

GILICZE BÁLINT
2018. MÁRCIUS 30.

A torinói lepeltől a klímaváltozásig – interjú Timothy Jull-lal

Mi köti össze a torinói lepel korát a kabai meteorit eredetével és a klímaváltozás megértésével? Az *MTA Atommagkutató Intézetében* vendégkutató *Timothy Jull*-lal beszélgetve hamar fény derül a titokra.

Amikor benyitottam Timothy Jull irodájába az MTA debreceni Atommagkutató Intézetében, titkon arra számítottam, hogy valamiféle természettudományos Indiana Jonesszal találkozom, aki épp nálunk tölti pihenőidejét két jelentősebb felfedezés között. A torinói lepel kormeghatározásától a meteoritok vizsgálatáig számos témában felbukkan a neve, és talán így már az sem okoz különösebb meglepetést, hogy nyakig benne van a klímaváltozás kutatásában is.

Nem kellett sokáig beszélgetnünk, hogy rájöjjenek, mindehhez nem annyira hollywoodi vagányságra volt szükség, mint inkább némi nyitottságra és egy különleges izotópra, melynek neve szén-14.



Timothy Jull Forrás: [mta.hu/Szigeti Tamás](http://mta.hu/Szigeti_Tamas)

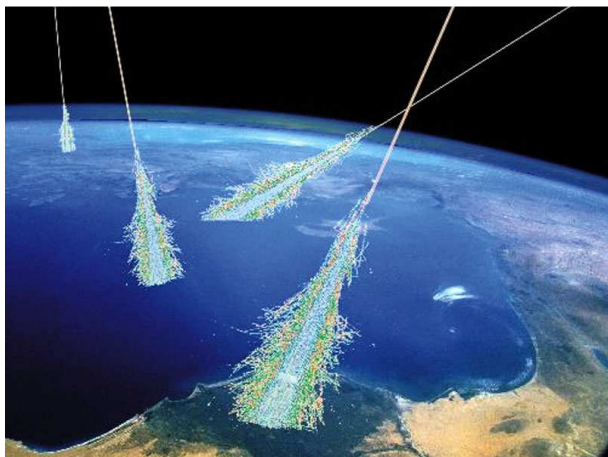
Szendvicsbe épített kronométer

Ahol csak szénatomokat sodor utunkba az élet – akár benzint égetünk az autónk motorjában, akár bekapunk egy szendvicset – túlnyomórészt a szén-12-es izotóppal találkozunk, melynek atommagjában 6 proton és 6 neutron alkot meglehetősen stabil együttest (szintén stabil, de jóval ritkább izotóp a szén-13). Lényegében elmondhatjuk, hogy a szendvicsünkben található szénatomok java része sok milliárd év óta változatlan.

Néha azonban ráharaphatunk a szén egy másik izotópjára is, mely kémiai értelemben ugyanúgy viselkedik, mint a szén-12, vagyis például ugyanúgy része a szerves molekuláknak. A szén-14 atommagjában azonban a hat proton mellett kettővel több neutron van, és ez a kombináció már nem annyira stabil: egy idő után elbomlik, és a 7 protont és 7 neutronot tartalmazó nitrogén-14 keletkezik belőle. Igazán izgalmassá az teszi a helyzetet, hogy mivel minden szén-14-atommag pontosan ugyanakkora valószínűséggel bomlik el adott időn belül, meg lehet határozni, hogy egy mintában mennyi idő alatt csökken a felére a szén-14-atomok száma: ez a felezési idő.

A szén-14 esetében ez nagyjából 5700 év, így ha nagy gonddal összekuporgatott szén-14-gyűjteményünket a vitrinbe tesszük, a hatodik évezred vége felé már csak feleakkora kupacban gyönyörködhetünk. A helyzet azonban ennél csak rosszabb lesz: újabb 5700 évet várva az eredeti mennyiség negyede marad meg, az 57 000. évben pedig már kevesebb mint ezredrésze.

A szén-14 forrása a légköri nitrogén, melyből a kozmikus sugárzás hatására jön létre. Ezekből az atomokból a levegő oxigénjével reagálva hamar szén-dioxid keletkezik, ez pedig bekerül az élet körforgásába. Ha a körülmények állandónak tekinthetők, egy idő után egyensúly áll be, és a körforgásban részt vevő szénatomok között a légköri aránnak megfelelő mennyiségű szén-14-es izotópot találunk.



A Föld légkörébe belépő kozmikus sugárzás nyomán keletkező részecskezapor

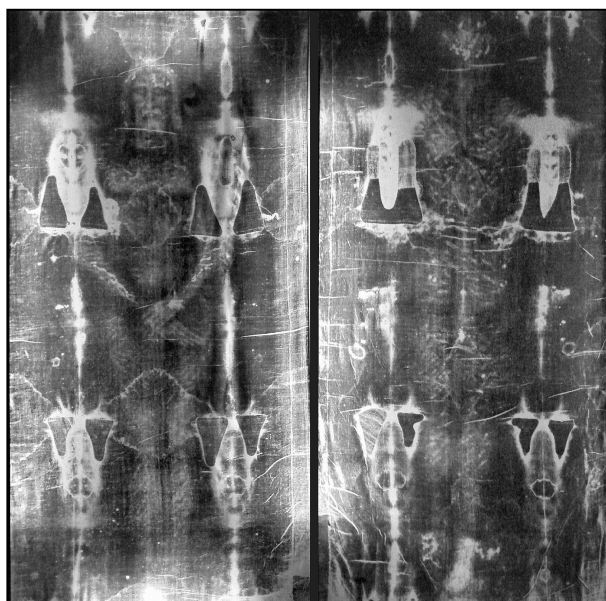
Forrás: NASA/Simon Swordy (U. Chicago)

Az igazi izgalmat azonban nem is az élet, hanem a halál hozza: a holtaknak ugyanis nincs anyagcseréjük, vagyis a bennük található szén-14 mennyisége a halál pillanatában „befagy”, és ezután csak fogy, a felezési időnek megfelelő ütemben. A szén-12 és a szén-14 mennyiségének aránya így elárulhatja, hogy egy tárgy alapanyagai mikor készülhettek élőlények szöveteiből – például egy vászondarab szövéséhez mikor aratták a lent, vagy mikor vágták le a kecskét, amelynek a bőréből egy kódex lapja készült. Ez a radiokarbonkormeghatározás módszere.

Az első leleplezés

Az angliai születésű Timothy Jull geokémikusként védte meg doktori disszertációját, majd némi európai kutatómunka után az *Arizonai Egyetemen* kezdett dolgozni, ahol érdeklődése középpontjába a szén-14 került (néhány más, szintén izgalmas izotóp mellett, lásd keretes írásunkat a cikk végén).

Így lehetett tagja annak a szakértői bizottságnak, melynek tudományos tekintélye meggyőzte a katolikus egyház egyik legismertebb ereklyéje, a torinói lepel őrzőit, hogy mintákat adjanak a kormeghatározáshoz. Végül 1988-ban sikerült elvégezni a méréseket, melyeket további független vizsgálatok követtek, és egyértelműen kiderült, hogy a vászon középkori eredetű, tehát – a legendákkal ellentétben – Jézus testét egészen biztosan nem csavarhatták bele.



A torinói lepel negatív fényképfelvételen (a 4,4 x 1,1 méteres lepel két részét egymás mellé helyezték a képen a jobb áttekinthetőség kedvéért)

Forrás: Wikimedia Commons

A vizsgálati eredményeket – nem meglepő módon – rengeteg támadás érte, bár nem a katolikus vallási hivatalosságok irányából. A legnagyobb vitát a mintavétel módja váltotta ki: egyesek azt állították, hogy egy később hozzátoldott szövetrészletből vették a mintákat, mások felvetették, hogy a templomi világítás füstjéből a szövetre rakódó koromszecskek, illetve a szövet anyagával kémiaiilag reagáló szén-monoxid módosíthatja az izotóptösszetételt. A későbbi vizsgálatok – köztük Timothy Jull 1996-ban végzett elemzése – kizárták az ilyesféle hatások szerepét, így máig ezt a kormeghatározást tartják a leghitelesebbnek.

Az efféle szakmai viták azonban jól rávilágítanak arra, hogy hiába tűnik pofonegyszerűnek egy mérési módszer, rendkívül körültekintőnek kell lenni, ha minden hibalehetőséget, műterméket ki akarunk zárni. A körültekintés még indokoltabb a torinói lepelhez hasonló egyedi tárgyak esetében, hiszen, mivel itt a lehető legkevesebb roncsolással kell célt érni, már a mintavétel módja, helye és a minták mennyisége körül is késhegyre menő viták alakulhatnak ki.

Az ereklyék ereje

A torinói lepel vizsgálata csak az első volt a Timothy Jull és arizonai laboratóriuma által vizsgált ereklyék között: az itt elnyert bizalom más becses

tárgyakhoz is megnyitotta a kapukat. Hozzá kell tennünk azt is, hogy bár a torinói lepel kormeghatározása publikációt ért a *Nature*-ben, sok kutató nem igazán lelkesedik az ilyen különleges jelentőségű objektumok vizsgálata iránt, mivel így szinte biztos lehet benne, hogy olyanokkal kell majd vitatkoznia, akikkel a legelemibb kérdésekben sincs meg a közös nevező. Timothy Jull azonban úgy véli, épp az ilyen tárgyak révén lehet sokakhoz közelebb vinni a tudományt.

Nem véletlen hát, hogy a *National Geographic Society* is őt kereste meg, amikor Júdás evangéliumának történetét kísérelte meg felgöngyöltíteni.



Júdás csókja.

Giotto festménye a padovai Scrovegni-kápolnában
Forrás: *Wikimedia Commons*

Apostoli különvélemény

A Kr. u. 325-ben megtartott niceai zsinat fordulópont volt a kereszténység történetében. Ekkor döntött arról az egyházi vezetés, hogy a közkézen forgó számos evangélium közül melyeket fogadja el hitelesnek. Az eredményt jól ismerjük: Márk, János, Máté és Lukács evangéliumának igéjével biztosan találkozunk, ha betérünk egy vasárnapi misére.

Nem így Júdás evangéliumával, mely nem meglepő módon egész másként állítja be Jézus szenvedéstörténetét, és benne a névadó szerepét. Szerzője lényegében azt állítja, hogy Júdás volt Jézus igazi kiválasztottja, és a többi evangélista által leírt

árulásra maga Jézus utasította, miközben csak neki adta át az igazi tanítását. Nagy kérdés volt, hogy vajon mikor születhetett ez a dokumentum.

Timothy Jull és munkatársai arra jutottak, hogy a papiruszt, amire a szöveget írták, Kr. u. 300 körülén készíthették. A tinta vizsgálatával együtt végül ki lehetett jelteni, hogy minden valószínűség szerint ez is egy volt a niceai zsinat által kizárt evangéliumok közül. Arra a kérdésre persze ez a vizsgálat sem tudott választ adni, hogy a szövegben foglaltaknak mennyi köze van a valósághoz. Azt a korábban népszerű elméletet azonban ki tudták zárni, hogy egy jóval a zsinat után született hamisítványról lenne szó.

Hasznos anomáliák

A szén-14 5700 éves felezési ideje a régészek számára meglehetősen szerencsés érték, mert így nagyjából az emberiség történetének az az időszaka vizsgálható kellő pontossággal, ahonnan maradtak is ránk szerves anyagból készült tárgyak. Épp emiatt egy-egy radiokarbonos kormeghatározással olykor igencsak rálépnek a kreacionisták tyúkszemére, hiszen egyes leleteknek eszerint bőven a teremtés előtt kellett keletkezniük. A kreacionisták ritkán válogatnak eszközeikben, elrontott mérések adatait tálalják fel bizonyítékként, vagy azt állítják, hogy a múltban egész más volt a szén-14 aránya, így a mérések eleve gyenge alapokon állnak.

Utóbbi érvük nem egészen légből kapott, ugyanis a szén-14 előfordulásának aránya valóban nem teljesen állandó, a modern emberi tevékenység is befolyásolja, ezért 300 évnél fiatalabb tárgyakon nem is lehet megbízható radiokarbon-kormeghatározást végezni. Annyiban megnyugodhatunk, hogy hosszabb időtávon a fizikai modellek szerint kellő pontossággal működik. Azonban ezek a modern kori anomáliák elvezetnek Timothy Jull kutatásának másik irányához.

Nagyjából az ipari forradalom óta ugyanis az emberiség egyre nagyobb mértékben használ fosszilis energiahordozókat – szenet, olajat, gázt. Ezek az anyagok sok millió éve elpusztult élőlényekből keletkeztek, így gyakorlatilag nem tartalmaznak szén-14-et. A fosszilis tüzelőanyagok elégetésével tehát az emberiség folyamatosan hígítja a levegő szén-14-koncentrációját. Ugyanakkor az emberi tevékenység a 20. század közepén alig több mint egy évtized alatt duplájára növelte a légköri szén-14 mennyiségét az atomkísérletekkel. Így tehát a

légkör az 1950-es években hirtelen „megfiatalodott”, azóta viszont gyors ütemben „öregedik”.



Olajfinomító fáklyája – az ősi fosszilis lerakatok egyáltalán nem tartalmaznak szén-14-et
Forrás: stockfresh.com

A légköri szén-dioxid az óceánok vizébe is beleoldódik, ahol különféle élő szervezetek testébe vagy éppen mézsvázába kerül. Innen már világos, hogyan kapcsolódik a szén-14 a klímakutatáshoz: előfordulásának arányát mérve feltérképezhetők a globális szénkörforgás részletei, és az emberi szén-dioxid-kibocsátás hatásai. Egy ilyen, az Európai Unió által támogatott klímakutatási programban vesz részt Timothy Jull az Atomkiban, ahova nagyjából öt éve először Fulbright-ösztöndíjasként érkezett.

A magyar „Kaba-kő”

Debrecen azonban más izgalmas vizsgálati lehetőségeket is kínált: ilyen volt a kabai meteorit, melynek eredetét és űrbeli méretét becsülték meg a szén-14 segítségével. A magas széntartalmú objektum (ún. CV-kondrit), mely 1857. április 15-én este csapódott be a földbe Kaba határában, az egyik első olyan űrből érkezett test, amelyben szerves anyagot mutattak ki. Mivel az űrben levő aszteroidák anyagát folyamatosan és közvetlenül éri a kozmikus sugárzás, ezekben is keletkeznek különféle radioaktív izotópok, köztük szén-14 – azonban e sugárzás mértéke csökken az objektum felszínétől mért távolsággal.

Amikor egy ilyen objektum belép a Föld légkörébe, a felszíne felizzik, részben elpárolog, részben pedig a hő hatására átalakul. Ha tudjuk, hogy mikor

csapódott be a meteorit, ügyes mintavétellel következtethetünk a légkörbe csapódása előtti történetére. A kabai meteoritról Timothy Jull vizsgálatai alapján az derült ki, hogy valószínűsíthetően egy jóval nagyobb aszteroida része lehetett – mint amilyen például ma a Ceres.

Az előzőek után talán nem meglepő, hogy szén-14 kutatási lehetőségeivel önálló folyóirat foglalkozik. A *Cambridge University Press* kiadásában kéthavonta megjelenő *Radiocarbon* főszerkesztője pedig nem más, mint Timothy Jull.

A szénnel nem ér véget az izgalmas izotópok világa. A Debrecenben vendégeskedő kutató két másik kedvencével is megismertetett.

A berillium-10 a kozmikus sugárzás hatására keletkezik a légköri oxigénből, majd az esővízzel eljut a földfelszínre, és hamar kicsapódik a sziklák felszínén és a talaj felső rétegében. Ez a tulajdonsága, valamint másfél millió év körüli felezési ideje nagyszerűen alkalmassá teszi az erózió mérésére. Ha arról halunk, hogy miként nyomultak előre és húzódtak vissza a gleccserek a régmúltban, jó eséllyel a berillium-10 koncentrációjának vizsgálatán alapultak a kutatások. Svájcban minden gleccsormorénánál elvégezték ezt a kormeghatározást, a Kárpátokban nemrég indult hasonló projektben pedig Timothy Jull is részt vesz.

Egészen más jellegű méréseket tesz lehetővé a jó-129, mely a nukleáris aktivitást jelzi – lényegében kizárólag atomkísérletekből és a nukleáris fűtőanyag újrafelhasználását végző üzemekből juthat a környezetbe. (Hasonló, kizárólag emberi tevékenység során keletkező izotóp a ruténium-106, melynek rejtélyes felbukkanásáról nemrég az [mta.hu is beszámolt.](http://mta.hu/is_beszamolt)) Timothy Jull egyik diákja a csendes-óceáni korallokban vizsgálja az atomkísérletek nyomait, de a jó-129 segítségével próbálnak annak is utánajárni, hogy milyen módon terjed az óceánban a fukusimai atomerőműből kiszabadult szennyezés. 10 millió évnél hosszabb felezési ideje miatt hosszabb távú vizsgálatokat is lehetővé tesz, mint a viszonylag gyorsan lebomló céziumizotópok.

Forrás: http://mta.hu/tudomany_hirei/a-torinoi-lepeltol-a-klimavaltozasig-interju-timothy-jull-lal-108576

Válogatta: Fonyó Istvánné