

## Tanulmány

# MIÉRT ANTROPOCENTRIKUSAN ÁLTUDOMÁNYOS AZ UNIVERZUM FINOMHANGOLTSÁGÁNAK FELVETÉSE?

Brendel Mátyás

PhD, posztdok kutató,  
CNRS LAL

matyas.brendel@gmail.com

Nem ez az első Paul Davies könyvem. Már az *Isten gondolatai* (1996) olvasásakor is az volt a benyomásom, hogy Davies olyan ismeretterjesztést ír, amelyben megpróbál pártatlan lenni, és ez nagyrészt sikerül is neki, de mégis kilóg a lóláb: érzékeltetni lehet, hova húz a szerző szíve. Az Univerzum finomhangoltságáról szóló könyvének (*A megbundázott Világegyetem*, 2008) végén van néhány kulcsmondat, ahol Davies ezt be is vallja (306. o.), és még azt is, hogy érzelmi okokból hajlik azokhoz az elméletekhez, amelyeket preferál. Sőt, hogy sok kritika éri amiatt, hogy már-már vallásos (307. o.). Valószínű, hogy Davies népszerűsége pont ebben a trükkben rejlik, nevezetesen, hogy látszólag nagyon alapos és pártatlan ismeretterjesztés keretében tud sugallni olyan ötleteket, amelyek népszerűek, és sok olvasó szívének kedvesek.

Úgy tűnik, hogy Daviest a tudománytalanság vádja nem zavarja különösebben – pedig az érzelm alapú elméletválasztás *par excellence* tudománytalan – éppen ezért tartot-

tam fontosnak megírni ezt a kritikát, amelyben szó lesz a valószínűség számításával való visszaéléstől, érvelési hibákról, objektivitásról és sok alapvető kérdéstről, amelyek meghatározzák azt, hogy mit tekinthetünk tudományos elképzelésnek. Azért fontos ez, mert mint arra rá fogok mutatni, egy ilyen nem „keményen” empirikus, elvontabb témánál még egy ilyen ismert és elismert tudós, egy nagyon népszerű tudományos ismeretterjesztő is könnyen belecsúszik a tudománytalanság hibájába.

Mivel a cikkemben sok kritika lesz, kezdem a dicsérettel: a könyv elején természetesen van egy, a témához szükséges bevezetés a modern fizikáról és kozmológiáról, amelyben örömmel láttam például, hogy Davies nagyon határozottan tisztázza, hogy tudományos ismereteink szerint az Univerzum az idővel együtt „keletkezett”, ezért a *Mi volt az Univerzum előtt?*, illetve a *Mi az Univerzum oka?* kérdések értelmetlenek (99.). A könyvnek az a része, amely a tudományban már

bevett, konszenzussal elfogadott elméletekről szól, jó ismeretterjesztésnek tekinthető. A bajok később kezdődnek.

Davies könyvében három téma van, ahol véleményem szerint a tudománytalanság markánsan megjelenik. Az első Daviesnek az étellel (élőlényekkel) való szubjektív kapcsolata, amely érveléseiben tudatosan megjelenik. A második a valószínűségekkel való nagyon hanyag bánásmód. Ez az első két hiba nem csupán Davies bakija, hanem jellemző a finomhangoltság kérdésének jelenleg legismertebb megközelítéseire is. A cikkem egy következő fontos konklúziója tehát az lesz, hogy a finomhangoltság kérdésének talán legismertebb felvetése sajnos tudománytalan még akkor is, ha sokszor tudósok fogalmazzák meg. A harmadik nagy hibacsoport a végtelen regresszus, ez egy általános filozófiai gumicsont, amely szintén fontos tanulságokkal szolgál a tudományosság szempontjából.

Ahogy említettem, Davies maga is elismeri, hogy a vallásosság vádja szokta érni, sőt még azt is elismeri, hogy tényleg vallásos a megközelítésmódja (307. o.). Davies „istene” azonban nem a monoteista vallások ismert Istene, hanem az élet, az intelligens élet, a szénalapú élet, végül az ember. A gyenge antropikus elvhez hasonlóan azt mondhatnánk, hogy az ember természetesen érzelmileg antropocentrikus, nincs ezzel gond. A gond azzal van, ha az objektív kérdések eldöntésébe kerül bele az antropocentrikus elfogultság. Daviesnél és sajnos a finomhangoltságról szóló fő ismeretterjesztő műveknél belekerül. Ahogy a geocentrikus világmépítési hívei hajdan úgy vélték, hogy az ember bolygója, a Föld a világ középpontja, ahogy az élővilág teremtettségének hívei általában azt gondolták, hogy a teremtés koronája az ember, Davies azt gondolja, hogy az Univerzum vagy Multi-

verzum koronája az ember. Vagy legalábbis az intelligens, szénalapú élet.

Davies arra nagyon helyesen mutat rá, hogy az élet viszonylag komplex, viszonylag autonóm (259. o.), és hogy az információnak fontos szerepe van az élet működésében. Ebből arra következtet, hogy az élet fundamentális jelenség. Fundamentális alatt pedig redukálhatatlant ért. Az első logikai bakugrás az, hogy a redukálhatatlanságnak semmi köze a komplexitáshoz vagy autonómiához. Másrészt Davies egyértelműen leszögezi, hogy szerinte az élet magyarázata visszavezethető az anyagi összetételére és annak szerveződésére: „az élő szervezetek gépek” (259. o.), azaz az anyagra és a fizikára redukálhatóak. Tehát explicit ellentmond magának, amikor redukálhatatlan jelenségről beszél. Arra sem ad Davies végül is magyarázatot, hogy akár az autonómia vagy a fundamentalitás miatt tennék az életet olyan kitüntetett dologgá, amelynek külön magyarázat kell, szemben például a nem autonóm dolgokkal. Miért szorul az evolúciós és a biokémiai evolúción túl még külön magyarázatra az, hogy a Világegyetemben megjelenhetnek autonóm rendszerek ahhoz képest, hogy alkalmas és „hangolt” nem autonóm rendszerek létrejöttére, és ezen a kutya sem csodálkozik?

Természetesen az élet kialakulásának meg kell keresni a magyarázatát, ha tudjuk. De nem jobban, mint az élettelen sziklák, a különféle tengerek, síkságok kialakulásának magyarázatát. Nem jobban, mint a kvazárok, pulzárok, csillagok, szupernóvák és mindenféle más élettelen dolgok kialakulásának okát. Az Univerzumban belüli magyarázatok feltehetően megismerhetőek, igaz, az élet fogósabb kérdés, de a kialakulásának magyarázatában a biokémia erősen halad előre. Ami az Univerzumot magát illeti, hogy miért pont

olyan, hogy van benne élet, az ugyanannyira jogos vagy nem jogos kérdés, mint az, hogy miért pont olyan, hogy van benne élettelen anyag, mint például a Szaturnusz. A Szaturnusz például gyönyörű. Csakhogy az esztétika szubjektív dolog, tehát a Szaturnusz szépsége semennyit nem tesz hozzá a kérdés jogosságához. A tudományban szubjektív szempontoknak nincs helyük. A tudománynak nem fontosabb a Szaturnusz a Jupiternél azért, mert sokkal szebb a gyűrűje. Hasonlóan nem lehet fontosabb az élet az élettelenül azért, mert számunkra kedvesebb vagy érdekesebb.

Davies a 154. oldalon fél oldalon át magyarázza ezt. Fél oldalon át írja körül, hogy a tudományosságnak miért alapelve az, hogy a kérdések objektívek legyenek, hogy nincs kitüntetett megfigyelő, kitüntetett nézet, aztán a következő oldalon minden indoklás nélkül egyszerűen hibának nevezi a tudományosságunkat azt a filozófiai alapelvét, amelyen a tudományosság maga nyugszik. Innentől Davies könyvéről tudhatjuk, hogy valamilyen mértékben nyíltan áltudományos. Csak az a kérdés, hogy ez a tudománytalanság milyen mélységig mérgezte meg.

Az író kedvenc elmélete az önmagát magyarázó és teremtő, élő Univerzum vagy Multiverzum. Amikor emellett érvel, akkor igen hiányosan érvel az elmélet hatásmechanizmusát illetően. A kvantummechanika Neumann–Wigner-féle értelmezéséből indul ki, amely szerint a tudat az, amitől a szuperpozíció összeesik, és amelyet a legtöbb tudós elutasít (295. o.). A standard értelmezés szerint az összeomlást a mérőeszköz okozza. Tehát az az elgondolás, hogy a megjelenő tudatos élet kvantummechanikai szuperpozíció összeesése által hat vissza az Univerzum kezdeti állapotára, eleve egy kisebbségi értelmezésen alapul.

Amikor aztán Davies az időben visszafelé történő okozásról beszél, akkor elhallgat valamit. Ha a kétréses kísérletet kozmikus méretekben felnagyítanak egy gravitációs lencse „alkalmazásával” (284. o.), akkor a kvantumviselkedés előállításához a lencse két oldalához, a távoli galaxishoz kellene tenni egy-egy detektort. A standard értelmezés szerint ezek a detektorok okozzák a fényhullám összeesését, és mivel ezek a detektorok millió fényévekkel korábban, ezért millió évekkel is korábban vannak, nincs visszafelé okozás. A szokásos gondolat-kísérletekben, például Schrödinger macskájánál a Neumann–Wigner-interpretáció annyiban kevésbé abszurd, hogy legalább nem kell visszafelé okozást feltételezni hozzá. De a kozmikus gondolat-kísérletnél ez jön ki.

A gravitációs-lencse-példa szerintem a Neumann–Wigner-értelmezés abszurditását mutatja be. Miért fogadnánk el ilyen értelmezést, amely empirikusan igazolatlan, metafizikai, és ráadásul visszafelé ható okságot kellene elképzelnünk hozzá, amikor kézenfekvő, extra hipotézisek nélkül is értelmezhető a standard értelmezés szerint?! És aztán a Neumann–Wigner-értelmezés vékony jegére építi Davies a kozmológiai spekulációját.

Davies azt sem magyarázza el, hogy a megfigyelő hogyan billentené be a Világegyetem különböző paramétereit pont az ő létrejötté számára kedvező értékekre. Mi garantálja a pozitív visszacsatolást? A szuperpozíciók összeesése a megfigyelők által szokásosan véletlennek vannak feltételezve. Így kérdés, hogy konkrétan hogyan billenti be egy személy a sötét energia 175. oldalon leírt értékét, miközben nem is tud róla. És ha valahogy a tudatos lények meghatározzák ezeknek a paramétereknek a befagyását (273. o.), akkor ennek mik a törvényei, és miért pont azok, és ezeknek mi a magyarázatuk?

A másik nagy kérdés, ahol Davies tudománytalan, hogy hogyan is vagyunk ezekkel a valószínűségi kérdésekkel a tudományban? Minek a valószínűségéről van értelme beszélni, miről nincs? Mikor kíván egy valószínűtlen esemény magyarázatot, és mikor fogadható el véletlennek?

Kezdjük azzal a kérdéssel, hogy Davies amellett érvel, hogy ha a Multiverzum-elmélet igaz, akkor nagy valószínűséggel szimulált univerzumban vagyunk (214. o.). Érvelése szerint, ha sok univerzum van és néhányban van élet, akkor azok nagy valószínűséggel előbb-utóbb szimulációkat hoznak létre, mégpedig sokat. Igen ám, de az egész finomhangoltsági probléma pont azon az érven alapul, hogy az univerzumok igen kis részében van élet. Ezek pedig nem hoznak létre virtuális univerzumokat. Nos, ha van egy Multiverzum, ahol igen sok primer univerzum keletkezik véletlenül, amelyek közül csak néhányban van élet, amely néhány azonban sok szimulált univerzumot hoz létre, akkor ezek után az, hogy melyikből van több, illetve melyiknek van nagyobb valószínűsége, az a két jelenség eredőjétől függ, amelyről semmit nem tudunk mondani. Davies tehát spekulál egy valószínűségi kérdésben, ahol eltusolja, hogy a spekulációhoz nagyon sok információnk nincs meg.

Hasonló a baj a valószínűségi érveléssel a finomhangoltságból isten létezése mellett.

Davies a szokásos módon a mellett érvel, hogy az élet számára alkalmas paraméterek a paraméterterben egy kis teret foglalnak el, azaz valószínűtlenek. Davies nagyon következetesen, valójában következetlenül csak a szénalapú, hozzánk hasonló életéről beszél (159. o.). Ez hiba, és ezen múlhat eme premissza igazsága. De most lépünk túl rajta! Davies a mellett érvel, hogy ha egy embert, élőlényeket

szertető istent képzelünk el, aki tetszőlegesen teremteni képes egy bizonyos módon parametrizált Univerzumot, akkor nyilván olyat fog, amely alkalmas az embernek. Rendben, akkor itt formalizáljuk a problémát!

Jelöljük az élet számára alkalmas paraméter bekövetkezését E-vel! Azt mondtuk, hogy  $P(E)$ , azaz E valószínűsége alacsony. Jelöljük az életet szerető teremtő isten eseményét I-vel, és ezt a speciális istent, Istent nagy kezdőbetűvel fogom a következőkben írni. Azt mondtuk, hogy  $P(E|I) = 1$ . Igen ám, de mi a kérdés?! A kérdés az, hogy megfigyeltük az életet, és mi Isten létezésének valószínűsége, azaz mennyi  $P(I|E)$ .

Bayes tétele pont ennek a kiszámításáról szól. Eszerint  $P(I|E) = P(E|I)P(I)/P(E) = P(I)/P(E)$ . Itt  $P(E)$  alacsony. Azaz akármit is gondolunk Isten létezésének valószínűségéről, a finomhangoltság jelenségének figyelembevétele ezen valamennyit növelhet. De mit mondhatunk  $P(I)$ -ről, azaz Isten létezésének *a priori* valószínűségéről? Erről semmit nem mondhatunk tudományos értelemben. Még csak nem is definiált dolog, hiszen még azt sem tudjuk megmondani, hogy I milyen eseménytér eseménye. Tehát  $P(I)$ -nek igazából nincs értelme. De ha istent például a lehetséges istenek végtelen teréből egyetlen eloszlással húzták volna, akkor  $P(I)$  például nulla volna, és akkor a finomhangoltságos érv ezen semmit nem változtatna.

A finomhangoltság-alapú istenért ilyen szempontból ugyanolyan hibás, mint Pascal fogadása. Ott is ott bukik az érvelés, hogy végül is isten létezésének a valószínűségéről semmit nem tudunk mondani, tehát azt sem, hogy nullánál nagyobb.

Arról nem beszélve, hogy a megfigyelt jelenségek köre nemcsak az élet; megint, miért csak az életet szemelünk ki a sok jelen-

ség közül? Rendben, az olyan dolgok, amelyek Isten és az Univerzum számára is semlegesek, mint például a Szaturnusz, itt nem osztanak, nem szoroznak. De nincsenek más dolgok, amelyekkel ez az Isten pártos lenne? Itt van például a világban lévő gonosz. Márpedig általános vélekedés szerint az az Isten, amelyik szereti az élőket, nem valószínű, hogy olyan világot teremtett volna, amelyben ennyi gonoszság létezik az élőlényeknek: Ha G-vel jelöljük azt az eseményt, hogy a világban legalább annyi gonoszság van, mint a valóságban, akkor azt mondhatjuk, hogy  $P(G|I)$  alacsony (precízebb volna valamilyen valós változó és súlyfüggvény használata). Ezzel szemben egy személytelen Univerzumban a megfigyelhető gonosz mértéke eléggé a várható szint közelében van, tehát  $P(G|nem\ I)$  jelentősen nagyobb, mint  $P(G|I)$ . Aki a finomhangoltságot istenérvnek komolyan veszi, annak az érvét a gonosz létezése igen csak lenullázza. Miért pont olyan az Univerzum, mintha gonoszra is lenne hangolva?

Hogyan is állunk tehát a valószínűséggel a tudományban? Davies többször is sugallja, mintha a nem olyan kis valószínűségeket el lehetne fogadni a tudományban véletlenként, míg a nagyokat nem. „*Ekkora szerencse mellett azonban nem lehet szó nélküli elmenni*” írja a 176. oldalon. Pedig a 160. oldalon ad egy szemléletes példát, amikor szükségszerűen elfogadunk olyet véletlennek: „egyetlen ősiünk sem halt meg gyerektelenül”, Davies rámutat, hogy az, hogy pont én vagyok most itt, és nem egy genetikusan különböző egyén, egy irdatlan kis valószínűségű esemény, amelynek van ugyan némi magyarázata, de nem feltétlenül tartjuk szükségesnek külön megmagyarázni. Elfogadhatónak tartjuk, hogy a véletlen mutáción és szelekción múlt, illetve őseink véletlen túlélésén, véletlen egymásra találásán.

Davies erre a jelenségre általában a „megfigyelő kiválasztási effektusa” kifejezéssel hivatkozik. Davies nem gondolja komolyan, hogy meg kellene magyarázni, hogy az irdatlan sok lehetséges leszármazott közül miért pont ő, vagy én, vagy az olvasó él, miért pont személy szerint ránk van hangolva az Univerzum.

De van ennél egyszerűbb példa. Ha én egy dobókockával hatost dobok, akkor az olvasó elfogadja azt, hogy véletlenül. Ha kétszer hatost dobok, még akkor is. Ha nyolcszor hatost dobok, akkor a legtöbb olvasó elkezd gyanakodni, pedig ha nyolcszor dobok, akkor bármi is az eredmény, annak ugyanúgy egyhatod a nyolcadikon a valószínűsége. Tehát más eredmény se lenne valószínűbb. Ha nyolcszor dobok, akkor szükségszerűen kis valószínűségű esemény következik be. És ha nekem sok felmenőm van, akkor szükségszerűen kicsi az esélye, hogy a mutációt és szelekciót véletlennek modellezve, pont az én genomom jöjjön ki a leszármazás végén. És mégis szükségszerű, hogy egy ilyen igen kis valószínűségű genom legyen itt, ha valaki más lenne a helyemben.

Davies hoz egy olyan példát is, ahol csak álvéletlen számokról van szó: a pi számjegyeiről (240. o.). Davies azt veti fel, mi lenne, ha a pi számjegyeiből megfelelő megjelenítés mellett előbukkanna egy arc, mire következtetnénk ebből?! Pedig nyilvánvaló, hogy semmire. Tudományosan nem lehet. Az olvasót valószínűleg félrevezeti az intuíciója, és Daviest is. Pedig a példát maga Davies pont úgy konstruálta meg, hogy biztosan igazam legyen: ugyanis a pi számjegyei nem véletlenek, rögzítettek. Tehát nem lehet külön magyarázata annak, hogy miért pont annyik, amennyik. Nem lehet hozzá pi-teremtő istent feltételezni. Egyébként pedig 1 valószínűséggel előbukkan a pi számjegyei között bármi-

lyen véges alakzat, köztük olyan is, amelyik nagyon hasonlít egy archoz. Úgyhogy itt Davies érvelése teljesen bukkik.

A kulcs a fentebbi, valódi véletlenes példákban az egyenletes eloszlás, és egy óriási eseménytér volt. Ha nagyon sok, egyenlően igen kis valószínűségű eseményből egy bekövetkezik, akkor nem csodálkozunk rajta, és nem kell megmagyarázni, mert be kellett következnie. És ez akkor is igaz, ha mind a nyolc dobás hatos, mert ez csak szubjektíven van kitüntetve, tudományos értelemben nem. Az Univerzum paraméterei pedig hasonlóak: hát valamennyinek kell lennie azoknak a paramétereknek, és az éppen valós értékük is csak egy érték a sok közül. Ha más lenne az értékük, az semennyivel sem lenne valószínűbb. És ezen semmit nem változtat az, hogy szubjektíve nekünk ez az érték kedvező. Ez olyan, mintha Marcsi néni külön magyarázatot kérne arra, hogy az ő nyerőszámát húzták ki a lottón, azon az alapon, hogy számára ez a szám szubjektíven kitüntetett, mert éppen nagyon kedvező. Pista bácsi viszont épp ellenkezőleg akkor gyanakodna bundára, ha az ő számait húznák ki. Objektíven egyik eset sem kitüntetett, nincs külön magyarázat. Az nem lehet, hogy bármit is húzzanak ki a lottón, magyarázkodni kelljen.

Fontos még kitérni az összetett események kérdésére is. Amikor ugyanis Davies az élet számára alkalmas paraméterértékek tartományáról beszél, akkor nem egyetlen beállítás valószínűsége a kérdés, hanem egy tartomány valószínűsége. Összetett eseményeket atomi eseményekből sokféleképpen lehet képezni, megint szubjektív kedvünk szerint. A dobókockás példára visszatérve, ha például hármast dobok, akkor mondhatom, hogy de különös, éppen hárommal osztható számot dobtam, ennek egyharmad a valószínűsége.

Az ilyen összetett események valószínűségére rákérdezni persze fontos tudományos kérdés lehet. De amikor egy ilyen esemény különös bekövetkezésén elcsodálkozunk, az inkább számmisztika, mint tudomány. Bármit dobok is a dobókockával, számtalan összetett eseményt és számtalan ideológiát tudok barakácsolni, amelyek rámutatnak arra, hogy ez az eredmény éppen miért különleges, furcsa esemény, és tudománytalanul lehetne bármikor úgy érvelni, hogy biztos bunda van a dolog mögött.

Amikor egy viszonylag kis valószínűségű atomi esemény következik be egy nem egyenletes eloszlásban, akkor a magyarázat igénye valamennyivel jogosabb. Például ha 99 százalékos eséllyel hatost dobunk egy cinkelt dobókockával és mégsem hatos jön ki, akkor inkább kérhetünk magyarázatot, de még ez is lehet véletlen. Valójában semmiféle valószínűség soha nem lehet ok egy külön magyarázat követelésére. A valószínűségek inkább két elmélet közötti választásban állhatnak segítségünkre.

A harmadik nagy téma a végtelen regresszus, amelyet Davies a 249. oldalon a teknőspéldákkal szépen elmagyaráz. Arról van szó, hogy a magyarázatok végtelen láncolatában mindig tovább kérdezhetünk, hogy „miért?”. Megoldásként Davies egy önmagyarázó magyarázatot vagy hurkot javasol. Filozófiailag a végtelen lánc vagy a hurok elfogadható megoldás volna, de nem sikerült hozzá tudományos elméletet találni. Javasolnék egy őszintébb, kevésbé ügyeskedő megoldást: végtelen regresszusnál mindig lehet azt mondani, hogy „most itt vagyunk a láncban, idáig látunk, tovább nem, nem spekulálunk”. Ha egy dolog visszavezethető tudományos elmélettel valami másra, ami egyszerűbb, kevesebb paramétere van, és emellett empiri-

kusan ellenőrizhető, akkor jó, ha nem, akkor feleslegesen nem spekulálunk.

Davies nagy technikája, hogy mindig tovább kérdez. Valamilyen módon mindig lehet tovább kérdezni, a végtelen regresszust folytatni, s ezt a különféle elméletek összehasonlításának elmosására használja. Ha az általa képviselt elmélet bizonyos releváns szempontból lemarad, akkor a végtelen regresszussal próbálja döntetlenre kihozni a meccset.

Eközben Davies fontos dolgokról feledkezik meg. Például egy tudományos törvénynek lehet ugyan magyarázata, vissza lehet vezetni valamire, de mindig csak másik törvényre. Ebből a tudományos sémából az az elgondolás, hogy az Univerzumot Isten teremtette, és ő a magyarázat, kilóg, mert Isten nem természettörvény. Márpedig mi emberek magyarázatként a törvényt fogadjuk el. Ha Isten bármit is csinálna, akkor Isten létezésének, működésének magyarázatát, szabályait kérdeznénk, és egy lépéssel sem lennénk előrébb.

Ide kapcsolódik, és a tudományossághoz is, amikor Davies azt veti fel, hogy Isten-e az egyszerűbb magyarázat, vagy a Multiverzum (254. o.). Richard Dawkinsszal vitázik, de igazából nem látom, hogy lehetne a komp-

lexitást összehasonlítani. Davies azt felejté el, hogy a Multiverzum-elmélet előnye, hogy vannak valamiféle működési mechanizmusra, nevezetesen a felfűvődő Világegyetemre vonatkozó elképzelések. Igaz, a felfűvődő Világegyetem is problémás, de sokkal kevésbé az, mint például az önmagát teremtő élő Univerzum a visszafelé okozással vagy Isten.

A magyarázatok regresszusához kapcsolódik egy másik kérdés, Davies azt kérdezi, „miért éppen matematikai természetű az univerzum” (246., 278. o.). Valójában nem lehet olyan univerzum, amelynek leírására a matematika ne volna alkalmazható. Hiszen ha van benne rend, annak leírására jó a matematika, ha nincs, annak a statisztika. Univerzumunk nem lehetne olyan, hogy ne akarjuk matematikailag leírni. A matematikát mi választottuk, konvenció, nem valóság. Ez a kérdés olyan, mintha valaki azt kérdezné, miért olyan az Univerzum, hogy magyarul lehet beszélni róla. Nem az Univerzum olyan, hanem mi vagyunk magyarok. Mi akarunk magyarul beszélni róla, és a magyar nyelvet ehhez alakítottuk is. Ezért alkalmas rá.

Kulcsszavak: *multiverzum, valószínűségszámítás, finomhangoltság, ösrobbanás, antropomorf*

#### IRODALOM

Davies, Paul (1996): *Isten gondolatai*. Kulturtrade, Budapest

Davies, Paul (2008): *A megbundázott Világegyetem*. Akkord, Budapest

## MERRE TOVÁBB, VULKANOLÓGIA? A 21. SZÁZAD KIHÍVÁSAI

Harangi Szabolcs

az MTA doktora, tanszékvezető egyetemi tanár  
MTA–ELTE Vulkanológiai Kutatócsoport  
ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék  
szabolcs.harangi@geology.elte.hu

A vulkanológia, azaz a vulkáni működés sokrétű kutatása az egyik legrégebbi (hiszen már Anaxagorász és Arisztotelész is behatóan foglalkozott vele mintegy 2500 évvel ezelőtt), és az egyik legújabb (hiszen az elmúlt néhány évtizedben hatalmas változáson ment keresztül) tudományterület. Jelentősége nem lebecsülendő, hiszen olyan természeti folyamatot kutat, amely a Föld kialakulása óta, azaz mintegy 4,6 milliárd éve formálja bolygónkat. A vulkáni kitérések közvetlen és szoros kölcsönhatásban vannak a környezettel, befolyásolják az élővilágot, átalakítják a felszíni formákat, módosítják a klímát, kihatnak társadalmi folyamatokra. Nincs kétség afelől, hogy ez a jövőben is így lesz.

#### Bevezetés

A kezdeti, majd évszázadokon keresztül megmaradó, a Föld belsejében fűző tüzes szelek elméletét csak a 18. században váltotta fel a földköpenyben történő magmaképződés modellje. A vulkanológia ezután sokáig csupán leíró jellegű tudomány maradt, a vulkán működésére és képződményeinek jellemzésére koncentrált. A 20. század nagy, és sajnos sok esetben tragikus kimenetelű vulkánkitörései (például a Mt. Pelée 1902-es, a Mt. St.

Helens 1980-as, a Nevado del Ruiz 1985-ös kitérése) azonban alapvető változásokat indítottak el. Részben ezeknek is köszönhető a vulkanológiai tudást az elmúlt évtizedekben jelentősen átalakító fejlődés. A jelenleg is formálódó új területek a társtudományok ismereteinek bevonásával erősödtek meg. A vulkáni kitérések mechanizmusát, a kitérés előtti magmakamra-folyamatokat többek között a fizika és a termodinamika törvényszerűségei alapján értelmezik. A magmakamra-folyamatok rekonstruálásában ma már nélkülözhetetlenek a nagy felbontású kőzettani és geokémiai vizsgálatok, ezek integrálása a termodinamikai ismeretekkel. Ugyancsak erős fizikai alapokon nyugszanak a vulkáni kitérés felhők mozgásának leírásai, azok terjedésének modellezései. A robbanásos kitérésekben kulcsszerepet játszó vulkáni gázok magmában való oldhatósága, abból való kiválása a kémiai tudástáron alapulva kap egyre finomabb magyarázatot. A vulkán kitérések előrejelzése ma már nagyon erős matematikai alapokon nyugszik. Természetesen nem hagyhatók ki az új kísérleti eredmények sem, amelyek igyekeznek a vulkán kitérések számos folyamatát szimulálni. Az orvostudománnyal együttműködve számos