

„Keresni, várni, semmit sem akarni,
Szeretni, vágyini, egyedül maradni,
Nézni a világot becsukott szemekkel,
Látni azt, amit még nem látott ember,
Gyönyörködni titkos, mély harmóniákban,
Emlékezni arra, mit sohasem láttam”
(Teller Ede)

PORTRÉ:

BARANYI JÓZSEF BIOMATEMATIKUS

Baranyi József széles körben ismert biomatematikus. A róla elnevezett Baranyi-modellt szerte a világon használják. Jelenleg az Egyesült Királyság neves norwichi kutatóintézetének egy kutatócsoportját vezeti, s tagja a Magyar Tudományos Akadémia Környezetvédelmi és Élelmiszerbiztonsági Bizottságának is.

Szülei kunszállási parasztok gyermekei voltak. Felgyorsult világunk jó irányú változása, hogy ők is tanulhattak. Id. Baranyi József Kecskemét és főként a hunyadivárosi iskolák, óvodák ismert, közkedvelt fotósa: nyugdíjazása előtt matematika-fizika szakos, Mikola-díjjal és Kiváló Pedagógus elismerő címmel kitüntetett tanár. Édesanyja matematika-kémia szakos tanári állása mellett egyetemi végzettségű mérnök-biológussá képezte magát. József hétéves volt, amikor szülei állást kaptak a kecskeméti Kertészeti Technikumnál (a későbbi Főiskolán), s a megyeszékhelyre, a Béke fasorra költöztek.

József a matematikát úgymond az anyatejjel szívta magába. Mikrobiológiai érdeklődése kialakulásában édesanyja játszhatott szerepet, akinek felfelé ívelő pályájára a rákkal való két évtizedes küzdelem nyomta rá a bélyegét. Kedves alakja és korai halála József számára ma is fájó emlék. – A pályaválasztás mégsem volt egyszerű. A magyar és matematika tanulmányi versenyek állandó résztvevőjeként az általános iskola végén két választás között őrlődött. Azt, hogy Baranyi József nem éppen író lett, mondhatni a véletlen szülte: mindkét szeretett tantárgya tanulmányi versenyének országos döntője ugyanazon a napon volt. Ma is legkedvesebb tanárai között említi Szekér Endre tanár urat a Katona József Gimnáziumból, aki még évtizedek múltán is meg-meglepte tanítványát egy-egy Márai-kötettel.

A nyolcvanas évek második felétől felgyorsulnak életében az események. Felsőfokú angol nyelvvizsgát szerez, kandidátusi vizsgát tesz le a MTA Számítástechnikai és Automatizálási Kutató Intézetében, s meghívják Svédországba vendégkutatónak. Az Uppsalai Egyetemen a gyakorlatban is megtapasztalja az interdiszciplináris kutatás lényegét: nem mikrobiológiai és nem matematikai újdonságokra van szükség, hanem a két tudományág kapcsolatának kiaknázására. Munkájának ez az irányultsága máig megmaradt. Kutatásainak legfontosabb eleme annak megkeresése, hogyan lehet biológiai kérdéseket feltenni (modellezni) a matematika nyelvén.

A külföldi kutatás és a kecskeméti műszaki főiskolai állás egyre nehezebben volt összeegyeztethető, így amikor munkatársat kerestek a szigetország egyik akadémiai intézetébe, Readingbe egy új prediktív mikrobiológiai program beindításához, a lehetőséget azonnal megpályázta. 1990. október 1-jén érkezett ide feleségével és két kisiskolás gyermekével, s két év múlva, Anna hercegnő látogatásakor már ő mutatta be az intézetben azt az új számítógépes programot, amellyel megbecsülhető az élelmiszerek mikrobiológiai stabilitása. 1993-ban publikálta a hivatalos jelöléssel 'Baranyi-model'-ként ismert matematikai modell leírását, mely komoly nemzetközi elismerést hozott a számára, s

használata mára szerte a világon elterjedt. A Föld minden tájára hívják a modell alkalmazásának betanítására, így meghívást kapott ausztrál kutatóintézetektől, a Bolognai Egyetemtől és amerikai intézetektől is. Látogató kutató volt Bostonban, Philadelphiában; tudományos műhelyeket tartott Singapore-ban, Kuala Lumpurban, Bangkokban, Melbourne-ben, New Orleansban, Bogotában, Madridban és más európai városokban. Az utóbbi tíz évben szinte minden hónapra jut egy-egy utazás. Munkája alapjául szolgál további tudományos kutatásoknak. Mint a 'Web of Science' honlapja kimutatja, mára 2000 felett van azon tudományos cikkek száma, amelyek Baranyi József valamely publikációjára hivatkoznak.

A readingi intézetet 1998-ban a Norwichban működő laboratóriumhoz csatolták. Baranyi József ma ebben a városban irányítja a 'Computational Microbiology' elnevezésű kutatócsoportot, melynek keretében vendégkutatókkal és PhD-ösztöndíjasokkal, 6-8 fővel dolgozik együtt. Az angliai intézet kutatócsoportjának nemzetközi összetétele is érdekes. Az egyetlen angol kutató mellett franciák, spanyolok, olaszok alkotják a csoport gerincét, emellett más európaiak is jönnek tanulmányutakra, sőt jelenleg egy kínai hallgatójuk is van.

A Baranyi-modell alkalmazásához, s más kutatásokhoz nagy számú mikrobiológiai adatra van szükség, miközben a különböző kutatók más és más módon tárolják ezeket. Baranyi József 'ComBase' néven kifejlesztett egy univerzálisan használható adatbázis struktúrát, amit a brit Mezőgazdasági Minisztérium, később az Élelmiszerbiztonsági Hivatal is átvett. Az adatbázisnak ma már az amerikai Mezőgazdasági Kutatási Hálózat is felhasználója. Szívesen tart a világ különböző egyetemein ComBase tudományos műhelyeket. Ezek száma már meghaladta az ötvenet.

„A matematika célja a dolgok leegyszerűsítése – írja egy önéletrésében – annak érdekében, hogy a lényegyet kiemeljük. A matematika nem formulák tárháza, hanem a lényegtelentől való elvonatkoztatás művészete.”

AZ ÉLELMISZERBIZTONSÁGTÓL A FÖLD BIZTONSÁGÁIG - BESZÉLGETÉS BARANYI JÓZSEF BIOMATEMATIKUSSAL -

Baranyi Józseffel édesapja kecskeméti otthonában találkoztunk. Utólag is köszönet illeti, amiért minden kérdésünkre őszintén, bensőséges komolysággal válaszolt:

- Idegenbe szakadt hazánkfiti sokféle módon élük meg a kintlévőségüket. Ön hogyan?

- Én igazából el sem mentem, csak épp kint végzem azt, amire itthon nem nyílta lehetőségem. Szinte havi gyakorisággal jövök haza az édesapámhoz és a barátaimhoz. Összehasonlításl: a kollégáim, akik Írországból vagy Skóciából jöttek ebbe az angliai intézetbe dolgozni, jóval ritkábban járnak haza. A feleségemmel kezdetektől fogva fontosnak tartottuk ezt. Gyakran hazajöttünk már a kezdeti időszakban is, amikor még rosszabb anyagi körülmények között éltünk kint, mint itthon. Zsuzsi akkor még nem keresett, az én fizetésem pedig jószerivel elment a lakbérre, s ebből a kevésből még azt is kiszorítottuk, hogy a gyerekeink minden szünidőben hazajöjjenek pár hétre. Nem mondtunk le a magyar állampolgárságról sem, a mai napig kettős állampolgárokként vagyunk bejegyezve. Ezt a helyzetet én nem úgy tekintem, hogy elmentem és visszajövök-e, hanem úgy, hogy Angliában dolgozom, s a társasági életem jó részét továbbra is Magyarországon élelem.

- Kimagasló tudás, kitartás, szerencse? Mi kell ma a tudományos életben a világhírhez?

- Az én tudásom nem volt több vagy különlegesebb, mint sok más magyar kollégámé, csak az irányultságom, a megcélzott kutatási terület volt az, aminek a kibontakoztatásához szélesebb körben kellett keresnem a lehetőségeket. Nagy szerencsém volt abban, hogy az én matematikai affinitásomra épp igen nagy szüksége volt a leendő munkaadóimnak. Ha lett volna olyan angol, aki akkor épp ezzel foglalkozik, én bizonyára szóba sem jöttem volna. Amit végzek, az a tudomány második vonalába tartozik, de ott fontos. Az eredmények pedig azért jelentkezhettek, mert lehetőséget kaptam rá, hogy produkáljam őket. Ha nem kapok fórumot, akkor nem jó matematikus vagy rossz matematikus vagyok, hanem ismeretlen matematikus.

- Erre mondják azt, hogy agyelszívás Magyarországról...

- Gyermekkorom idején a disszidálás ritkán előforduló és elítélendő dolog volt. 1990-ben az elsők között voltam, akik legálisan mehetek nyugatra dolgozni. A mai fiatalok ezt már sokkal könnyebben megtehetik. A gyerekeim két év alatt sajátították el az angol nyelvet úgy, hogy azt magyar akcentus nélkül beszélni tudják. Az unokáim vélhetőleg már két anyanyelv mellett nevelkednek, de ha a kilencvenes évek elején itthon maradok, ez a folyamat egy másfél évtizedes késéssel – a gyermekeim széles körű érdeklődése révén – akkor is bekövetkezhetett volna. Ha valaki olyan légkörben nő fel, ahonnan rendelkezik egy világra való rálátással, szinte természetes, hogy az egyetemi diploma megszerzése után ki szeretné próbálni magát külföldön, ahogyan a népmesék vándorló mesterlegényei is a világot járva tökéletesítették a tudásukat. Más kérdés, hogy a szakmai fejlődés, előrelépés lehetőségéhez jutott, s a párkapcsolatra is épp legfogékonyabb életkorban lévő huszonévesek kint alapítanak-e családot, vagy idővel mégis hazajönnek. Statisztika van arról, hogy mióta a „fapados” olcsó repülőjáratok beindultak Európában, ugrásszerűen megnőtt a kint szerencsét próbáló magyarok száma. Magyarország nagyon sok jó matematikust, fizikust, mérnököt képez, és a gazdaságnak nincs ennyire szüksége. Nevezhetjük ezt agyelszívásnak is, de a tudományos munkatársak részéről a kintmaradás csak a munkájuk kiteljesedését jelenti. Ahogy egy agysebész sem megy vissza a falujába körzeti orvosnak.

- A családi, baráti kapcsolatok mellett a munka is visszahívja?

- A munka nem hív, hanem én teremtem. A kutatásaimat megpróbálom olyan módon kiterjeszteni, hogy abba magyar kollégák is bevonhatók legyenek. Például a BACANOVA (Bacteria + Analysis of Variance) projektben öt EU-kutatóintézet, egy ausztrál és egy amerikai laboratórium vett részt a koordinálásom alatt. A svédországi csapat vezetője a szintén Kecskemétről származó Ballagi András volt: egykori gimnáziumi osztálytársam. (Andrást onnan is ismeri a szakma, hogy igen újszerű ötlettel állt elő az egyéni sejtek osztódásának mérésével kapcsolatban.) Kettőnk kezdeményezésére a projekt egyik tudományos ülését Kecskeméten, diákéveink városában tartottuk. Ez évben is pályázunk EU-projektekre magyar kollégákkal.

- Könnyű nemzetközi szinten együttműködni a magyar kutatókkal?

- Volt már olyan, amikor igencsak meg kellett indokolnunk, miért is van szükség egy európai projektben magyar résztvevőkre. Meg kellett találni, mi az a szakértelem, amit a projekten belül magyar részről érdemes biztosítani. Ha nincs olyan profilja a magyar partnernek, amire azt mondhatnánk: „Igen, ezt a legjobban itt végzik Európában!”, akkor is érdemes keresni az együttműködés, együttgondolkodás lehetőségét. Ezt segíti, hogy EU-

pályázatok esetében a projekt résztvevőinek nemzetiségi összetételénél nagyra értékelik a kelet-európai részvételt. Brüsszeli irányelv az is, hogy a kis- és középvállalkozásokat (SME) be kell hozni a kutatásfejlesztés gyakorlati alkalmazásának közegébe. Azon túl, hogy az adott kutatási területen ezek a cégek közvetlen tapasztalatokat szereznek, és adatokat szolgáltatnak a kutatók számára, ez igen kifizetődő is a bevont vállalkozások számára. Van olyan kiírás, ahol a projekt költségvetésének harmadát kötelezően SME-k kapják. Francia, dán, görög és a mi angol kutatóintézetünk közös pályázatába sikerült nemrég két magyar középvállalatot is bevonni, akik – ha sikeres lesz a pályázat – 150.000, illetve 200.000 Eurót kapnak ezért a munkáért.

- **Milyen kapcsolatban van a MTA-val?**

- A Magyar Tudományos Akadémia Környezettudományi Elnöki Bizottság Élelmiszer-biztonsági Albizottságának vezetője prof. Dr. Farkas József akadémikus úr, akit a magyar élelmiszertudomány doyenjeként tartanak számon. Ő kezdettől figyelemmel kísérte a prediktív mikrobiológiára irányuló kutatásaimat. Ez a tudományterület az élelmiszerek romlását okozó baktériumokkal foglalkozik, s nagyban segíti az élelmiszerek biztonságos fogyaszthatósági idejének meghatározását. E területen az én kutatásaimhoz köthető legfontosabb lépés az volt, hogy megpróbáltam matematikai nyelven leírni egy biológiai folyamatot: modelleztem az élelmiszerek romlásáért felelős baktériumok viselkedését. Ez olyannyira sikerült, hogy mára az egyik legidézettebb ún. prediktív (előrejelző) modell az én nevemhez fűződik. Mivel a becsült értékek a mikrobiológiai kockázatvállalás alapjai, a modell a kereskedelemben is alkalmazható.

Nap mint nap kerülnek új élelmiszerek piacra, melyeket ezt megelőzően különböző szempontok alapján vizsgál a hatóság. A felhasználhatóság időtartamának meghatározását korábban drága kísérletekkel végezték. Prediktív mikrobiológiai számítógépes szimulációkkal lényegesen gyorsabban és költségkímélőbb módon végezhető mindez. A modell használata jelentős előrelépést eredményezett az élelmiszerbiztonsági szttenderdek kialakítása terén is. Az egységes szabályozók felállítása nem kis lépés, ha tudjuk, hogy akár csak Európán belül is milyen eltérőek voltak az egyes országok élelmiszerbiztonsági határértékei.

Két éve kaptam meghívást a MTA Farkas József akadémikus úr által vezetett albizottságába, amelynek gondozásában nemrég készült el az „Élelmiszerbiztonság” című kötet az Akadémia Köztestületi Stratégiai Programok keretében. Megjelenése azért is fontos, mert az élelmiszerbiztonság helyzete sehol a világon nem javult a várakozásnak és a technikai fejlődés szintjének megfelelően, sőt ezzel ellentétes tendenciák is érvényesülnek.

- **A sztenderdizálásnak megvannak az árnyoldalai is.**

- Valóban megfigyelhető, hogy az egységesítési folyamat nemcsak az elvárható minőségre, az egységes normarendszer kialakulására, hanem bizony az élelmiszerek uniformizálására is kihat. Újabb probléma, hogy míg a határokon átvélt egységes normarendszer, mint gondolkodási stratégia szükséges és fontos, ennek gyakorlati megvalósítása egy sor gazdaságtalan lépésre kényszerít. Így például a nagyszabású céges vacsora maradványai ma már nem adhatók oda a szeretetszolgálatoknak, s az üzemi konyhák maradékain sem lehet disznót hizlalni. Megdöbbentő adat, hogy az üzletek polcaira helyezett élelmiszerek egyharmada kibontatlanul kerül a szemébe. Ha kimegyünk a halpiacra, előre tudjuk, hogy az ott kínált halak többsége nem lesz értékesítve, s újabban még haltakarmánynak sem használható fel. Számptalan ehhez hasonló példa mondható el, ami óriási nagy pocsékolás akkor, amikor a világ nagy része éhezik. Az ún. „elvesztegetett” élelmiszer ma akkora probléma, aminek a kiküszöbölésére nagyszabású projektek és külön munkacsoportok keresik a megoldást. Ugyanakkor azt is látni kell, hogy ez a veszteség

elhanyagolható ahhoz képest, amit az okoz, ha az élelmiszerbiztonsági normák egyáltalán nem alakulnak ki.

Tudvalevő, hogy az élelmiszer bioterrorizmusra is felhasználható. Fény derült arra, hogy az al-Kaida terrorszervezetnek milyen tervei voltak abba az irányba, hogy az élelmiszerláncba betegséget okozó kórokozót csempésszen. Ugyanakkor az élelmiszerbiztonság nem politikai kérdés. Egyszerűen ki kell alakulnia egy egységes morálnak arra vonatkozóan, hogy élelmiszerbiztonsági szempontból mi fogadható el és mi nem. Annak ellenére, hogy elvi okokból nem rokonszenvezem a multikkal, meg kell, hogy mondjam, a világcégek – gazdasági kényszereik miatt – azokra a dolgokra, mint az állandó minőség, minél kisebb kockázat stb., igen odafigyelnek. Sőt, mára olyannyira elharapózott ez a fajta kockázatelemzői szemlélet, hogy természetes, magától értetődő kockázatokat sem szívesen vállalnak, vállalunk fel. Úgy is mondhatnám, hogy nincs kockázatviselési kultúránk. Mindent biztosan és előre szeretnénk tudni, ez pedig gyakorlatilag lehetetlen. Kockázat mindig van. Az élelmiszer romlását okozó organizmusok (pl. az *Escherichia coli*) viselkedése matematikai módszerekkel leírható ugyan az élettartam különböző fázisaiban, de ez csak egy számadat, aminek a külső tényezők komplexitása, egymásra való kölcsönhatása miatt igen nagy fokú a bizonytalansága. Azonban az ily módon nyert becslések még mindig pontosabbak, gyorsabbak és olcsóbbak, mint ha egy egyébként kiváló szakember próbálná azokat elvégezni.

- A kockázatviselési kultúránk alakulását milyen irányban befolyásolja a média?

- Az írott és elektronikus sajtó sok esetben nem értéket közvetít, hanem olvasótábor-szerzés céljából egyszerűen túlreagál kevésbé jelentős dolgokat. Így aztán a döntéshozók abbéli félelmükben, hogy a média kipellengérezze őket, a legkisebb kockázattal járó döntéseket hozzák. Angliában például nem lehet bemenni vasárnap délután egy iskola udvarára kosárlabdázni, mert mi van, ha baleset történik: senki nem akarja viselni ennek felelősségét. Az angolok a havat sem takarítják el a házuk elől, mert ha valaki elcsúszik, a havat elseprő személy gondatlanságért felelősségre vonható, míg ha semmit nem tett, ez vele szemben nem érvényesíthető. Az élelmiszereket is túlbiztosítják. A megállapított sztenderdértékek olyan magasan vannak, amiket igen nehéz, sőt szinte már gazdaságtalan betartatni. Bízom benne, hogy ezek a túlkapasok csak a normarendszer kialakításának gyermekbetegségei.

Különösen nehéz nekünk, magyaroknak igazodni az európai elvárásokhoz, mert mi szeretünk spontán módon élni, úgymond improvizálni. A BBC-n mondták azt a hasonlatot, hogy a magyar „mögötted megy be a forgóajtón, és előtted jön ki”. Nehezen állunk be a sorba, ennek ellenére be kell állni, hogy utána kiharcolhassunk kis apró részeket, ahol spontánok maradhatunk.

- A biológiai folyamatok matematikai nyelven történő leírása számos tudományterületen jelent előrelépést. A növénytermesztés legújabb kihívása például, hogy a kártevők elleni vegyszeres védekezés helyett biológiai védekezést alkalmazzunk (pl. a kórokozó gombák ellen vessük be az őket elpusztító ellengombákat). Ezen a területen is komoly problémát okoz a folyamatok mérhetősége. A Baranyi-modell valamilyen módosítással felhasználható az élelmiszerbiztonság területén kívül is?

- Nem, mert ez a modell nagyon specifikus. Viszont magában a biomatematikában óriási lehetőségek rejlenek. Amit a fizika tett a múlt században a quantummechanikával, azt teszi a mikrobiológiával a biomatematika ebben az évszázadban. A mikrobiológiai rendszerek komplexitását már tudjuk jellemezni. A DNS felfedezése óta ismert, hogyan terjed a genetikai információ az öröklődés során, hogyan működnek a gének, s a proteinnel együtt milyen szabályozási hálót mutatnak. Matematikai módszerekkel le tudjuk írni az adaptációt, az élő szervezeteknek a lét feltételeihez való alkalmazkodását. Ez igaz a növényekre is, azok életét is

gén-protein hálózatok szabályozzák. Ennek teljes feltérképezése és e tudás felhasználása a XXI. század olyan áttörése lesz, ami a quantummechanika volt a XX. században.

A fotón kezembem is látható mikrobiológiai könyv tele van matematikai modellekkel. Írója Uri Alon, egy fizikus, akivel a Harvard Egyetemen találkoztam. Kiderült, hogy ugyanabban gondolkodunk, és azóta közös munkán is dolgozunk. Jellemző egyébként, hogy a mikrobiológiai leírásokkal foglalkozó kutatók többsége fizikus. A könyvben látható például az *Escherichia coli* baktériumsejt hálója, ami mutatja, hogy ebben az egyetlen sejtben mintegy 4000 gén szabályozza az életműködést. Ez alapján lekövethető, hogyan reagál a környezeti tényezőkre, pl. a pH-érték lecsökkenésére. Valami fantasztikus matematikája van annak, hogy melyik gén mit csinál: hogyan végzi a számtalan biológiai folyamatot egyetlen sejt. A legnagyobb dolgot itt, a környezeti hatásra való válasz szabályozásának leírásában fogja csinálni a biomatematika. Ha meggondoljuk, hogy az *E. coli* baktérium 4000 génjéhez képest minden emberi sejtben 25-30 000 gént tartalmazó DNS-szál található, akkor könnyen belátható, hogy nemcsak óriási lehetőségek rejlenek a génkutatásban, de az is, hogy az emberrel kapcsolatosan ez nem fog menni máról holnapra. A nemzetközi Human Genome Projekt keretében foglalkoznak az emberi gének megfejtésével, a teljes emberi DNS-állomány szerkezetének feltárásával.

- Ha igaz a hír, 2002 óta legalább három, emberi bőrszövetből klónozott gyermek él a Földön Severino Antinori olasz orvosprofesszor és Brigitte Boisselier asszony Las Vegas Cloanid Intézete közreműködésével. 2004-ben, Európában elsőként brit kutatók kaptak engedélyt arra, hogy összejtek tenyésztése céljából emberi embriókat klónozzanak. Önnek vagy svéd kollégájának van-e valamilyen kapcsolata ezzel a tudományterülettel?

- Nem, mi a BBSRC hálózatában csak a nem-orvosi célra végzett biológiai kutatásokban vagyunk érdekeltek. Egyébként Ballagi András azóta hazaköltözött Magyarországra. Ő lett a felelős azért, hogy a Richter Gedeon Nyrt.-nál a gyógyszergyártás biotechnológiai alapokon is beinduljon.

- Ahogyan ez az atombombánál is megtörtént, az ember a megszerzett tudását nemcsak jó irányban használja fel. Van-e félnivalónk a mikrobiológia új felfedezéseitől?

- Elkerülhetetlen, hogy a kezdeti időszakban ne legyenek túlkapasok. Az amerikai Human Genome Project mind állami mind magán kutatóintézetekre támaszkodott. A nem állami kutatás vezetője, Craig Venter a fejébe vette, hogy mesterségesen létrehoz egy olyan baktériumot, amely megoldja a széndioxid-szennyezettségből fakadó környezeti problémánkat. A 4,5 milliárd éves Földünk légköre hárommilliárd évvel ezelőtt széndioxiddal volt tele, s egy akkor élő, mára kihalt baktérium a széndioxidból oxigént állított elő. Ahhoz, hogy egy ilyen baktériumfajta ma létrehozható legyen, először magát a baktériumot kell szintetizálni, azaz mesterségesen létre kell hozni az életet. Minimális génállománnyal „Mikrobacterium laboratórium” néven az első mesterséges baktérium 2010 júniusában meg is született. Ez az első szintetikus úton előállított baktérium kétségkívül élő szervezet, mert rendelkezik az alapvető életfunkciókkal: van anyagcseréje, képes mozgásra és szaporodásra. Úgy készült, hogy különböző vegyületekből megalkották a leendő baktérium DNS-ét, s ezt beültették egy olyan baktérium testébe, amelyből előtte kivették a DNS-t. A következő lépés az, hogy ebbe az új baktériumba olyan géneket tegyenek, melyek alkalmassá teszik a széndioxid megkötésére és oxigénné alakítására, ahogyan ez hárommilliárd évvel ezelőtt is történt. Természetesen itt még nem tartunk. Nagyon hosszú folyamat eredménye lesz, ha egyáltalán sikerül.

- Lynn Margulis, a Massachusettsi Egyetem Földtudományi Tanszékének professzornője szerint erősen önhitt az az elgondolás, hogy mi felelősséget vállalhatunk a Földért. A legtöbb, amire hatással lehetünk, az az, hogy néhány másik fajjal egyetemben az emberi populációt megvédjük a kipusztulástól (önmagától).

- A Föld jelenlegi lakossága azon a határon van, amikor már észre vesszük, hogy túl sokan vagyunk, de még nem okoz közvetlen problémát. Azok a számítások, hogy negyvenmilliárdan leszünk a Földön, tévesek. Demográfiai törvényszerűség, hogy a számszerű növekedés egy határon, bőven 20 milliárd fő alatt megáll. Ez az élettér eltarthatóságához történő beszabályozódás a baktériumokétól kezdve minden ökológia alapvető sajátossága. Bolygónk véges erőforrásai nem engedik meg a mértéktelen növekedést. Zsúfoltság és az élethez szükséges kellékek hiánya minden populációnál pusztulást eredményez. Betegségek jelentkeznek, az egyedek destruktív (romboló, pusztító) viselkedése és közösségrombolás figyelhető meg. A populáció túlnövekedése stresszt vált ki, ami leszorítja a szaporodást. A legfőbb problémát tehát nem a népességszám emelkedése fogja okozni, hanem az, hogy eközben tönkretesszük a környezetünket. Ez a folyamat jelen pillanatban megállíthatatlannak tűnik. Még jó irányú változások esetén is több ezer év kell ahhoz, hogy visszaálljon, amit már elrontottunk.

- Az élet eredete régóta foglalkoztatja az embereket. Közel hatvan éve a Chicagói Egyetem 22 éves diákja létrehozta laboratóriumi körülmények között a korai bolygó kémiájának miniatűr diaramáját, és sikerült is néhányat elkülönítenie a lombik falán keletkezett szerves anyagok közül. Nobel-díjas tanárával arra a következtetésre jutottak, hogy az élet létrejöttéhez csak anyagra, energiára és időre van szükség. Bizonyos matematikai munkák (fraktálgeometria) szintén azt mutatták ki, hogy egyszerű komputerpéldák sorozatos ismétlődése olyan bonyolult rajzolatokat eredményez, mint amilyenek például a sejt-növekedés és szaporodás kémiai ciklusai. Tehát a nem tudatos, ismételt tevékenységek komplex rendszereket képesek létrehozni. Biomatematikusként hogyan látja ezt a kérdést?

- Valóban, Harold Urey és Stanley Miller kísérlete bebizonyította, hogy az élet építőköveiként szolgáló aminosavak szerves úton is előállíthatók. Egy másik nagy lépés annak megértése volt, hogy egyedi molekulák hogyan replikálódhatnak nagy pontossággal, információt adva tovább az utódoknak. Ez volt a DNS struktúrájának felfedezése 1953-ban. Azonban az adaptálódás még mindig befejezetlen kérdés. Meggyőződésem, hogy a darwini véletlen hiba a replikációban (mutáció), ami olyan alkalmasabb egyedhez vezethet, amely statisztikai törvények alapján kiszorítja a kevésbé alkalmasakat, csak a váza, a legfontosabb eleme az evolúciónak.

Egyre több cikk jelenik meg az ún. epigenetikai alkalmazkodásról, ami azt jelenti, hogy a géneken kívül más mechanizmusok is elképzelhetők információ átadására. Erről éppen az én csoportomban is nyújtottunk be nemrég egy cikket. Ebben leírtunk egy olyan kísérletet, amiben baktériumok generációit ugyanannak a stresszhatásnak vetjük alá. Kb. 100 generáció után alkalmasabbakká váltak a stressz legyőzésére, holott semmilyen mutáció nem fordult elő bennük. Ilyen tanulás-jellegű hatása a „tréning”-nek eddig csak magasabb rendű élőlényeknél volt ismert. Az ismétlődő stresszhatások „olajozottabbá” tették a sejtek szabályozási hálózatát, de azt még nem tudjuk, hogy ezt a képességet hogyan örökölték az utódsejtek. Mindenesetre ha más környezetbe kerültek, akkor azonnal elfeledték amit „tanultak”, és ez bizonyítja, hogy nem permanens, genetikai adaptálódás történt. Az eredmény újra rávilágított arra, milyen fontos szerepet játszanak a szabályozási hálózatok abban, hogy az élet keletkezését megértsük.

- A darwini fejlődésemélet ellenzőinek egyik érve, hogy sokkal több a káros mutáció, mint a jó, s bár a károsabbak közül a természetes kiválasztódás sokat kiküszöböl (korai szakaszában a legtöbb nagy hatású mutáció halálos az egyedre, így elterjedésének valószínűsége gyakorlatilag 0), a csak kicsit károsak azonban megmaradnak, és genetikai terhelést jelentenek a populációban. Matematikailag valószínűtlennek tűnik az a folyamat, amellyel az előnyös mutáció terjed, és az egész populációt fejlettebb szintre emeli. Ráadásul összetett, magasabbrendű élő szervezeteknél létezhetetlenül óriási számú (millió) mutációs lépésre volna szükség ahhoz, hogy egy állatfajta megkülönböztethetően másfajta állattá fejlődjön.

- A „legalkalmasabb túlélése” mint paradigma valóban azért nem tartható, mert csak egy nagyon sematikus váza az evolúciónak. Hagyományosan azt, hogy „legalkalmasabb”, a populáció növekedésével mérték, ami csak egy adott környezetre definiálható. A környezet azonban állandóan változik. A valóságban nagyon sokszor előfordul, hogy bizonyos stresszhatást jobban túlél olyan faj vagy alpopuláció, amely egyébként csak lassan növekszik a jó környezetben. Néhány évvel ezelőtt jelent meg a NATURE-ben egy cikk, amely bemutatta, hogy egysejtűek génjei nagyjából két csoportra oszthatók: az egyikbe a túlélésre, a másikba a szaporodásra koncentráló gének tartoznak. Ebből következik, hogy „káros mutáció” is terjedhet, ha bizonyos összefüggésben annak haszna van. Durva hasonlattal: ha egy mutáció közelít bennünket a patkányok szintjére, de ugyanaz a mutáció elősegíti a radioaktív sugárzás elleni védekezést, akkor néhány Csernobil után az a mutáció dominánssá válhat.

- **Az előbb említett szabályozási hálózatok vizsgálata egy új tudományterület kialakulását eredményezte. Mi mondható el a „Komplex hálózatok” tudományáról?**

- Magyar kutatók is alapvető szerepet játszottak ennek vizsgálatában. A komplex hálózatok nemcsak a mikrobiológiai egységek, rendszerek legfontosabb sajátága. Minden élő szervezet – maga az emberi közösség is – hálózatokba ágyazva működik, melyek tulajdonságai, működési elve minden szinten kísérteties hasonlóságot mutat. Nagyvonalakban ugyanaz játszódik le például a baktériumok túlszaporodásánál, mint bármely populáció, akár az emberiség túlszaporodásánál is. Nemcsak a bekövetkező törvényszerűségek, de az egyedek eközben való viselkedése is igen nagy hasonlóságot mutat. Lényegében ugyanaz érvényes a mikrobiológiai hálózatokra, mint az emberi vagy az emberek által létrehozott bármilyen (nyelvi, szervezeti, kommunikációs stb.) hálózatra. Néhány példa: létezésünk alapja a sejtjeinkben meghúzódó molekuláris háló; kommunikációnk hordozója a telefonhálózat, információszerzésünk alapja a világháló.

A hálózatok mikrobiológiai szinten történő kutatása olyan felismeréseket eredményezhet, melyek forradalmasítják az életünket. Átalakíthatja például a gyógyszeripart abba az irányba, hogy általánosan használt kemikáliák helyett genetikai mintavétellel, s egy számítógépes programmal pár perc alatt személyre szabott gyógykészítményt tudjunk adni a betegeknek. Nincsen olyan gyógyszer, ami mindenkinek egyformán jó, mert mindenkinek más a génhálózata, másként reagál ugyanarra a dologra. Ma már viszonylag könnyen megállapítható egy ember egyedi génsorozata. Ha le tudnánk írni a különféle vegyületeknek a hálózatra való komplex kölcsönhatásait, akkor összeállítható lenne az ennek megfelelő, leghatékonyabb gyógyszer. A legnagyobb gyógyszergyártók (GlaxoSmithKline, Wellcome, Pfizer, Mylan, Bristol-Myers Squibb) hatalmas pénzeket fektetnek ezekbe a kutatásokba, így elképzelhető, hogy 20-30 év múlva, ha bemegyünk a patikába, már genetikai jellemzőinknek megfelelő egyedi gyógyszert kevernek ki a számunkra.

A hálózatkutatás a gyógyszeripartól (rákkutatás!) kezdve a pénzügyi világon és különböző ipari szektorokon át a társadalomtudományokig vagy a kortárs művészetekig számos terület szakembereit képes megmozgatni és összefogni. A magyar szakértők

elismertségét jelzi, hogy kezdeményezésünkre a NetSci2011 Nemzetközi Hálózattudományi Konferenciának június 6-10. között Budapest adott otthont. Fölvívnam a figyelmet a konferencia előestéjén M1-en vetített „A hat lépés hatalma” című 2008-ban készült angol- ausztrál dokumentumfilmre, melynek egyik legfőbb szereplője a ma talán legismertebb külföldön élő magyar tudós, Barabási Albert-László fizikus (Boston), rendezője pedig a szintén kecskeméti születésű, ma Sydneyben élő Tóth Annamária. E filmből is kiderül, hogy a természetben és a társadalomban megjelenő hálókat zöme sokkal inkább hasonlít egymáshoz, mint azt valaha is képzeltük.

- Mi adja a munkája legfőbb szépségét?

- Nagyon érdekes azt látni mikrobiológiai szinten, ami az élet minden területére igaz, hogy mennyi minden működik a környezetben. A komplex rendszerek, hálózatok feltárása épp a dolgok viszonylagosságát mutatja meg nekünk. Az, ami egyik környezetben ilyen és így viselkedik, más környezetbe helyezve mássá alakul és másként viselkedik. Gyönyörű dolog a szakmában, hogy vannak univerzális struktúraelemek, melyek ugyanúgy megjelennek versekben, mikrobiológiában és – természetesen – a gazdaságban.

Én az előbb említett komplex hálózatokat igen lelkesen fedezem fel mindenben – így például a magyar nyelvben. A hálózatok tükrében is látom, miért mondják a magyarra, hogy a világ egyik legszebb nyelve. Úgy lehet játszani a rímekkel, mint talán egyetlen más nyelven sem. József Attila tudott például franciául, kint-tartózkodása idején próbálkozott is pár francia vers megírásával, de ezek közelében sincsenek azoknak, melyeket magyar nyelven alkotott. Nincs annál csodálatosabb, mint felfedezni egy gyönyörű vers nyelvi-szerkezeti hálózatát. Nagyon szép cirádás hálót tudnék készíteni csak abból a két sorból is, hogy „Kívül-belől/ leselkedő halál elől...”. Annak idején, amikor először indultam külföldre dolgozni, a bőröndömben több volt a verseskötet, mint a szakkönyv

*Kada Erika interjúja
Megjelent a Hunyadivárosi Hírmondó
IV. évfolyam 1. számában (2011.)*