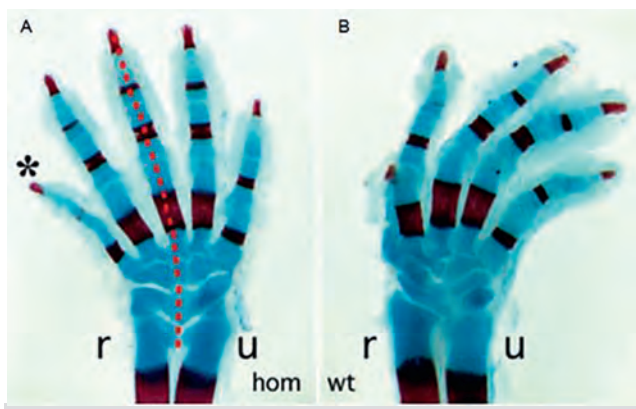
A harmadik átíródási periódus már nem a proximodisztális, hanem az anteroposzterior tengely mentén lezajló differenciálódásban működik közre. E tengely mentén megvalósuló szabályozással lehetőség nyílik az ujjak identifikációjára, egymástól eltérő morfológiájuk kialakítására. Ennek fő irányító központja a mesenchymális sejtek egy kitüntetett csoportja, amelyet zone of polarizing activity-nek (ZPA) neveztek el. Ez a terület az apical ectodermal ridge ectodermális sejtjei alatt terül el az elülső és a hátulsó végtag poszterior részén (**5. ábra**).

Ezen a területen fejeződik ki a Sonic hedgehog (Shh) gén, amelynek az egyik főszerepet tulajdonítják a differenciációban, ugyanis az Shh gén terméke kizárólag a poszterior régiókban detektálható a fejlődő végtagokban, ennek a területnek a formálását

végzi. Az Shh szintén egy traszkripciós faktort kódol, csakúgy, mint a Hox gének, vagyis a kifejeződésének köszönhetően más gének aktiválódnak a poszterior és más gének az anterior területeken. Az Shh kifejeződési mintázatának szabályozásában természetesen intenzíven részt vesznek a különböző Hox paralógok és általánosságban elmondható, hogy az anterior Hox paralógok gátolják, míg a poszterior Hox paralógok serkentik a Sonic hedgehog transzkripcióját [14].

Két eltérő konstrukciójú egértörzset állítottak elő a kutatók, hogy igazolják a Hox gének szerepét az Shh aktiválása kapcsán. Az egyik a teljes HoxD clustert érintő inverziós mutánsokat foglalt magába, a másik pedig hoxd1—10 deléciós mutáns egereket tartalmazott. Előbbi esetben azt tapasztalták, hogy a hoxd11 és hoxd13 gének termékei, amelyek alapesetben a végtag poszterior régiójában találhatóak, megjelentek a teljes anterior területen is. Ennek az a magyarázata, hogy a HoxD clustertől nem messze a hoxd1 gén irányában lokalizálódik egy enhancer elem, az úgynevezett early limb control region (ELCR). Ennek az enhancernek a feladata a hoxd gének expressziójának növelése, amire a különböző sorszámú gének azonos intenzitással reagálnak, viszont az ELCR-nek a hatása folyamatosan csökken, ahogy távolodnak tőle a gének (**7. ábra**). Ezért valószínűleg az anterior hoxd gének expresszióját normál körülmények között képes növelni, azonban a poszteior hoxd gének, mint a hoxd11, hoxd12 és hoxd13 normál esetben kívül esnek a hatósugarán. Viszont az inverzió megváltoztatta a Hox paralógok eredeti sorrendjét, aminek eredményeképpen az 5′ Hox-ok közelebb kerültek az enhancerhez, ezért ki tudtak fejeződni az anterior részen, melynek velejáró következménye volt az Shh kifejeződése is. Ezt megerősítik a hoxd1–10 deléciós mutánsokkal végzett kísérletek eredményei is. Hiszen ha a hoxd11, hoxd12 és hoxd13 gének megőrizve egymáshoz viszonyított eredeti helyzetüket, a deléció miatt a DNS-en közelebb kerültek az ELCR-hez, akkor az aktivitásuk megnövekedett és szignifikáns változások mutatkoztak a végtag területén, hiszen az anteroposzterior tengely mentén jelenlévő aszimmetria eltűnt, vagyis a végtagban az anterior és a poszterior régió egymás tükörképévé vált. Igazság szerint az anterior régió alakult át a poszteriorhoz hasonlóvá, míg a poszterior régió változatlan maradt a vad típushoz képest. Az állatnak az alapesetben rövidebb nagyujja megnyúlt, a carpalis régió teljes mértékben szimmetrikussá vált, illetve még a radius disztális része is megegyezővé vált az ulna disztális részével (**6. ábra**).

A jelenségek magyarázata mögött a homozigóta mutánsokban szimmetrikussá vált hoxd13 gén expressziója húzódik meg. Vad típusú egér esetében az enhancer segítsége nélkül a hoxd13 aszimmetrikusan fejeződik ki a fejlődő végtag területén, döntő többségében a poszterior részen lokalizálódva. Azonban a deléciós mutánsokban a kifejeződés mintázata szimmetrikussá válik, és mivel a hoxd13 aktiváló hatással bír a Sonic hedgehog átíródására, így természetesen az Shh expressziója is szimmetrikussá válik a végtagban, aminek eredményeképpen az Shh által elindított, alapvetően a poszterior



6. ábra. (A) A hoxd1-10 deléciós homozigóta mutáns egerek elülső végtagja, amelyen *-gal jelölt a nagyujj. (B) A vad típusú egér mellső végtagja. Látható, hogy a deléciós mutánsban a vad típushoz képest jóval hosszabb a nagyujj, illetve a kéztő és kézközépcsontok erőteljes szimmetriát mutatnak. *(Zákány és mtsai, 2004)*

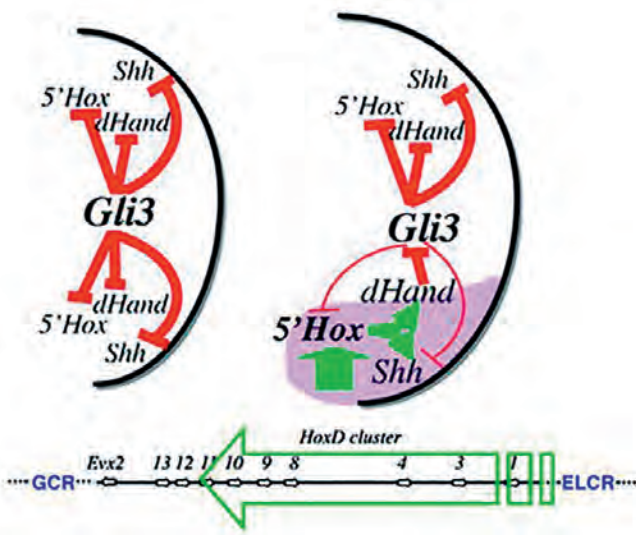
régió kialakításáért felelős mechanizmus átterjed az anterior részekre is [16]. A Sonic hedgehog-tól poszterior irányba található egy evolúciósan erősen konzervált, 745 bázispár hosszúságú enhancer szekvencia, az ShhE. Ehhez az enhancerhez a hoxd10 és a hoxd13 gének terméke direkt módon, kofaktorok nélkül képes kötődni és ezzel együtt növelni a transzkripció hatékonyságát [3]. Maga az Shh gén terméke más gének kifejeződését képes szabályozni közvetlenül a mesoderma területén, ami azt eredményezi, hogy hatására eltérő gének fognak aktiválódni a poszterior mesodermában, mint hiányában az anterior részeken.

Viszont az Shh kapcsolata nem ér véget a Hox génekkel azután sem, miután elősegítették az aktiválódását, hiszen az 5′ hoxa és hoxd paralógok kifejeződési helye erőteljesen függ az Shh jelenlététől [6]. A HoxD clustertől poszterior irányban a hoxd13-hoz legközelebb található egy másik enhancer szekvencia

is, a global control region (GCR), amely a késői kifejeződési stádiumban serkenti a hoxd gének átíródását, méghozzá oly módon, hogy a hozzá közelebb eső gének kifejeződését nagyobb mértékben a távolabb lévőkét kisebb mértékben. Egészen pontosan a hoxd10-13 gének expresszálódását növeli, csökkenő hatékonysággal. Ezzel párhuzamosan pedig a poszterior részek felé haladva egyre jobban növekszik ezen hoxd gének expressziója, így egy jellegzetes poszterior hoxd mintázat alakul ki. Egy Gli3 nevű fehérje képes gátolni ennek az enhancernek a működését, és alapesetben gátolja is, viszont a hoxd gének hatására kifejeződő Shh képes aktiválni a poszterior területeken a dHand gén expresszióját, melynek génterméke gátolja a Gli3 fehérje átíródását. Természetesen ez a kölcsönhatás kizárólag azokon a területeken valósulhat meg, ahol a Sonic hedgehog még képes kifejteni hatását. A végtag anterior régiójában az embrionális fejlődés teljes időszakában fennmarad a Gli3 fehérje gátló hatása. Ily módon hat vissza az Shh a hoxd fehérjék keletkezésére, aminek köszönhetően kialakul a meghatározott poszterior Hox mintázat, amely végső soron az ujjak morfológiai identifikációjához vezet (**8. ábra**) [16].

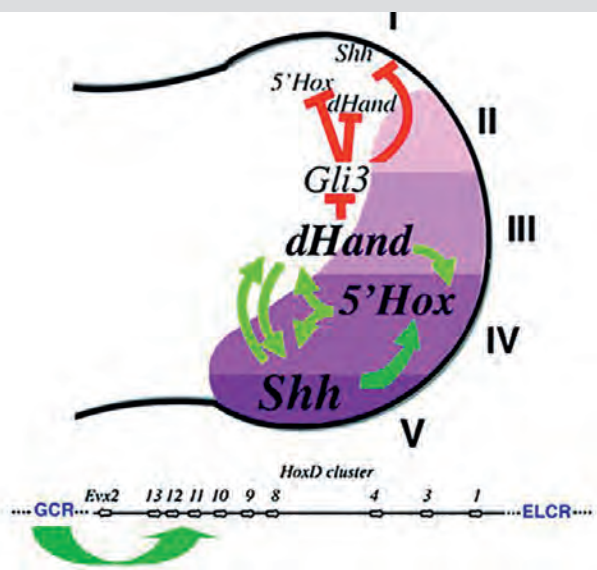
Ahogyan láthattuk ebben a rövid cikkben is, a Hox gének hatása és ennek vizsgálata, részleteiben való megértése bonyolult, ugyanakkor rendkívül fontos a végtag fejlődése szempontjából. Ugyanakkor nem szabad megfeledkeznünk, hogy ők csupán egy géncsalád a rengeteg egyéb gén mellett, amelyek szintén nélkülözhetetlen szerepet töltenek be ebben a folyamatban. Sok mindent tudhatunk már a Hox génekről — és egyéb itt nem említett, de a végtag fejlődése szempontjából lényeges génekről —, viszont sok részlet, mechanizmus rejtve maradhatott a szemünk előtt, amelyek arra várnak, hogy valaki felfedezze őket, ezáltal közelebb kerülhessük a végtag fejlődésének és idővel regenerálódásának titkához, amelyet felhasználva reményeink szerint képesek leszünk új, működő végtagot fejleszteni egy elvesztett helyére.

RABB MÁRTON MIHÁLY



7. ábra. Egér mellső végtag a fejlődés viszonylag korai stádiumában. Alatta a HoxD cluster és a 3' hoxd génekre ható ELCR enhancer aktivitási területe vad típusú állatban. Az ábra a hoxd génekről átíródó fehérjéknek a Sonic hedgehog-ra gyakorolt hatását is mutatja.
(A) Egy korábbi fejlődési stádiumban lévő végtag, amikor az 5' Hox paralógok még nem fejeződtek ki a végtagban.
(B) A fejlődés egy későbbi stádiuma, ahol a már kifejeződő 5' Hox gének serkentik az Shh és a dHand átíródását is, mely utóbbi gátolja az Shh-t is gátló Gli3 gént.
(Zákány és mtsai, 2004)

8. ábra. Egér mellső végtag egy késői fejlődési stádiumban, amikor kialakul a jellegzetes 5' Hox mintázat a leendő ujjak területén. A Shh serkenti az 5' Hox paralógok átíródását ebben a későbbi fázisban, aminek köszönhetően különböző morfológiával jellemezhető ujjak fognak kialakulni. A serkentés indirekt módon történik, az 5' hox géneket gátló Gli3 gén expresszióját gátló dHand gén aktivációján keresztül.
A Gli3-ról átíródó fehérje képes gátolni az 5' Hox gének egy enhancerét, a GCR-t. A gének közötti interakció következményeként a hoxd10–13 gének fejeződnek ki sorrendben, az anteroposzterior tengely mentén növekvő intenzitással.
(Zákány és mtsai, 2004)



MÁSFÉL ÉVSZÁZAD FÖLDTUDOMÁNY

Gazdasági igények szolgálatában

Az idén 150 éves Földtani Intézetnek, az alapító okiratában lefektetett egyik fő feladata – a rendszeres földtani térképezésen kívül – a földtani felvételek eredményeinek *„a tudomány, a földmívelés és az ipar igényeinek megfelelő módon való megismertetése”*. Ez magában foglalja a bányageológiai felvételektől kezdve, az érc- és kőszénkutatáson át, az agrogeológiai, a vízföldtani, valamint az összes egyéb gyakorlati irányú földtani vizsgálatot. Az első világháború végéig ezek mindegyike a Földtani Intézet kizárólagos hatáskörébe tartozott, s az intézet szakembergárdája később is jelentős szerepet játszott e kutatásokban. Cikkünkben az intézet megalapításáig az e területeken végzett vizsgálatok közül, valamint az intézet legfontosabb gyakorlati célú kutatásai közül szemezgetünk, csupán egyet-egyet, példaként kiragadva.

Ásványinyersanyag-kutatás

Az 1800-as évek közepére a magyarországi bányászat — elsősorban az addig oly jelentős nemesfémbányászat — korszerűsítése elmaradt a tőkehiány miatt, pedig szakemberekben nem volt hiány, hiszen a selmecbányai akadémiáról igen jól képzett bányamérnökök kerültek ki. A földtani kutatásokat a bécsi Birodalmi Földtani Intézet tagjai végezték, de az ekkortájt készülő átnézetes térképeken — azok felbontása, valamint a térképezésre fordítható rendkívül rövid idő miatt — csak nagyobb rétegtani egységeket különítettek el, amelyek a gyakorlati feladatok, például a bányászat számára használhatatlanok voltak. A helyzetet tovább bonyolította, hogy a térképeket Bécsben őrizték, ezért a magyar szakemberek csak nagy nehézségek árán jutottak hozzá.

Ezeket a problémákat is szerette volna Gorove István megoldani a Magyar Királyi Földtani Intézet megalapításával, amelyet az intézet alapító okiratában így fogalmazott meg: *„Ezen rendes felvételeken kívül valamely minisztérium vagy kincstári bányászati hatóság*

1. ábra. Kiránduló társaság a dogger ammonit-mészkő bányában, a villányi vasútállomás felett

megkeresésére egyes bányászati vagy más ipari tekintetben közgazdászati fontossággal bíró vidékek földtani átkutatása a miniszter engedelme alapján az intézet által megtörténhetik, ha a felvételek rendes sorának megtartása mellett ezen vidékek földtani felvétele csak későbbi időkben volna várható."

Az intézetre háruló első gyakorlati feladat a kiegyezéstől 1873-ig hazánkban megépülő mintegy 4000 kilométernyi vasúti fővonal nyomvonalának földtani vizsgálata volt. A vasútépítéssel párhuzamosan a szénbányászat is rohamos fejlődésnek indult. Az igen kis létszámmal megalakuló Földtani Intézet a rá háruló nagyon sok munka miatt azonban a gyakorlati jellegű feladatokat csak egyre nagyobb nehézségek árán tudta megoldani.

A helyzet Böckh János 1882-es igazgatói kinevezésével mérséklődött, akinek sikerült több kitűnő szakembert — Schafarzik Ferenc és Pethő Gyula geológust, valamint Gesell Sándor bányafőgeológust — az intézet kötelékébe felvetetnie. Időközben fellendült a kőolajkutatás is, amelyben elsősorban Böckh János, Posewitz Tivadar és Telegdi Roth Lajos tevékenykedett. Feladatuk nagy felelősséggel járt, mert állami támogatást a fúráshoz és kitermeléshez csak a Földtani Intézet véleményezése alapján adtak.

Az I. világháború alatt a gyakorlati kutatások visszaestek, és a háború utáni munka is nehezen indult meg. Az elcsatolt területekkel együtt elveszített lelőhelyek miatt elsősorban új nyersanyag-lelőhelyek felkutatásával foglalkoztak az intézet geológusai: elsősorban a szén- és a bauxitkutatás, a vasérc-előfordulások tanulmányozása, valamint az alföldi szénhidrogén-kutatás volt jelentős.

A II. világháború után hasonló volt a helyzet: az 1950-es években a Földtani Intézetben zajló kutatások döntő hányada szintén a nyersanyag-kutatáshoz kapcsolódott. A legfőbb célpont a kőszén, a vasérc, a bauxit és a tőzeg volt. 1953 végén 33 kötetben jelent meg az országos nyersanyagkataszter, amely összefoglalta a gyakorlati földtani és bányászati kutatási eredményeket.

Az 1980-as évek elejétől váltak hangsúlyossá a prognóziskészítő munkák, elsősorban a bauxit, a szén, a szénhidrogének és az építőipari nyersanyagok tekintetében. 1983-tól állami feladattá nyilvánították és ezzel együtt intézeti feladattá vált az eocén korú széntelepek vizsgálata (eocén program).

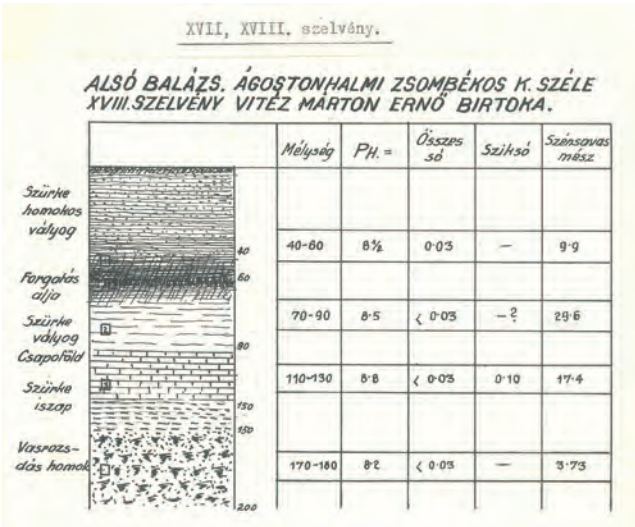
A rendszerváltást követően a nehézipar háttérbe szorult. Az állami szerepvállalás drasztikus csökkenése a bányászat területén a Földtani Intézet tevékenységének súlypontját is egyre távolabbra helyezte a nyersanyagkutatástól. Olyannyira, hogy 1992-ben a közvetlen nyersanyagkutatás meg is szűnt. Az intézet innen kezdve elsősorban a kutatások tudományos előkészítésével, adatfeldolgozással, értelmező munkával foglalkozott.

Az elmúlt tíz évben a Földtani Intézetben és utódszervezeteiben elsősorban nyersanyag-potenciál felmérések, valamint koncessziós pályázatokat előkészítő földtani—geofizikai feladatok zajlanak (elsősorban szénhidrogén és geotermikus, valamint szén koncessziók). A koncessziós feladatokhoz kapcsolódóan az intézet munkatársai elvégzik az adott területek érzékenységi—terhelhetőségi vizsgálatait is.

Agrogeológiai, talajtani kutatások

Magyarország természeti sajátságai, hatalmas síkságai már évszázadokkal ezelőtt felkeltették a tudósok érdeklődését. Farkas József 1763-as, vagy Pázmándi Gábor 1770-es, latin nyelvű munkái a szikes tavakról és a sós

2. ábra. A magyarsárosi fúrás 1917-ben *(MBFSZ gyűjteménye)*


XVII, XVIII. szelvény.

ALSÓ BALÁZS. ÁGOSTONHALMI ZSOMBÉKOS K. SZÉLE
XVIII. SZELVÉNY VITÉZ MÁRTON ERNŐ BIRTOKA.

	Mélység	PH. =	Összes só	Szikső	Szénsavas mész
Szürke homokos vályog					
	40-60	8½	0·03	—	9·9
Forgalás alja					
Szürke vályog Csapolóföld	70-90	8·5	< 0·03	—?	29·6
	110-130	8·8	< 0·03	0·10	17·4
Szürke iszap					
Vasrozsdás homok	170-180	8·2	< 0·03	—	3·73

3. **ábra**. Talajtani szelvény Treitz Péter 1931-ben készült agrogeológiai leírásából, amely a Kurjantói Nádas-rét és a Kolon-tó környékéről készült *(adattári azonosító: T.18)*

területekről szóltak. Az 1800-as évek elejéről származnak a futóhomokról, tőzegről és ezek hasznosításáról szóló első hazai tanulmányok. Később, már az 1800-as évek közepén, a bécsi földtani intézet tagjai végeztek részletes talajtani kutatásokat az Alföldön.

A szűkebb értelemben vett talajtérképezés kezdetét az orosz Grosul Tolstoj 1856-os munkájához kötik, amely az oroszországi sztyeppek elterjedését és fajtáit tünteti fel. Utána közvetlenül legelső agrogeológusunk, Szabó József következik, aki 1856-ban kezdett talajtani vizsgálatokkal foglalkozni. Hazánk talajtérképei közül 1861-ben adta ki a legelsőt, amelyen Békés és Csanád megye geológiai viszonyait és talajnemeit tüntette fel. Csupán pár évvel később, 1866-ban jelent meg Bécsben Lorenz v. Liburnau munkája (*Die Bodenkulturrerhältnisse des Österreichischen Staates*), amely az első átnézetes térkép, mely Magyarország talajviszonyait is feltünteti.

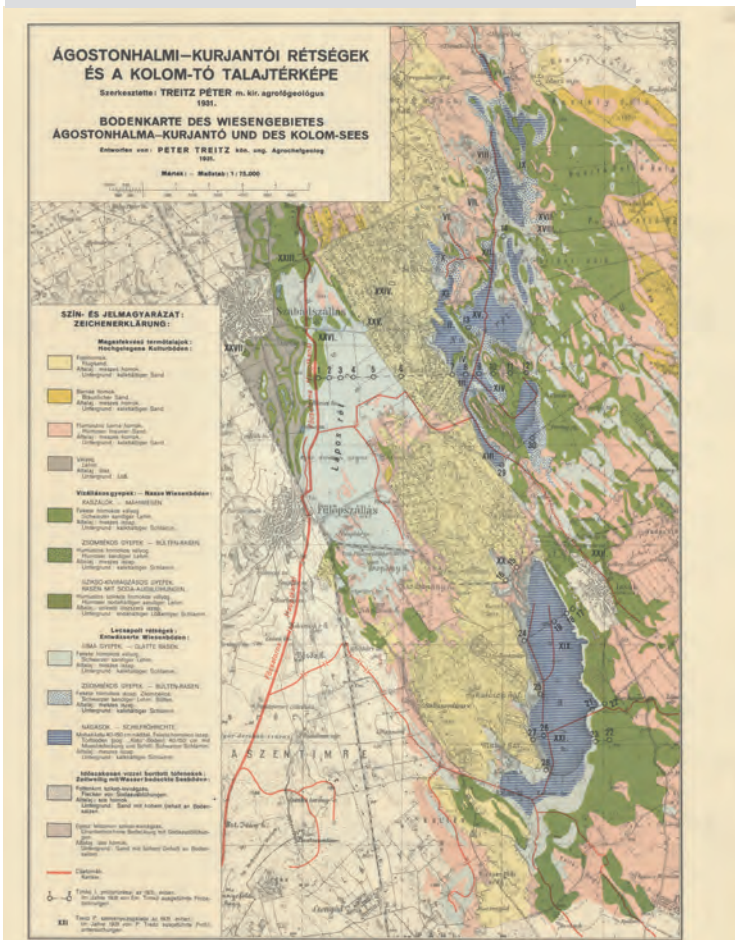
Mattyasovszky Jakab magyar királyi geológus az 1874-es bécsi kiállításon bemutatott talajtérképek mintájára nyomatékosan ajánlotta hasonló hazai felvételek készítését 1880-ban. 1886-ban Szabó József, mint a Magyarhoni Földtani Társulat elnöke, az egyik közgyűlést megnyitó beszédében szintén megsürgette az ország talajtani felmérését.

Mindezek hatására Böckh János, mint a Magyar Királyi Földtani Intézet igazgatója, már nem halogathatta tovább a dolgot: 1886-ban felterjesztette a földmívelésügyi miniszternek, hogy az intézeten belül hozzanak létre egy agrogeológiai osztályt. Ám kérése ekkor még nem talált meghallgatásra. Az 1890-ben, az országon végigsöprő filoxérajárvány azonban mindent megváltoztatott: tönkretette a hegyvidéki szőlőterületeink nagy részét, és ennek nyomán szükségessé vált az immunis homokterületek felkutatása. A helyzet súlyosságára tekintettel gróf Bethlen András, földmívelésügyi miniszter egy évvel később, 1891-ben már elfogadta a korábbi felterjesztésben foglalt terveket, és elrendelte az Agrogeológiai Osztály létesítését a Földtani Intézetben. Ez volt Európában a második (az első, a porosz állami intézet, még 1882-ben jött létre).

Kezdetben a magyar agrogeológiai felvételek porosz mintára készültek, azaz a térképezés fő célja a geológiai felvétel volt, míg a talajtípus jelzése csupán másodlagos szempont. A munka folyamán azonban nyilvánvalóvá vált, hogy a geológiai és a talajtani információk egyetlen térképen való megjelenítése — a túlzsúfoltság miatt — szinte lehetetlen, de hogy mi lenne a jó megoldás, abban sajnos az osztály kutatói nem értettek egyet. A viták elcsitítására és az alapelvek kidolgozására hívta össze 1909-ben id. Lóczy Lajos az I. Nemzetközi Agrogeológiai Kongresszust, Budapestre. Itt a szakembereknek sikerült megállapodniuk abban, hogy a talajtérképezésnek a geológiai felvételektől függetlenül kell történnie.

Ez a határozat már meggyőzte a Földtani Intézet vezetését is és Lóczy elrendelte, hogy külön készüljön a talajtérkép és külön a geológiai térkép. Az agrogeológusokat

4. **ábra**. Treitz Péter 1931-ben készült talajtérképe Fülöpszállás környékéről *(MBFSZ gyűjteménye)*


ÁGOSTONHALMI—KURJANTÓI RÉTSÉGEK
ÉS A KOLOM-TÓ TALAJTÉRKÉPE
Szerkesztette: TREITZ PÉTER m. kir. agrogeológus
1931.
BODENKARTE DES WIESENGEBIETES
ÁGOSTONHALMA—KURJANTÓ UND DES KOLOM-SEES
Entworfen von: PETER TREITZ kön. ung. Agrochemiker
1931.
SZÍN- ÉS JELMAGYARÁZAT:
ZEICHENERKLÄRUNG:

pedig utasította, hogy az addigi részletes felvételeket abbahagyva, mindenekelőtt készítsék el az ország átnézetes talajtérképét.

1930-ban került a Földtani Intézetbe Kreybig Lajos, akit az akkori igazgató, Böckh Hugó megbízott egy Talajbiológiai Osztály és laboratórium létrehozásával, valamint egy új talajtani felvétel megtervezésével. Ez a térképfelvétel teljesen szakított a földtani viszonyok ábrázolásával, kifejezetten termeléstechnikai adatokat szolgáltatott.

A világháború zűrzavaros esztendei után az intézet Talajtani és Agrogeológiai Osztályát a Földművelésügyi Minisztérium fennhatósága alá tartozó Magyar Országos Talajtani Intézetté szervezték át 1948-ban. Az osztály kiválása az intézetből azonban nem jelentette az agrogeológiai kutatások automatikus megszűnését. A Rónai András vezetésével, 1964-ben kezdődő és két évtizeden át zajló alföldi térképezés során agrogeológiai térképek is születtek, amelyek a talaj és alapkőzetének kapcsolatát is bemutatták.

1986-ban ismét megalakult az Agrogeolóiai Osztály, amely 2005-re elkészítette az Alföld agrogeológiai térképsorozatát. Az agrogeológiai mintaterületek értékelése pedig monitoringrendszerben, visszatérő kutatásokkal folyamatosan folytatódott még a 2010-es években is.

Vízföldtani kutatások

A Kárpát-medence természetes hévíz-előfordulásait ősidők óta hasznosítják. Tudományos megfigyeléseik is már több száz éves múltra tekintenek vissza. A hidrogeológia mint alkalmazott földtudomány azonban csak a XIX. században jelent meg hazánkban. A legkorábbi közlemények az 1800-as évek elejére datálhatók. Ezek Kitaibel Pál 1804-es és Linzbauer Ferenc Xavér 1837-es, Buda hévforrásaira vonatkozó munkái. A szó szoros értelemben vett hévízföldtani kutatások pedig csak 1856-tól kezdődtek: Molnár János Lukács fürdői és Szabó József fürdőszigeti publikációinak megjelenésével.

A Földtani Intézetben már a kezdetekkor megindultak a gyakorlati vízföldtani kutatások: a budai keserűvíz-forráscsoport védőterületéről készült javaslat, illetve Pécs város vízellátása ügyében is folytak vizsgálatok. De a felszín alatti vizek vizsgálata az 1800-as évek végén lendült fel igazán. E kutatásokat teljes egészében a társadalmi igények hívták életre. Az Alföldön a folyószabályozások előtt a viszonylag kisszámú lakosság a folyókból nyerte az ivóvizet, ennek a lehetősége azonban a folyószabályozások nyomán nagymértékben lecsökkent. Mivel az Alföldön a talajvíz rossz minőségű — az ásott kutakban általában nagy töménységű, szikes és keserűsós víz található — ezért sürgősen gondoskodni kellett a jó minőségű ivóvízről a rohamosan növekvő számú népesség számára.

A megoldást a 200—300 méter mélységű artézi kutak szolgáltatták, amelyek kis sótartalmú, enyhén langyos vizet adtak és a legtöbb esetben — a kedvező mélységi nyomásviszonyoknak köszönhetően — szivattyúk használata nélkül a felszínre törtek. A század végi első sikeres próbálkozások után százszámra mélyítették az artézi kutakat az Alföldön, melyek száma az 1900-as évek elejére már ezer fölé emelkedett. E gyors gyarapodás előre vetítette az artézi kutak telepítése, fúrása szabályozásának szükségességét, amelyre csupán 1885-ig kellett várni. Ekkor jelent meg a vízjogi törvény, amely földtani vonatkozásokban már ekkor hatósági szakértői jogkört biztosított az intézet számára.

5. ábra. Új fúrás a Margit-sziget bejáratánál, 1936. augusztus 14. délután 5 óra. A képen Dr. Papp Károly és Józsa altiszt látható *(MBFSZ gyűjteménye)*

Az egyre sokasodó munka elvégzésére Böckh János 1892-ben külön osztálygeológusi állást is szervezett. A munka mennyiségét jól jelzik Böckh 1900-ban írt sorai: *„…a vízjogról szóló 1885: XXIII. törvényczikk követelményei alapján, akár egyéb hidrologiai kérdések megoldása körül a magyar kir. földtani intézetnek osztályrészül jutott, úgy, hogy a magyar kir. földtani intézet czímébe a „földtani" mellé bátran illeszthetné a „hidrológiai" jelzőt is."*

A Földtani Intézetnek adandó hidrogeológiai adatszolgáltatást 1913-tól már törvény is szabályozta. Az intézet geológusai azonban nem csupán a kapott adatok feldolgozásával foglalkoztak, de felfigyeltek a vízpazarlásra is, ugyanis sok artézi kútnak a vize hasznosítás

nélkül, szabadon folyt el. Ennek folyományaként 1933-ban született meg az a rendelet, amely minden artézi kút fúrását a Földtani Intézet szakvéleménye alapján kiadott engedélyhez kötötte.

A II. világháború után a Bányászati Kutatóintézet megbízásából karszthidrológiai kutatás folyt az esztergomi-szénmedencében, a Balaton-felvidéken és Ajka környékén, a bányászatot veszélyeztető karsztvíz elleni védelem kérdésében. Az ország újjáépítése kapcsán merült fel a pécsi iparvidéknek, Debrecen új gyártelepeinek, a borsodi nagy iparműveknek, a Tiszai Erőműnek, vagy például Békéscsaba városi vízművének vízföldtani vizsgálata. Szintén az intézet feladata volt a magyar—csehszlovák együttműködés keretében Visegrád mellé tervezett dunai vízerőmű hidrogeológiai hatásainak vizsgálata.

1950-ben a Földtani Intézet Sümeghy József vezetésével indította el a síkvidékek 1:25 000-es méretarányú földtani felvételét, amely kiterjedt a talajvíz tükrének észlelésére és a talajvíz minőségének megállapítására is. 1956-ig 1 030 042 ásott kút és 15 965 artézi kút került a kataszterbe, melyek helyét térképen is jelölték. Az adatok gyűjtése később is folytatódott, és a Vízföldtani Osztály, Schmidt Eligius Róbert vezetésével megszerkesztette *Magyarország Vízföldtani Atlaszá*t. Röviddel az atlasz megjelenése után, 1963-ban a Vízföldtani Osztályt — amely eddig a hidrogeológiai kutatások országosan kiemelt helyszíne volt — megszüntették.

Az interregnum nem sokáig tartott, az 1970-es évek elején az osztályt újjáalakították, melynek fő kutatási témája a fiatal üledékekkel kitöltött medenceterületek vízföldtani megismerése volt. Az 1982-ben indult Kisalföldi térképezésben is jelentős szerepet kapott a vízföldtani kutatás, melynek kiemelkedő jelentősége, hogy a Szigetközben végzett vizsgálatok még a nagyobb arányú vízügyi beavatkozások előtti állapotokat rögzítik.

A rendszerváltást követően megsokasodtak a környezetvédelemmel kapcsolatos feladatok, melyekben egyre nagyobb szerepet kaptak a vízföldtani, elsősorban az alkalmazott hidrogeológiai kutatások is. Ilyenek voltak például az atomerőművi radioaktív hulladékok felszín alatti elhelyezésére irányuló programok, vagy a dél-alföldi arzénes vizek kutatását célzó program. Az intézet ekkor kapcsolódott be az EU felszíni és felszín alatti vízminőségi és vízgazdálkodási munkálataiba (Víz Keretirányelv) is.

A 2000-es években egyre több kutatás zajlott és zajlik napjainkban is — elsősorban nemzetközi pályázatok keretében — a hévízhasznosítás terén. Folyamatosan működik az Országos Felszín Alatti Vízmegfigyelő Hálózat. A hálózatba tartozó kutak egy része több mint 50 éves adatsorral rendelkezik. Ez a vízmegfigyelő-hálózat a rendszeres és megbízható észleléseknek, a feldolgozott és értékelt adatoknak köszönhetően napjainkban az ország egyik legfontosabb vízszintészlelő-hálózat részének tekinthető.

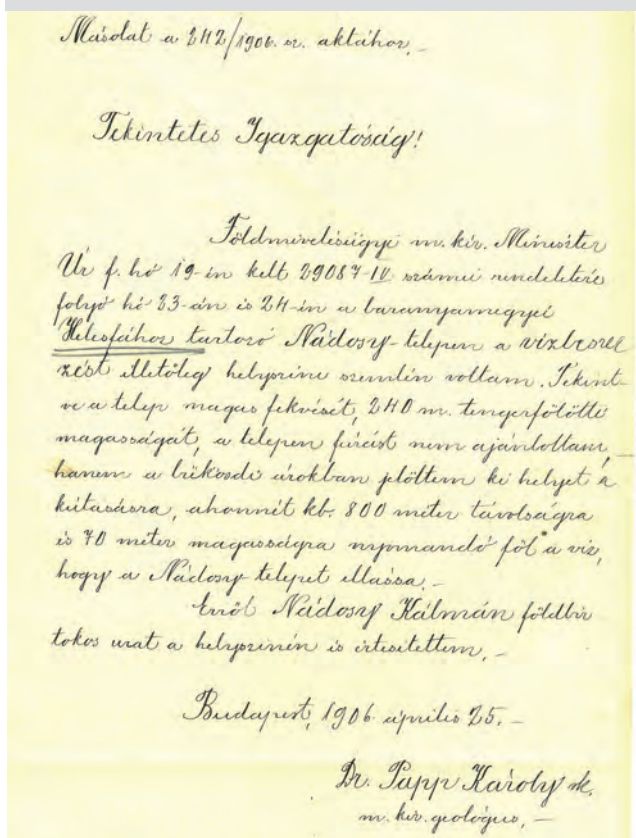
Mérnökgeológiai kutatások

A Földtani Intézet gyakorlati célú tevékenységei közül a mérnökgeológiai kutatások is az intézet alapításáig nyúlnak vissza. Az intézet első ilyen munkája az 1867—1873 között megépült 4000 kilométernyi vasúti fővonal nyomvonalának földtani vizsgálata volt. A következő évtized szintén a vasútépítésnél találta az intézet geológusait, akik a közel 9000 kilométer hosszban megépülő, helyi jellegű vasútvonalak előzetes földtani kutatását végezték.

A XIX. század végén a mérnökgeológiai vizsgálatok köre kiszélesedett. Az intézetben készültek a Dunakeszi Vízmű Duna alatti alagútjának előzetes földtani vizsgálatai, de az intézet hatáskörébe tartozott „a főváros csuszamlással veszélyeztetett építési körzeteinek szakvéleményezése" is. Igen jelentős gazdasági és építési ügyekben kérték ki az intézet véleményét. Ilyen volt például az Erzsébet híd helyének kijelölése, a Vág szabályozása, a mosoni Dunaág vízbeeresztő- és kamrazsilipjeinek alapozási kérdése stb.

Ugyan már az 1920-as években felmerült Budapest városvezetésében, hogy a földalatti vasúthálózatot kiterjeszti — amihez a műszaki földtani vizsgálatokat az intézet el is végezte, a tervek mégis csak az 1950-es években

6. ábra. Papp Károly és Szontagh Tamás 1906-ban készült vízbeszerzési szakvéleménye Helesfáról *(Adattári azonosító: T.5459)*



Másolat a 2112/1906. sz. aktához.

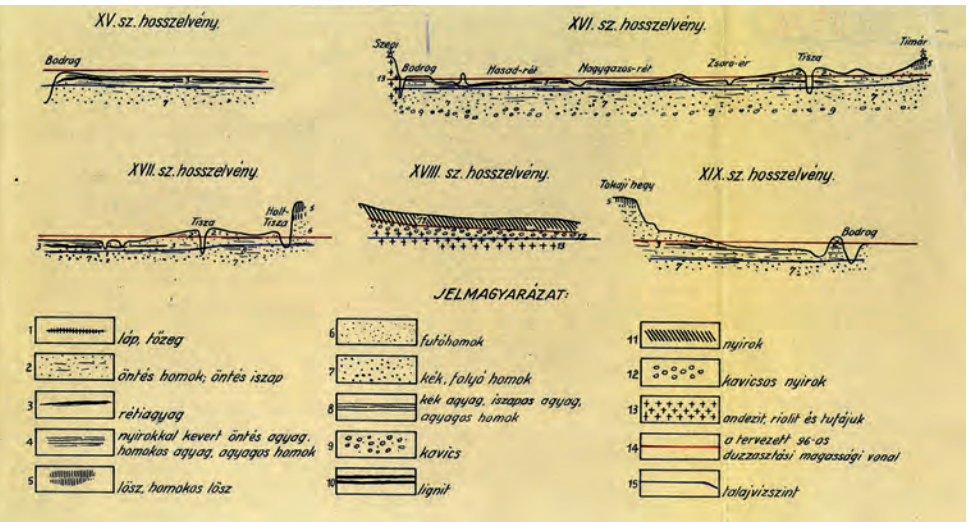
Tekintetes Igazgatóság!

Földmívelésügyi m. kir. Miniszter Úr f. hó 19-én kelt 29087-IV. számú rendeletére folyó hó 23-án és 24-én a baranyamegyei Helesfához tartozó Nádosy-telepen a vízkérdést illetőleg helyszíni szemlén voltam. Tekintve a telep magas fekvését, 240 m. tengerfölötti magasságát, a telepen fúrást nem ajánlottam, hanem a lejtősebb irokban jelöltem ki helyet a kutatásra, ahonnét kb. 800 méter távolságra és 40 méter magasságra nyomandó föl a víz, hogy a Nádosy telepet ellássa.

Erről Nádosy Kálmán földbirtokos urat a helyszínén is értesítettem.

Budapest, 1906 április 25.

Dr. Papp Károly sk.
m. kir. geológus.



7. ábra. Szelvények Sümeghy József *A tiszalöki duzzasztóművel kapcsolatos, az 1938. év folyamán végzett földtani vizsgálatok eredményei* című szakvéleményéből *(Adattári azonosító: T.76)*

valósultak meg, akkor azonban hatalmas lendülettel. A Földtani Intézet az 1960-as évek végén kezdte meg a Balaton-felvidék építésföldtani térképezését. 1978-ig el is készült a teljes balatoni üdülőkörzet 1:10 000-es méretarányú építésföldtani térképsorozata. 1969-ben kezdődött a balatonihoz hasonló térképezési és térképszerkesztési módszertannal Budapest építésföldtani térképezése, amely a megnövekvő lakásigények kielégítése érdekében zajlott.

A rendszerváltást követő években a mérnökgeológiai munkák volumene lecsökkent. Új rendszerű településgeológiai térképezés indult Budapest egyes kerületeiben és Debrecenben. Elkészült a Duna-mente és a Budapesti agglomeráció 1:50 000-es méretarányú komplex földtani térképsorozata. Az intézet munkatársai elvégezték a 4-es metró Etele tér — Baross tér közötti szakaszának földtani jellemzését. A szolgálatnál napjainkban is zajlik az egységes digitális budapesti építésföldtani adatbázis kiépítése, karbantartása. Folyik a mérnökgeofizikai adatbázis építése, valamint földrengés-veszélyeztetettséggel is foglalkoznak az intézet szakemberei.

Környezetföldtani kutatások

A szűkebb értelemben vett környezetföldtani kutatások csak az 1900-as évek második felében kezdődtek a Földtani Intézetben. Az egyetlen korábbi, jelentősebb ez irányú vizsgálat még az 1800-as évek végéről való: 1894-ben került sor az intézetben a kőolaj-finomítók vízszennyezést okozó tevékenységének vizsgálatára, amely a későbbi környezetvédelem első megnyilvánulásaként is értelmezhető.

Sajnos még az 1960-as években megvalósuló állami nagyberuházások — melyeknél jelentős környezeti hatással lehetett számolni — előkészítésénél és megvalósításánál sem támaszkodtak a független Földtani Intézet szakvéleményére. Ilyen volt például a karsztvízveszélyes kőszénbányászat fejlesztését jelentő „eocén program", vagy a bős—nagymarosi vízlépcsőrendszer, a Paksi Atomerőmű és a hozzá kapcsolódó hulladék-elhelyezések. Később azonban, e nagyberuházásokhoz kapcsolódó társadalmi konfliktusok során jelentős súly és felelősség nehezedett az intézetre és kutatóira.

Az első jelentős környezetföldtani munka, a Balaton tómedrének részletes környezetföldtani vizsgálata 1981-ben kezdődött el. Ez magában foglalta a tó üdülőkörzetének környezeti állapotfelmérését, a tó intenzív algásodása és feliszapolódása miatt kialakult állapot visszafordításának lehetőségeit.

1987-ben alakult meg az önálló Környezetföldtani Osztály. Az 1990-es évek elején az intézet környezetföldtani vizsgálatai már egységes keretek között zajlottak: elindult a jelenlegi és korábbi szennyezőforrások (hulladéklerakók, meddőhányók, ipartelepek) országos környezetföldtani kataszterezése. Külső megbízásra számos országos jelentőségű környezetföldtani munkába kapcsolódott be az intézet: elsősorban radioaktív hulladék elhelyezéssel kapcsolatos kutatásokba, valamint jelentősebb vízbázisok (bükki, aggteleki karszt, szigetközi parti szűrésű rendszer) környezetállapotának felmérésébe.

A rendszerváltás utáni időszakra még hatványozottabban vált jellemzővé, hogy a társadalmi igények egyre több környezetföldtani problémát vetnek fel. Az intézetben keletkező környezetföldtani alapadatokra nagy igényt tartanak a környezetvédelemmel foglalkozó cégek, továbbá társadalmi szervezetek, oktatási intézmények és hatóságok egyaránt.

A Földtani Intézet jogutód szervezeteiben 2013 óta működik a Nemzeti Alkalmazkodási Központ. A főosztály napjaink legjelentősebb környezeti kihívásával az éghajlatváltozással, annak hatásaival, és az azt kiváltó folyamatokkal kapcsolatos hazai kutatásokkal, az üvegházhatású gázok hazai kibocsátásainak csökkentésével és a klímaváltozás hazai hatásaihoz való alkalmazkodással kapcsolatos feladatok ellátásával foglalkozik.

BABINSZKI EDIT

SARKVIDÉKI SEGÉLYKIÁLTÁS

Lángol a jégvilág!

Az éghajlatváltozás 2019-ben talán még az elmúlt évekhez képest is nagyobb figyelmet vívott ki magának. Az eddig csak erejét lépten-nyomon fitogtató globális felmelegedés az utóbbi évtized során érezhetően sebességet váltott, nyomában az erősségi skálákat kinövő hurrikántevékenység, sosem tapasztalt mértékű jégolvadás, történelmi hőmérsékleti maximumok, és a szárazság következtében tomboló erdőtüzek jelzik, hogy a körülöttünk dühöngő természeti erők bizony türelmetlenek, és amíg klímakonferenciákon, vagy csúcstalálkozókon igyekeznek dűlőre jutni sorsáról, lassan világossá válik, hogy ő már döntött: elege lett az ígéretekből.

A bering-tengeri kutatóútjára készülő *Chelsea Wegner* megdöbbent, amikor júliusban az alaszkai Anchorage-ban leszállt a repülőgépe. Az ország felett erdőtüzek füstje sötétítette el az eget, a településen pedig, ahová érkezett, és amelyet erős hőhullám sújtott éppen, minden idők legmagasabb, 32 °C-os hőmérsékletét regisztrálták. Wegner a Marylandi Egyetem tengerbiológusa ugyan tisztában volt vele, hogy a szokatlan forróság a Bering-tengerben lévő jég szinte teljes mennyiségét felemésztette, mégis döbbenten állt az események előtt. Később, miközben egy kanadai jégtörővel hajóztak ki Alaszka partjaitól, a nyílt vízben úszkáló rozmárokat figyelt meg, a megszokott jégtáblák nélkül, melyeken általában pihennek, szaporodnak, valamint a nyári időszakban az utódok gondozását végzik. Mint az elmúlt években mindig, a kutatók most is összegezték a nyári jégolvadás végső adatait. Eszerint idén minden idők egyik legalacsonyabb jégkiterjedését mérték az 1979-ben útjára induló műholdas mérések történetében.

A tengerjég eltűnőben

Az északi-sarki tengeri jég a hosszú nyári olvadás után télen ismét megfagy. Most azonban a szokatlan téli és tavaszi felmelegedés megakadályozta ezt a folyamatot, megteremtve a lehetőséget a drámai mértékű jégvesztésnek, melynek hatása leginkább a Bering-tengeren mutatkozik meg. *„Januártól májusig lényegében alig képződött jég"* — mondta *Alice Bradley*, a Massachusetts állambeli Williams College sarkkutatója. *„Korábban sosem tapasztaltunk ilyet."* Február nagy részében alacsony nyomású időjárási rendszer körözött a tenger felett, mely dél felől meleg levegőt gyűjtött össze, és a kis mennyiségű kialakult jeget az északi vizekbe juttatta. A tavasz és nyár során az északi-sarki jég gyorsabban olvadt, mint általában, olyan területeken, mint a Beaufort-tenger vagy a Jeges-tenger (újabban Északi-sarki óceán) középső része. A jég kiterjedése és térfogata júliusban havi minimumrekordot döntött, augusztus

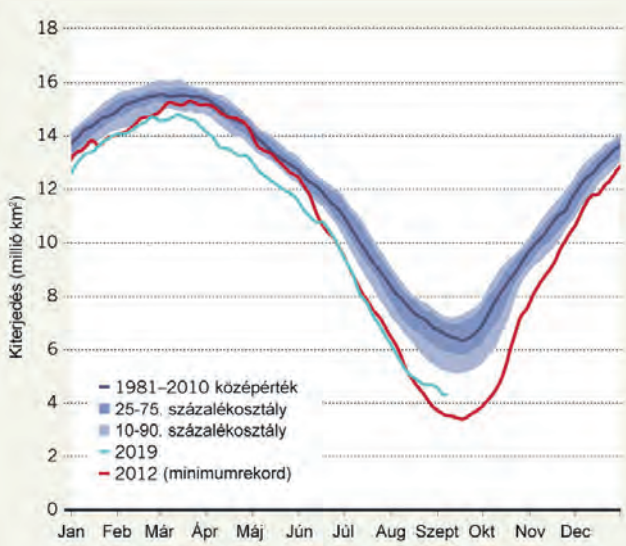
1. ábra. Az Oroszország és Alaszka partjai között húzódó, telente fagyba burkolódzó Csukcs-tenger jege drámai mértékben megfogyatkozott *(Fotó: Yuri Smityuk)*

elején pedig az alaszkai partvidék 240 kilométeres körzetében alig található tengeri jég. A kutatók az év hátralévő részében további csökkenésre számítanak. Pillanatnyilag nem valószínű, hogy a 2019-es olvadási időszak alulmúlja majd a 2012. szeptember 17-én mért 3,387 millió km^2-es kiterjedést, azonban jól bizonyítja, hogy a tengeri jégmennyiség alakulása mélypontra került. Az elmúlt öt évben a szeptemberi jégkiterjedés mértéke jóval az 1981-től 2010-ig terjedő időszak középértéke alatt maradt. Emellett az északi-sarki tengeri jég térfogata is rohamosan csökken, júliusban mért értéke (8800 km^3) 47%-kal elmarad az 1979-2018-as időszak átlagától. Most az éves fagyási időszak már a küszöbön áll, várhatóan azonban ez csak vékony, a jövő évi olvadásra különösen érzékeny jég képződésére lesz elegendő.

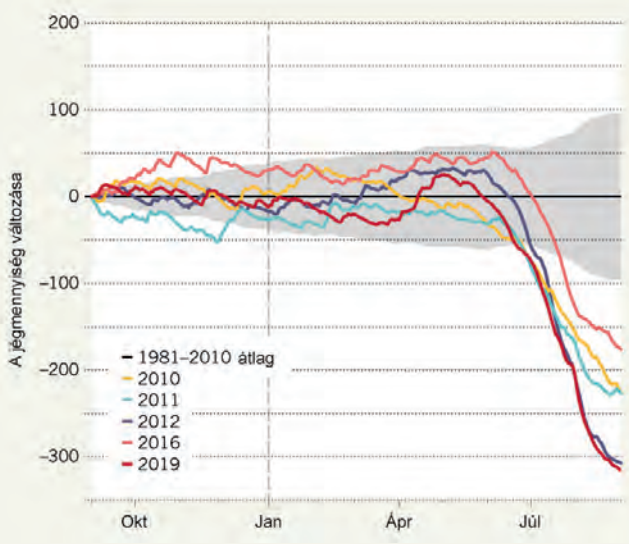
Grönland felolvad

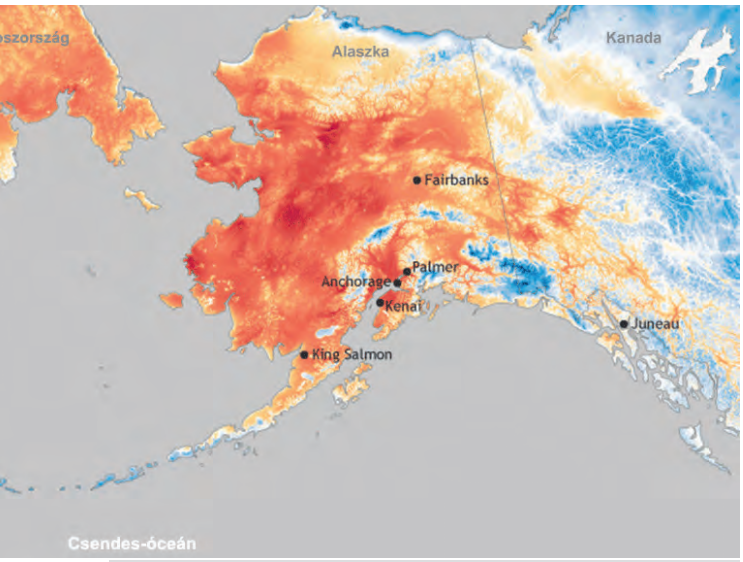
Az idei nyárra jellemző rendkívüli hőség Grönland hatalmas jégmezőit sem kímélte. A sziget hőmérséklete július végére az átlagoshoz képest 12 °C-kal megemelkedett. A Summit állomáson — a jégtakaró legmagasabb pontján fekvő kutatóbázison — július 30-án és 31-én a hőmérséklet fagypont fölé emelkedett. A jégfuratminták alapján kiderült, hogy az i. sz. 500 és 1994 között a helyszínen meglehetősen ritkán, csupán 8 alkalommal történt olvadás. Az öt napon át tomboló hőhullám következtében Grönland 55 milliárd tonna jégveszteséggel zárt, beleértve azt a körülbelül 13 milliárdot, amely mindössze egyetlen nap alatt, augusztus 1-jén olvadt el. Az 1950 óta végzett mérések során 24 óra leforgása alatt ez volt a legnagyobb jégolvadás. Mindent összevetve, idén nyáron a grönlandi jégmező felszínének legalább 60%-a, még ha helyenként minimális szinten is, de megolvadt. Ezzel azonban így is csak a második helyezettnek tekinthető, ugyanis 2012-ben, a nyári időszakkal bezárólag a jégfelszín 98%-án

2. ábra. Az Északi-sarki tengeri jég mennyisége a műholdas mérések 1979-es kezdete óta most talán ismét elérheti eddigi legalacsonyabb, 2012-ben regisztrált értékét *(Forrás: Nature)*



3. ábra. A hatalmas grönlandi jégtakaró is számottevő és nagy kiterjedésű felszíni olvadáson ment keresztül 2019 legforróbb hónapjaiban *(Forrás: Nature)*





4. ábra. Alaszka nagy részét 2019. július 4. és 8. között sosem tapasztalt mértékű hőhullám sújtotta. Anchorage a mérések kezdete óta most először érte el legmagasabb regisztrált, 32°C-os hőmérsékletét. *(Forrás: NOAA)*

történt részleges olvadás. *Xavier Fettweis*, a belgiumi Liége-i Egyetem sarkkutatójának becslései szerint idén a folyamatban keletkező víz, és a leszakadó jégtömbök következtében Grönland több mint 1,5 milliméterrel járult hozzá a globális tengerszint növekedéséhez.

A hőmérséklet megemelkedik

Az Európai Unió Kopernikusz Éghajlatváltozási Szolgálata, valamint az Egyesült Államok Nemzeti Oceanográfiai és Légkörkutató Intézete (NOAA) adatai szerint 2019 júliusa világszerte a valaha volt legmelegebb hónappá lépett elő. Eddig az elmúlt néhány július mindegyike szerepelt az öt legmelegebb hónap között. Alaszka sarkvidéki, Kanada nyugati, valamint Oroszország középső területei a januártól júliusig terjedő időszakban egyaránt megtapasztalták, hogy a hőmérséklet körülbelül 2 °C-kal melegebbé vált az ilyenkor szokásosnál. Július első hetében több dél-alaszkai városban is hőségrekordok dőltek meg, júliusban és augusztusban tengeri madarak ezrei pusztultak el, főként éhezés miatt, az átlagnál melegebb parti vizek környezetében. Ez már sorban az ötödik ilyen év a térségben. Alaszkában még szeptember elején is hőségrekordok születtek, az állam távolabbi, északi részén fekvő néhány városában is sorra dőltek meg a korábban mért havi maximumok. Svédországban, egy Markusvinsa nevű faluban július 26-án nem kevesebb, mint 34,8 °C-ot, a sarkkör közelében valaha mért legmelegebb hőmérsékletet regisztrálták. A hőhullám pedig, amely Grönland jegét július végén megolvasztotta, Nyugat-Európában sem tétlenkedett, a történelem során először Belgiumban és Hollandiában 40 °C feletti forróság tombolt.

5. ábra. A nyár folyamán jelentkező szokatlanul magas hőmérséklet idézte elő Szibéria, valamint Oroszország több más területének erdőtüzeit is *(Forrás: NASA)*

Tüzek lobbannak fel

Mindez a hőség az északi erdőket szikrára váró gyújtóssá változtatta. Több mint 1 millió hektár égett le Alaszkában, többnyire az állam déli és középső területein. A tűzszezon szokatlanul korán, már áprilisban elkezdődött, és a szokásosnál jóval tovább tartott, így az állami szerveknek is meg kellett hosszabbítaniuk a tűzszezon végét egy hónappal, augusztus végéről szeptember végére, hogy biztosan álljon készenlétben tűzoltó a kipattanó tüzek megfékezésére. Szibériában ugyancsak hatalmas terület, több mint 2,6 millió hektár égett le júliusban, füsttel lepve be Kelet-Szibéria városait. A magas hőmérséklet, a szél és a zivatarok segítették elő fellobbantani, és tovább terjeszteni a lángokat. Oroszország a térségben több helyen is vészhelyzetet hirdetett ki. Számos alaszkai és szibériai erdőtűz kezdett csillapodni augusztusban, de továbbra is a leghosszabb élettartamú sarkvidéki tüzek közé tartoznak, melyek csak júniusban összesen mintegy 50 millió tonna szén-dioxidot juttattak a légkörbe. Az Európai Unió Kopernikusz Éghajlatváltozási Szolgálatának adatai szerint ez az érték nagyjából megegyezik Svédország éves szén-dioxid kibocsátásával, és meghaladja az elmúlt kilenc év sarkvidéki tüzei által légkörbe jutatott gáz mennyiségét.

SZOUCSEK ÁDÁM

HOLDFÉNYBEN HATÉKONYABB VADÁSZ A FEHÉR GYÖNGYBAGOLY

nature ecology & evolution

A gyöngybagoly éjszakai vadászati sikerét egy svájci vezetésű nemzetközi kutatócsoport vizsgálta, annak függvényében, hogy a bagoly a faja fehér vagy vörösesbarna színváltozatába tartozik-e, mivel már jó száz éve felmerült, hogy a holdfény is befolyásolja az éjjeli állatok evolúcióját.

A holdfény ciklikus változása az éjjeli élővilág számára különböző, változó környezeti körülményeket jelent, amelynek speciális alkalmazkodással tudnak megfelelni. Vannak állatok azonos fajon belül többféle színváltozattal, ilyen a gyöngybagoly is, kétféle változata igen eltérően látszik a holdfény hatására. Húsz évnyi madármegfigyelés, nyomkövetővel ellátott madarak és fészekaljak sikerességének vizsgálata, illetve a fő zsákmányállat mezei pocokkal folytatott kísérletek során bizonyosodtak meg a kutatók e hatásokról.

A pocok a baglyokat a szürke eltérő fényerejű változataiként látja, a barnákat jóval kevésbé feltűnőként észleli, mint a sok fényt visszaverő, kontrasztos fehéreket. Az alapfeltételezés szerint a barna baglyok könnyebben vadásznak rájuk, mivel nem veszi őket észre, ez különösen erős holdfényben válhat fontossá, amikor a fehérek igazán feltűnőek.

Infrakamerás megfigyeléseket végeztek bagolyfészkeknél, és azt számlálták, hogy adott éjszaka a barna, ill. a fehér bagolyszülő hány pocokkal érkezik meg fiókáihoz. A számlálás napi adatait az adott éjszaka holdfázisával is összevetették. A barna baglyok újhold környéki éjjeleken átlag 5,67 pockot hoztak, telihold idején viszont csupán 3,27 rágcsálóval látták el a fiókákat. A fehér baglyok ezzel szemben alig mutattak különbséget, újholdkor 4,94, teliholdkor 4,61 pocok volt a fiókák elesége.

A pocok viselkedésének vizsgálatát (vagyis azt, hogy a bagoly láttán lefagy, vagy elmenekül) kitömött baglyokkal végezték el, a telihold vagy az újhold éjjeli fényviszonyait beállítva a laborban. A pocok fényviszonytól függetlenül az esetek 83 százalékában lefagyott, azonban nagy különbség volt abban, hogy a különböző fényviszonyok során barna vagy fehér bagollyal szembesítették-e a pockot. A fehér bagoly láttán teliholdnál jóval tovább maradt mozdulatlan, mint minden egyéb esetben. Mivel a két színváltozatnál jelentős különbség volt a fiókáknak hordott zsákmány mennyiségében a teliholdas időszakban, a kutatók a különböző színű apák (ők hordják haza az eleség nagy részét) fészekaljait egyenként felmérték, hogy mennyire gyarapodik a fiókák súlya, ill. mennyi a sikeres kirepülés a teliholdas időkben. A barna apák fiókái lassabban nőttek ilyenkor, és kevesebb volt a kirepülés is, ellenben a fehéreknél még a rangsorban legutolsó, egyébként gyakran elpusztuló fióka is gyakran képes volt kirepülni.

A színváltozatok a párzás és az első tojás lerakásának idejében is különbséget mutattak, s a vadászat sikerét figyelembe véve logikus, hogy az adott színváltozatú apa a számára kedvező fényviszonyokhoz, vagyis a holdfázisokhoz igazította a párzását.

A fehér baglyok kevésbé függtek a holdfénytől, mint a barnák, sőt, ha a legifjabb utódaik kirepülési arányát vesszük figyelembe, akkor még sikeresebbek is voltak, mint a barnák. Az előzetes várakozásokkal ellentétben a pocok nem vette észre könnyebben a fehér baglyot, viszont másként reagált a látványára, s főleg az erős holdfényes éjjeleken a viselkedésével sikeresebb vadásszá is tette a fehér baglyokat. A gyöngybagoly laborkísérletek során az álló, vagyis a lefagyott pockokat 100 százalékos sikerrel fogta meg, így a fehér tollazat ezt a lefagyást hosszabb ideig fenntartó válaszviselkedést sikeresen kihasználó adaptáció lehet. Mivel az utódok etetésekor jóval többet vadászó hímek esetében a tollazat színe sokkal erőteljesebben érvényesül, mint a tojóknál, feltehetően a fehér színváltozat elterjedése ennek köszönhető. A barna tollazat viszont strapabíróbb a beépült pigmenteknek köszönhetően, így előnye ennek is akad, főként nedvesebb, hidegebb éghajlaton.

(Nature Ecology & Evolution, 2019. szeptember)

FORAMINIFERÁK HELYETT TEKTIT

A Floridai Egyetem geológus hallgatóinak tanulmányaik során rendszeresen kell a floridai múltról árulkodó fosszilis kagylókat tartalmazó kőzetrétegeket vizsgálni. Egy ilyen alkalom során az egyik hallgató nem éppen a várt dolgokra bukkant. A 2,5 millió éves kagylóhéjak beltartalmának mikroszkópos elemzése során a keresett foraminiferák helyett aprócska, üvegszerű gömbökre lelt. Külön érdekesség volt,

hogy a kagylókat magában foglaló üledékes kőzetben nem talált gömböket. Mivel nem ez volt a feladata, a 200 ± 25 μm átmérőjű gömböket későbbi elemzésre félretette.

Évekkel később jutott csak idő az elemzésükre. Az ilyen gömbök magas hőmérsékleten alakulhatnak ki, például vulkánkitörés, bizonyos típusú ipari tevékenység, illetve meteoritbecsapódás következtében. A szinte kivétel nélkül teljesen homogén, áttetsző gömbök fény- és elektronmikroszkópos vizsgálatán túl röntgenspektroszkópia segítségével azok kémiai összetételét is meg tudta állapítani a kutató. Az összetételt összehasonlította a különféle eredetű, ismert szferulákéval, ez kizárta az ipari, illetve a vulkáni eredetet. A legnagyobb hasonlóságot mind a méretük, mind az alakjuk alapján azokhoz a mikro-tektitekhez mutatták, amelyek nagyobb meteoritok becsapódása nyomán keletkeznek.

A minták jelentős mennyiségben tartalmaznak nátriumot. A kutató és kollégái úgy vélik, hogy ez lehet a floridai alapkőzetek jellege miatt, és azért is, mert a közelben történt a becsapódás, továbbá a becsapódó égitest egy nagy sólerakódásba érkezhetett le, azonban nem ismerünk ilyen becsapódást Florida közelében.

Úgy vélik, hogy nagyon sok hasonló mikro-tektit lehet még a környéken, főként, ha valóban egy közeli, ám ismeretlen becsapódásból születtek. Van ugyan két olyan, tektiteket tartalmazó szórási mező Észak-Amerikában, amelyek részint lefedik Floridát is, ám ezek sokkal régebbiek, és ezekben a tektitekben nincs olyan nátrium-többlet, mint a most vizsgáltakban.

(Meteoritics and Planetary Science, 2019. július)

ŐSMADARAK A DÉLI FÉLTEKÉRŐL

A csontos fogú Pelagornithidae madarak ősi családjába hatalmas méretű, a tengerek fölött röpködő fajok tartoztak, melyek 2,5 millió évvel ezelőtt haltak ki végleg. Az eddig ismert leletek alapján azt gondolták róluk, hogy az északi féltekén fejlődtek ki, de most a család legidősebb és egyben legkisebb képviselőjét mégis Új-Zélandon fedezték fel. A 62 millió éves *Protodontopteryx ruthae* nem sokkal a dinoszauruszok eltűnése után jelent meg. Miközben a későbbi leszármazottak a valaha élt legnagyobb madarak közé tartoztak 5 méteres szárnyfesztávolságukkal, a Protodontopteryx mindössze egy átlagos sirály nagyságát érte el. Kis mérete ellenére a tudományos jelentősége

óriási, hiszen azt bizonyítja, hogy a csoport a déli féltekén alakult ki. A testfelépítése arra utal, hogy a későbbi pelagornithidákkal szemben, ezek még nem alkalmazkodtak ahhoz, hogy nagy távolságokra szárnyaljanak az óceán fölött. Csak kisebb utakat tudtak a levegőben megtenni, és a csőrük peremén lévő rövid, széles fogszerű nyúlványok segítségével kapták el a halakat a vízben. A későbbi fajoknak vékonyabb, tűszerű „fogaik" voltak, amivel a tintahalakra vadászhattak. A lelet felfedezésében és preparálásában amatőr gyűjtők játszották a főszerepet. A maradványt a Waipira Zöldhomok Formációban találták, ami már eddig is értékes leleteket szolgáltatott (ősi pingvinek, vagy a legidősebb trópusi madárfosszília). Új-Zéland a paleocén idején még nagyon különbözött a mai megjelenésétől, mivel trópusi éghajlaton terült el, és 25 fokos vizében korallzátonyok és hatalmas teknősök éltek.

(Papers in Palaeontology, 2019. szeptember)

EGY KIÁLLÍTÁS KÉPEI

Október a szüret ideje. Úgy tűnik, így vannak ezzel asztrofotósaink is. Idei termésüket a Természettudományi Múzeumban tárják a közönség elé, idén immár második alkalommal. Szűkebb és tágabb kozmikus környezetünk közel félszáz alkotó legszebb felvételein. A kollekcióból szemezgetünk borítólapunk harmadik oldalán. A tárlatot október 5. és nov. 3. között lehet megtekinteni.

Dr. Sáska László, a tanzániai magyar orvos és Afrika-kutató

Sáska László Erdélyben, Nagyenyeden született 1890. szeptember 26-án. Kilencen voltak testvérek, de ketten korán elhunytak. Édesapja, T. Sáska László asztalosmester, és édesanyja, Schuler Róza korán felismerték nagyobbik fiuk átlagon felüli tehetségét, és a nagy hírű Bethlen Gábor Kollégiumba íratták be.

Fiatalkora és iskolai évei

A kollégium elődjét a névadó fejedelem 1622-ben Gyulafehérváron hozta létre, majd I. Apafy Mihály fejedelem 1662-ben Nagyenyedre költöztette. Ehhez az iskolához kapcsolódik tanárként vagy diákként Erdély tudósainak, íróinak és művészeinek jelentős része. Itt tanult és tanított Apáczai Csere János, az első magyar enciklopédia megalkotója, Benkő Ferenc, az első magyar nyelvű ásványtan szerzője, és Ifj. Zeyk Miklós, az első erdélyi ornitológus. Itt tanított Pápai Páriz Ferenc, az első magyar nyelvű orvosi könyv szerzője, rektorprofesszor, a *Nagyenyedi két fűzfa* Tordai Szabó Gerzsonja. Itt tanult Benkő József polihisztor, nyelvész, botanikus, Erdély első leírója, Bod Péter, a Magyar Athenas szerzője, Bolyai Farkas, a későbbi sokoldalú professzor, Kőrösi Csoma Sándor, a tibeti-angol szótár és nyelvtan megalkotója, és Sipos Pál, az első eredeti magyar matematikai értekezés szerzője. Itt tanított Áprily Lajos költő, s itt tanult és tanított Vita Zsigmond irodalomtörténész is. Itt tanult két híres magyar festőművész: Barabás Miklós és Barcsay Jenő. Itt ismerkedett meg az irodalommal többek között Báró Kemény Zsigmond, Berde Mária, Makkai Sándor, Sipos Domokos, Szentimrei Jenő, Jékely Zoltán és Sütő András. Nem utolsó sorban itt tanult „Erdély Széchenyije", gróf Mikó Imre is.

Sáska László tanárai közül dr. Szilády Zoltán zoológus vált példaképévé, ő keltette fel tudományos érdeklődését a természet iránt. A nyári szünetekben diákként meglátogatta a Gyilkos-tó környékét, a Páreng-hegység sziklavilágát, Dalmácia sziklás karsztvidékét, Bosznia plitvicei tavainak vízeséseit, feltérképezte az erdélyi Runki-szoros barlangjait és lelkesen bővítette szeretett iskolájának természetrajzi gyűjteményét. Ezzel kapcsolatban két bejegyzést is találtunk a kollégiumi értesítőben:

1. *A rovargyűjtésben legszebb eredményt ért el Bányai Elemér VI. és Sáska László III. o. t.*
2. *Az ifjúság sorából legtöbbet gyűjtött Sáska László VI. o. tanuló a gyűjtemény-kezelő állandó segéde.*

1. ábra. Sáska László egy elejtett afrikai bivaly mellett

A gimnázium nyolc évéből hatot a nagyenyedi kollégiumban végzett. Általánosa az első négy évben jó volt, ötödikben és hatodikban pedig *elégséges*. Történelemből és természetrajzból *jeles*, mennyiségtanból *jó* és *elégséges*, geometriából *jeles* és *elégséges* osztályzatokat kapott. Általános osztályzata az első négy évben *jó*, ötödikben és hatodikban *elégséges*. Elsőtől ötödikig *egészdíjmentes*, hatodikban azonban csak *féldíjmentes* volt. Hatodikban gyengült az osztályzata, valószínű, hogy ezért hagyta abba nagyenyedi tanulmányait. Családja nem vállalhatta a megnövekedett tandíjat, ezért kilépett a kollégiumból.

Utolsó két gimnáziumi évét Tordán végezte el, ott is érettségizett 1910-ben. A tordai állami iskolában is megállta a helyét. Földrajzból és történelemből *jeles*, természetrajzból hetedikben *jeles*, nyolcadikban *elégséges*, mennyiségtanból mindkét évben *elégséges* volt, általánosa azonban mindkét évben csak *elégséges*.

Ezután Nagyenyed mellett, Nagyponoron aljegyzőként dolgozott. *„Itt is az erdőt járja, barlangok és vizek titkait vallatja, de a természet mondanivalói mellett feltárul előtte a hegylakók embertelen nyomora […] Az adóbehajtás szörnyűségeinek láttán megválik állásától, s mindent elkövet azért, hogy egyetemi polgár lehessen."*

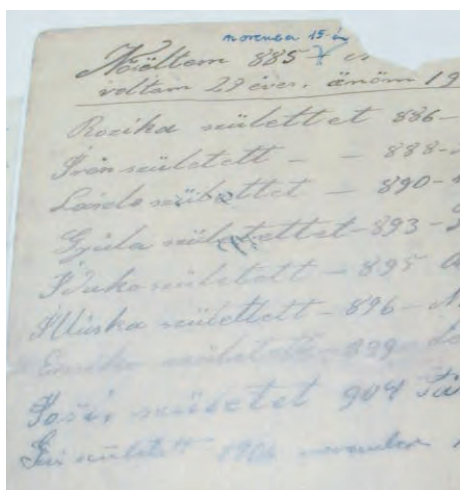
Összegyűjtött pénzén kezdte meg orvosi tanulmányait a kolozsvári egyetemen, de ennek befejezésére az I. világháború kitörése miatt már nem kerülhetett sor.

Sáska László szanitécként teljesített négyéves frontszolgálatot a nagyszebeni XII. hadtestnél. Ennek során sebesülést is szenvedett a lábán, amely utolsó afrikai éveiben sok keserűséget okozott neki. A háborúban nem csak a sebesülteket és a betegeket gyógyította, de kiváló ismereteket szerzett a fegyverek használatában is, amelyeket a későbbi vadásztevékenységeiben jól hasznosított. Vitézsége elismeréséül tüzérfőhadnagyi rangig jutott.

Magyarországi tevékenysége

Leszerelését követően orvosi diplomáját a Budapesti Tudományegyetemen szerezte 1920 novemberében. Az általános orvosi képesítése mellé a fogszakorvosit is megkapta.

2. ábra. Sáska László szülőháza



3. ábra. A Sáska-gyermekek anyakönyvi lapja

Egy évig Gödöllőn volt gyakorló orvos, majd Isaszegen 1921-től helyettes községi orvosként, a következő évtől pedig a harmadik önálló községi orvosként dolgozott. Nem csak a betegeket gyógyította, de a társadalmi élet egyik kimagasló személyisége is volt.

Sáska László orvosi, társadalmi és politikai karrierje a siker felé tartott, viszont szerelmes lett lánya gimnáziumi osztálytársába, az isaszegi Mojzsis Máriába, aki miatt feleségétől elvált. 1931-ben egy Olaszországban rendezett, rákbetegségekkel foglalkozó kongresszuson hallott először Kelet-Afrika tragikus egészségügyi problémáiról és orvoshiányáról, amely felkeltette kíváncsiságát. Kutatásai számára megfelelőnek látta a sokféle betegséggel küzdő Afrikát, ugyanakkor vonzotta őt a földrész gazdag növény- és állatvilága, és nem utolsó sorban nagyvadakra is lehetett vadászni. 1932-ben hivatalos levélben jelentkezett orvosként a berlini etióp konzulátuson, majd 43 évesen feleségül vette a 21 éves Mojzsis Máriát, és 1933 elején eldöntötték, hogy kivándorolnak Afrikába.

4. ábra. A nagyenyedi Bethlen Gábor Kollégium ma

5. ábra. Kedvenc tanára, Szilády Zoltán

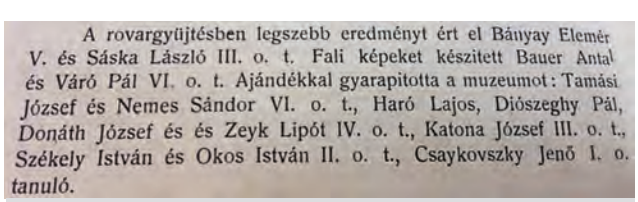
VIII. osztály.

Osztályfőnök: Major Sándor.

	A tanuló neve	Vallástan	Magyar nyelv	Latin nyelv	Görög nyelv	Görögpótló irodalom	Görögpótló rajz	Német nyelv	Történelem	Mennyiségtan	Természettan	Filozofia	Testgyakorlás	Magaviselet
	Bethlen Ödön gróf	2	3	3	—	3	3	2	2	3	3	2	1	1
	Bláha Gábor	1	3	3	—	2	2	3	2	3	3	2	1	1
	Bodóczi Árpád	1	1	1	1	—	—	1	1	1	1	1	fm.	1
	Bornemisza József	1	2	2	2	—	—	2	1	3	3	2	1	1
5	Czereán Demeter	1	1	2	1	—	—	2	1	3	3	2	1	1
	Csepreghy Aladár	1	2	3	—	2	2	3	2	3	3	3	2	1
	Fodor György	1	1	1	1	—	—	1	1	2	2	2	1	1
	Gombási János	2	3	3	2	—	—	3	3	3	3	3	1	1
	Kovács Gyula kim.													
10	Kövendi Ferenc	2	2	2	1	—	—	2	2	2	2	2	1	1
	Magyarósi Sándor	1	2	2	2	—	—	2	2	2	2	2	1	1
	Miron Zoltán	1	1	1	—	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Nagy Ákos	2	3	3	—	2	2	3	3	3	3	3	1	1
	Sáska László	1	2	3	1	—	—	2	1	3	3	1	1	1
15	Schublach Henrik	1	3	3	—	1	1	1	3	3	3	2	1	1
	Schupiter Elemér	1	2	3	—	2	2	3	2	3	3	3	1	1
	Simándi Tamás	1	1	1	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1
	Simonffy Sándor	1	1	1	1	—	—	1	1	1	1	1	1	1
	Sztojka László	1	3	2	1	—	—	2	2	2	2	3	fm.	1
20	Viski Ferenc	2	3	3	2	—	—	3	2	3	3	3	1	1
	Zalányi István	1	2	2	2	—	—	2	2	3	3	2	1	1
	Magántanulók:													
	Iván Sandor Olivér	3	3	3	2	—	—	3	2	3	3	3	—	—
	Lőrinczy Sándor	1	2	3	—	2	2	2	2	2	2	3	—	—
	Muciu János	2	2	2	2	—	—	2	3	3	3	3	—	—
	Papp Imre	2	3	3	—	2	3	3	2	3	3	3	—	—

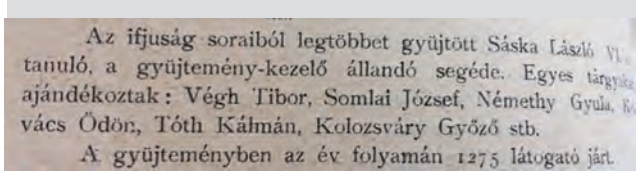
6. ábra. Nyolcadikos értesítője

Sáska László és ifjú felesége elindultak az ismeretlenbe. A szicíliai Cataniában gőzhajóra szálltak és először a franciák, angolok és olaszok között felosztott, koldusszegény Szomáliába mentek. Itt Sáska doktor több kirándulást tett az ország belsejébe azért, hogy megismerje a nomád törzsek életmódját, de a kellemetlen éghajlat és a kietlen homoksivatag kiábrándította, ezért néhány hónap múlva tovább utaztak.



A rovargyüjtésben legszebb eredményt ért el Bányay Elemér V. és Sáska László III. o. t. Fali képeket készitett Bauer Antal és Váró Pál VI. o. t. Ajándékkal gyarapitotta a muzeumot: Tamási József és Nemes Sándor VI. o. t., Haró Lajos, Diószeghy Pál, Donáth József és és Zeyk Lipót IV. o. t., Katona József III. o. t., Székely István és Okos István II. o. t., Csaykovszky Jenő I. o. tanuló.

7. ábra. Múzeumgyarapító munkájának bizonyítékai



Az ifjuság soraiból legtöbbet gyüjtött Sáska László VI. tanuló, a gyüjtemény-kezelő állandó segéde. Egyes tárgyak ajándékoztak: Végh Tibor, Somlai József, Némethy Gyula, Kovács Ödön, Tóth Kálmán, Kolozsváry Győző stb.

A gyüjteményben az év folyamán 1275 látogató járt.

Életútja Abesszíniától Arusháig

A Sáska-házaspár a független Etiópia fővárosában, Addisz-Abebába utazott. Több hetes álláskeresést követően Sáska doktor vállalta, hogy az ország déli tartományának, Szidámónak központjában, Yirga Alemben, a császári udvar orvosa legyen. Innen írja kedves tanárának, Szilády Zoltánnak a következőket: *„Nekem, mint erdélyi magyarnak hegy kellett. Átjöttünk Abesszíniába. Itt aztán már van hegy, több, mint kellene. Őstermészet, ősemberek és minden, amit az ember Afrikától vár. Régi vágyam teljesült, elértem Afrika ősvadonjait, csodálhatom állatvilágát, vadászhatom úgy, amint akarom és főként megvan a nyugalmam, nem bánt senki. Ismét rabja lettem a gyűjtésnek és az állatok megfigyelésének …"*

1934-ben egy több mint 4000 kilométeres expedíciót szervezett, melynek során bejárta az Etióp-magasföld ősrengetegeit, a Dél-Etiópiai nagy tavak vidékét, felkereste a mocsarak trópusi lázzal fertőzött vidékeit is. A Margaréta-tó (mai nevén Abaya-tó) környékének papirusz mocsarjaiban és akácia erdőiben vadászott, a folyóvölgyekben végzett zoológiai gyűjteséket.

Az itt szerzett botanikai és zoológiai gyűjteseinek nagy részét Belgiumba és Svédországba küldte, mivel a magyar múzeumoknak akkoriban nem volt szükségük azokra. Küldött azonban értékes darabokat a nagyenyedi és a zilahi kollégiumok részére is. Felfedezései között találhatók az *Amorphophollus abessinicus sascai* nevű növény és két vízi atka, az *Oxus Sáskai*, valamint a *Piona angulata var. Sáskai*. A Gidabo torkolatvidékénél távcsővel megfigyelt egy vízilónál háromszor nagyobb állatot, amelyről ma sem tudunk semmi bizonyosat.

Amikor 1935-ben megkezdődött Etiópia olasz megszállása, Sáska László és felesége Addisz-Abebába utazott. Miután a császár külföldre menekült, ott sem voltak már biztonságban. 1937-ben az olaszok lefoglalták orvosi rendelőjét. Két hét múlva a Sáska házaspár távozott az országból és Dar es Salaamba, az angolok által megszállt Tanganyika fővárosába menekült.

1938-ban jegyezték be orvosnak. Rövid ideig a Dél-Tanganyikai magasföldön, Iringában vezette 16 szobás klinikáját, majd a kedvezőbb éghajlatú Arushában telepedett le. Házuk a 4566 méter magas Meru-vulkán tövében állt, kertjükben volt Kelet-Afrika egyik leggazdagabb rózsagyűjteménye, sok trópusi növénynyel és színes madárvilággal. Kiválóan beszélt németül, angolul, olaszul és románul, de szuahéli nyelven is. Ez, valamint az amhara és a galla nyelv értése sokat segített neki az őslakók és az európaiak kezelésében és tudományos munkájában is. A bennszülötteknek ingyenes szolgáltatást biztosított, megélhetésüket első sorban európai betegeinek anyagi hozzájárulásai fedezték.

Olyan nagy tekintély övezte és annyira bíztak benne, hogy a második világháború idején sem száműzték a Sáska-családot, mint ahogy azt az Angliával ellenséges

országok többi polgárával tették. Így folytathatta természettudományos kutatómunkáját a Kilimandzsáró, a Meru-vulkán, a Manyara-tó és a Ngorongoro-kráter környékén, közben pedig vadászott és gyűjtött Kenyában, Ugandában és a Kongó-medencében is.

Sáska László megismerkedett és levelező viszonyban állt többek között Albert Schweitzerrel. Tartós kapcsolat fűzte Ernest Hemingwayhez, akivel még Iringában ismerkedett meg. Az író feleségét, később pedig fiát és menyét is kezelte.

A hosszú évekig kitartó, szorgalmas munkájának köszönhetően Sáska László Afrika egyik legnépszerűbb orvosává vált. Erős szervezete jól viselte Afrika éghajlatát, de a világháborús sebesülése, fájós lába miatt egy idő után már nem tudott kijárni a betegekhez, nyolcvanöt évesen is még dolgozott. Betegeinek gyógyításából és gyűjteményeinek értékesítéséből soha nem gazdagodott meg. Nyugdíja nem volt, hűséges felesége ünnepi alkalmakra készített virágcsokrainak eladása hozott valami jövedelmet a családnak. Pénzét rákkutatásra és tudományos expedíciókra költötte.

8. ábra. 1917-ben készült fotó a frontról, ahol Sáska László szanitécként szolgált

1972-ben, a Román Orvostudományi Akadémia tagjai közé választotta. Ez alkalommal Nagyenyedre is ellátogathatott, de csak rövid időt tölthetett sógornője lakásában, mert végig vele tartott egy titkosrendőr is. . Élete utolsó napján is beteget fogadott, végül 88 évesen, 1978. november 8-án hunyt el. A Meru-vulkán lábánál, Arusha temetőjében temették el.

Írásai és az utókor emlékezete

Sáska László cikkei Afrika állatvilágáról a *Magyar Vadászújságban*, A *Földgömbben* és a *Természettudományi Közlönyben* jelentek meg. Filmfelvételei és diaképei, trófeáinak gyűjteménye hatalmas értéket jelentenek. Gyűjteményeit a Nemzeti Múzeum, a Magyar Természettudományi Múzeum őrzi. *A maláriától a rákig* című 1939-ben megjelent könyvében ismertette a rákkal kapcsolatos kutatásainak eredményeit. Érdemeit elismerve az Angol Rákkutató Intézet levelező tagjává választotta, a Semmelweis Orvostudományi Egyetem küldöttsége pedig nyolcvanadik életéve alkalmából jubileumi arany díszoklevelet adott át neki.

Szüleim generációja élvezettel olvasta *Életem Afrika* című könyvét, amelyet Xantus János, kolozsvári biológus tanár és tudománynépszerűsítő író rendezett sajtó alá.

A Magyar Tudományos Afrika Expedíció 1988-ban koszorúzta meg nyughelyét. Hagyatékának egy részét akkor felesége az érdi Magyar Földrajzi Múzeumnak adományozta, ahol mellszobrot is állítottak neki. Isaszeg lakossága márványtáblán őrzi kedves orvosának emlékét.

Xantus Gábor filmrendező 1997-ben, Xantus János fia 60 perces dokumentumfilmet készített munkásságáról *Életem Afrika — Dr. Sáska László nyomdokain* címmel. A kötetből kimaradt cikkeiből Győrfy Dénes, a Bethlen Könyvtár könyvtárosa, 2001-ben egy kötetre valót állított össze *Nagyenyedtől az Egyenlítőig* címmel.

Tizenhét részes dokumentumfilm-sorozat is készült Sáska Lászlóról, *Életem Afrika — életrajzfilm* Dr. *Sáska Lászlóról* (2003). Szerzője Cséke Zsolt, aki egy öreg terepjáróval végigjárta az orvos afrikai állomáshelyeit. Arushában már csak Sáskáék házát találta meg, amelyben egy indiai üzletember lakott, az orvos tárgyi emlékeit már elszállították. A filmből tudjuk, hogy a dokumentumok, amelyeket felajánlottak a tanzániai magyar nagykövetségnek, sajnos érdeklődés hiányában tűzre kerültek. Szomorú sors jutott annak a kincsesbányának, amelyből az orvos és természetbúvár életének kutatói sok értékes információt oszthattak volna meg az utókorral.

2009-ben Pusztai Gabriella történész muzeológus *Arusha magyar orvosa, Dr. Sáska László* című tanulmányában emlékezik meg a nagyenyedi származású orvos életéről és munkásságáról.

9. ábra. Az *Életem, Afrika* könyvborítója

Mi őrzi emlékét Nagyenyeden?

Megpróbáltam követni Sáska László életútját Nagyenyedtől Arusháig úgy, ahogy életének kutatói megírták azt. Iskolai éveiről a nagyenyedi és tordai értesítők alapján fogalmaztam meg egy kis beszámolót. A következőkben a Nagyenyeden található tárgyi emlékekről és dokumentumokról készítek összefoglalót.

Sáska László neve felkerült a nagyenyedi Bethlen Gábor Kollégium dicsőségtáblájára és az iskola felújítását követően, 2016-ban egyik termünket róla neveztük el.

A kollégium kismúzeumának egyik sarkában őrzünk egy kis Sáska László gyűjteményt, amelyet Xantus Gábor filmrendező adományozott iskolánknak. Ő Sáska halála után járt Arushában, ahol felkereste az orvos özvegyét, interjút készített vele és filmezett a helyszínen.

A gyűjtemény a következő tárgyakból áll:

- egy fénykép, amely 1917-ben készült a fronton, ahol Sáska szanitécként szolgált
- két afrikai fénykép, az egyiken Sáska egy elejtett afrikai bivaly mellett, a másikon feleségével egy elejtett orrszarvúval
- két doboz filmtekercs
- egy doboz mikroszkóp üveg
- egy fülvizsgáló tükör
- egy fülvizsgáló orvosi készlet
- egy vérnyomásmérő karszorító része
- egy ceruzahegyező

Az arushai dokumentumok sajnos nagy részben tűzre kerültek, Nagyenyeden azonban van remény megmenteni az Afrika-kutató által családjának küldött leveleket és fényképeket. Sógornője, Sáska Ida orvos biztos gondosan őrzi ezeket. Sajnos előrehaladott kora és betegsége megakadályozza, hogy vendégeket fogadjon.

Szemétdombon hányódó kincs!

Körülbelül tíz évvel ezelőtt T. I. nagyenyedi lakos a városi szeméttelepen talált egy iratokkal teli kopott aktatáskát, amely Sáska doktornő lakásából kerülhetett véletlenül a szemétre. Megtalálójuk felajánlotta az érdeklődőknek, de mivel túlértékelte őket és nagyon megrongált állapotban voltak, vevő nem akadt. Az iratok Dvorácsek Ágoston kollégiumi tanárnál voltak megőrzés végett, aki idén ősszel kénytelen volt visszaszolgáltatni T. I.-nek. Előtte azonban a megtaláló beleegyezésével fotó- és fénymásolat készült a dokumentumokról, így én is átnézhettem azokat.

Az aktatáskában egy verses és énekes füzet mellett, amelyeket valószínű, hogy Sáska Ida doktornő jegyzett fel, családi iratok, valamint huszonegy levél is található, közöttük a doktor, illetve felesége által Afrikából küldött levelek és levéltöredékek. A leveleknek egy része személyes jellegű, a Sáska házaspár hétköznapjait, örömeit és gondjait osztják meg, van azonban három,

10. ábra. Sáska László feleségével, és egy elejtett orrszarvúval

11. ábra. Filmtekercsek

12. ábra. Egy vérnyomásmérő karszorító része

13. ábra. . Fülvizsgáló orvosi készlet

amelyben kirándulásaikat írják le. Ezek élvezetes olvasmányok, részletes leírások, gyakran humorosan előadva. Ezeken kívül két Sáska László által írt cikk is helyet kapott a táskában, az egyik 1961-ben jelent meg a *Természettudományi Közlöny* júniusi számában (*Egy trópusi sáskáról*), a másik pedig a kolozsvári *Korunk* folyóirat 1964-es 7. számában (*Afrika óriásfája*), ez utóbbihoz Xantus János írt előszót.

Tanulmányom terjedelme csak egy kis bepillantásra ad lehetőséget a felsorolt dokumentumokba. Remélem, hogy ezzel felkelthetem az érdeklődést e kéziratok iránt és talán egy terjedelmesebb beszámoló is elkészül majd valamikor.

Sáska és felesége több levelükben afrikai kirándulásaikról is beszámolnak nagyenyedi rokonaiknak. Kiválogattam egy pár érdekesebb leírást.

1948. szeptember 9-én Mwanzából, a Viktória-tó partjáról a következőket írják: *„Érdekes megfigyelni a különböző vízimadarak utolsó szárnytornájukat a lemenő nap*

14. ábra. Az iskolamúzeum Sáska sarka

15. ábra. Ceruzahegyező

16. ábra. Egy doboz mikroszkópüveg

17. ábra. Fülvizsgáló tükör

sugaraiban. A búvármadarak megpróbálják még egyszer egy sziklacsoportra szállva, szárnyukat széjjel vetve szárítani. A legérdekesebb talán a jégmadár, amint egyhelyben tartja magát a folytonos villámgyors szárnycsapásokkal, hogy a kiszemelt halfiókát el ne eressze valahogy szemelől, és hogy kellő időben kiszámítva villámgyorsan rácsapjon a közvetlen vízfelszín alatt levőre s elrepüljön a megérdemelt zsákmányával."

1949. október 31-én keltezett levelükben a Tarangire rezervátumban tett kirándulásukat részletezik: *„120 mailra (így írják leveleikben a mérföldöt) messze Arushától van ez a része a folyónak. A helyre megérkezve egy sietős elefánt bikát kaptunk, valószínű, hogy éppen a vízkeresésben zavartuk őt meg, mert ott, ahol át kell mennünk az autónkkal a folyón, a víz elsüllyed a föld, azaz a homok alá, de az elefánt az ormányával szép kis kerek lyukat fúr a földbe addig, amíg a vízhez nem ér s akkor onnan szívja ki szépen a vizet. El is rontotta a száraz gallyakból megépített hidunkat, mert a kutat pontosan aláfúrta. […] Dehát csak így szép a vadonságban való élet, ha akadályokba ütközik minduntalan az ember."*

A következő levélrészlet nincs keltezve: *„A vidék Dodomáig pompázatosan változatos. Hegynek fel óriáskígyó alakulatú szerpentin utakon vezet fel bennszülött vezetőnk, biztos kézzel. De mintha csak játék kocsikázásra mennénk, mert a hegy csúcspontját elérve íme újból leereszkedünk a végtelen mélységbe. Pompás őserdőkön száguldunk keresztül szinte elvész a motor zaja ebben a csodás sűrű lombsátor rengetegben. Dodomához közelítve autónk sziklás kopár hegyek világhoz visz bennünket. Óriás kudu antilopokat, békésen legelészve, hagyunk el magunk mellett."*

Ugyancsak a Viktória-tó partjáról, keltezés nélkül írja felesége a következőket: *„Mwanza éghajlata nagyon meleg. Amit majdnem elviselhetetlenné tesznek a sziklafalak, amelyek magukba fogják az nap égető sugarait s mint valami óriási kemencék szórják magukból a meleget. Ha a krokodilokat nem is, de a tóról magáról sikerült egy pár szép alkonyati képet levenni, jól lehet látni azon a képen, ahol a sziklákon a különböző fajtájú vízimadarak az esti pihenőjüket tartják. Be kell valljam, hogy itt már féltem egy kicsit. Meg is jegyeztem Lacinak, ha most egy krokodilus jön vajon melyikünket válassza kettőnk közül. A krokodilusnak ugyancsak mindegy, mondta Laci és annak is akit elvisz és nem mindenkinek okvetlen szükséges ágyban párnák közt halni meg. Bármennyire is felvidítottak a jókedvű válaszok a gyanúmat mégsem tudta eloszlatni semmi. Meg voltam győződve, hogy a halál igen közel leselkedik ránk krokodilus formájában."*

Sáska László különös humorát illusztrálják az Arushából 1969. június 22-én írt sorai: *„Ez mindenki sorsa, de mivel olyan ember még nem született, aki meg nem halt volna ezen kár keseregni!! Én úgy intézkedem, hogy a fejem alá annak idején egy kis jófajta sonkás vagy szalámis kenyeret tegyenek egy két kortyocska itókával együtt. Nagy az út mindkét oldalra, ha jól megfontolom a dolgot. Egekbe is hosszú, pokolba is hosszú!! Nem lehet tudni, hogy mi adódik… hát a kis szendvics jól fog esni, ha Szent Péter hosszabb ideig bezárva tartja az orrom előtt az ajtót!"*

Nem tudom mennyire ismerős Sáska László munkássága, de ott, Afrikában nagyon sokan ismerték a fehér orvost. Hogy mennyire, azt illusztrálja a következő történet, amelyet *A hét* folyóirat szerkesztője, Ágoston Hugó, jegyzett le 1972-ben, amikor az orvos hazalátogatott: *„Tudod, volt nekem egy szép filckalapom, azzal szoktam vadászatra menni. Volt azon két lyuk — na, nem golyó ütötte —, hogy az egyenlítői melegben egy kissé szellőzzék a fejem. A kalap sokáig kitartott, persze a végén már kissé kopott volt, főleg elől. Egy nap aztán […] szól a feleségem, hogy így már nem lehet járni. Fogtam magma és eldobtam a kalapot. Másnap beállított három lándzsás bennszülött, azt mondták, biztosan elvesztettem, de ék megismerték és visszahozták. Nahát."*

Remélem, hogy írásom hozzájárulhat ahhoz, hogy minél többen megismerjék a nagyenyedi kollégium egyik leghíresebb utazójának életét és életművét!

KARSAI NOÉMI

IRODALOM

A Nagyenyedi Ev. Ref. Bethlen Kollégium 1904-1905 Tanévi Értesítője, Kiadja Az Igazgatóság, Nagyenyed 1905

A Nagyenyedi Ev. Ref. Bethlen Kollégium 1905-1906 Tanévi Értesítője, Kiadja Az Igazgatóság, Nagyenyed 1906

A Nagyenyedi Ev. Ref. Bethlen Kollégium 1906-1907 Tanévi Értesítője, Kiadja Az Igazgatóság, Nagyenyed 1907

A Nagyenyedi Ev. Ref. Bethlen Kollégium 1907-1908 Tanévi Értesítője, Kiadja Az Igazgatóság, Nagyenyed 1908

A Nagyenyedi Ev. Ref. Bethlen Kollégium 1908-1909 Tanévi Értesítője, Kiadja Az Igazgatóság, Nagyenyed 1909

A Nagyenyedi Ev. Ref. Bethlen Kollégium 1909-1910 Tanévi Értesítője, Kiadja Az Igazgatóság, Nagyenyed 1910

A Tordai M. Kir. Állami Főgimnázium Értesítője Az 1910-1911-Iki Tanévről, Közli Simon Ignác Igazgató, Torda 1911

A Tordai M. Kir. Állami Főgimnázium Értesítője Az 1911-1912-Iki Tanévről, Közli Simon Ignác Igazgató, Torda 1912

Pusztai Gabriella Arusha Magyar Orvosa, Dr. Sáska László Elektronikus Újra Közlés: Ahu Magyar Afrika-Tudás Tár — 000.000.305, File:///C:/Users/Bgk/Downloads/Pusztai_2009_Arushasaska.Pdf

Szendrő Dénes 125 Éve Született Nagyenyed Diákja, Isaszeg Orvosa, Afrika Gyógyítója: Dr. Sáska László, Https://Honlap.Parokia.Hu/Data/Attachments/2016/04/04/Sáska_László_125.Pdf

Sáska László: Afrika Óriásfája, Előszó: Xantus János, In Korunk, 27 Évf. 7. Sz., 1964

Nagyenyedtől Az Egyenlítőig — Sáska László Afrika-Kutató Hagyatékából, Válogatta És Sajtó Alá Rendezte Györfy Dénes, Tinivár, Kolozsvár, 2001

Cséke Zsolt: Életem Afrika — Dr. Sáska László Nyomdokain, Film

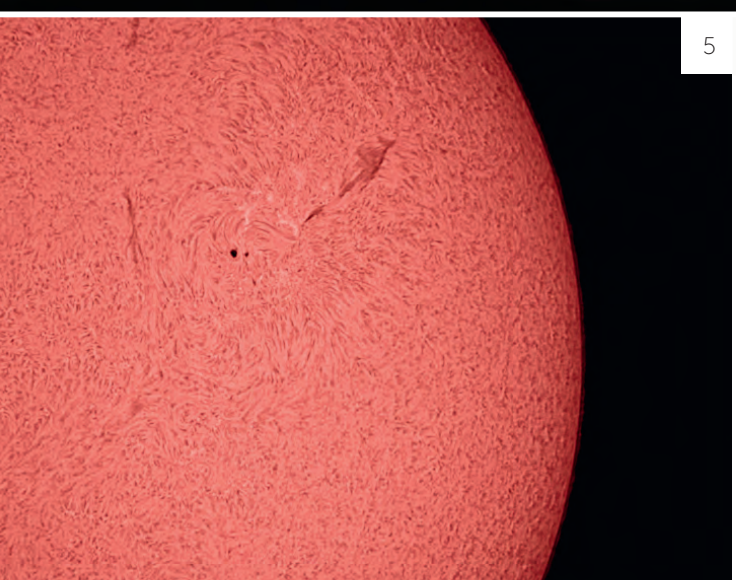
A T.I. Által Talált Aktatáska Dokumentumai

1

2

3

4

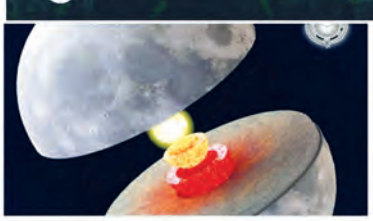


5

Egy kiállítás képei

1. Bagi László: Lángoló csillagköd
2. Kurucz Péter: Androméda magvidék
3. Szémár Ferenc: A Tejút, a Jupiter és a Szaturnusz a forgó űrhajóból
4. Rozner Péter: Öt hold
5. Szűcs Mátyás: Félbevágott napkorong

Megújult honlapunk: termvil.hu

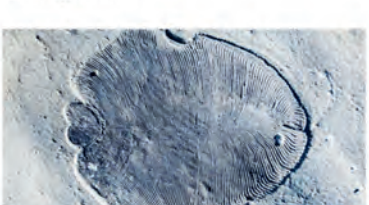


LAPSZÁM

2019. január

ÜRHAJÓZÁS

Újévi randevú — A New Horizons

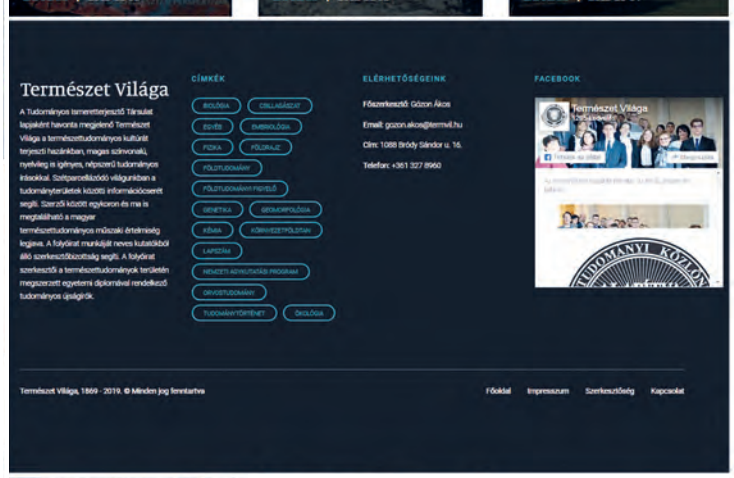


FÖLDTUDOMÁNYI FOGALMAK

A földtörténet úttörői

ÉMBERVILÁGUNK

A házityúk-ivarszerv kialakulásának érdekességei — Tyúkok, tojások, össejtek



nka
Nemzeti Kulturális Alap

9 770040 371316 19010