

# EGYSZERŰ MÓDSZEREK A LÉGKÖRI SZÉN-DIOXID-KONCENTRÁCIÓ-VÁLTOZÁS HATÁSÁNAK ELEMZÉSÉRE

Reményi Károly

az MTA rendes tagja  
remeni@freemail.hu

A földfelszínre energetikai egyensúlyt felírni a hőkapacitások és a felületi változások miatt nagyon bonyolult, és sok hibalehetőséget rejt magában, egyesek szerint elméletileg is hibás. A mérésekkel is leginkább ellenőrizhető a légkör felső határa, mert ott a megbízhatóbban mérhető jellemző, a napállandó áll rendelkezésre. Viszonylag nagy pontossággal ismeretesek a CO<sub>2</sub>-koncentráció és a gáz fizikai jellemzői. A Nap sugárzása egy 5800 K hőmérsékletű fekete test sugárzásaként tárgyalható. A Wien-törvényt tekintve a napsugárzási spektrum maximuma kb. 0,5 mikrométeres hullámhossznál van, és a sugárzott energia 99%-a a 0,15–4 μm hullámhossztartományba esik (a sugárzás 7%-a az UV, 44%-a a látható és 49%-a az infravörös hullámhossztartományba). A napsugárzásból a levegő 15–16%-ot, a felhőzet viszonylag keveset, 4%-ot absorbeál.

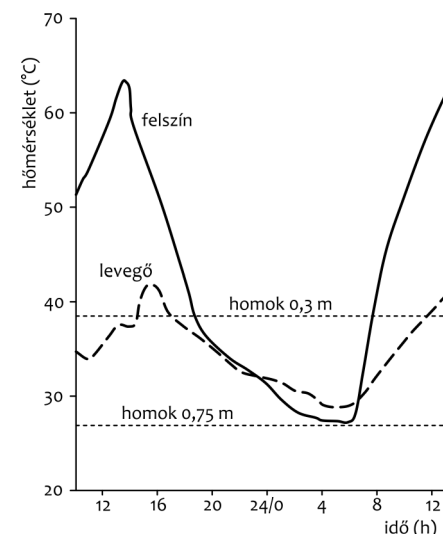
Sajnos a „globális” hőmérséklet esetében megfelelő mérési eszközök meglete esetén is, megfelelő definíció hiányában, az értékek vitathatók. A definíció igénye sokszor ingerültséget is okoz, de mindig kitérnek a meghatározástól. A globális hőmérsékletre nem volt (és nincs) megfelelő meghatározás. Megjelent az *Earth's surface* hőmérséklet nem tisztán

definiálva, majd a szilárd felszínnél a felszín közeli 1,5–2 m-en lévő hőmérsékletet definiálták globálisnak. Hamar kiderült, hogy ennek nemcsak mérés technikai, hanem elméleti problémái is vannak. A felszín változatosága miatt, például Oklahoma magas-alföldje, hegyláncai, a Sziklás-hegységtől nyugatra a Sierra Nevadáig terjedő hegyrengetegek, a sivatagok, az esőerdős területek esetében nehéz elképzelni, mit lehet reálisan 1,5–2 méterrel a felszín feletti mérőhelynek érteni. A tengerfelszín feletti mérés helyett a felszín közelében, a vízben mért hőmérséklet értékét választották. Emellett a kutatóállomások elhelyezkedésében lévő nagy különbségek (Vosztok 3488 m, Mauna Loa 4170 m, tengerszintű állomások stb.) miatt szintén nehéz a mért értékeket egy globális értékbe illeszteni. Sajnos az irodalom ezen problémák megoldásának részletes ismertetésére nem tér ki. Pedig minden méréshez a körülmények ismertetése elengedhetetlen. A szilárd talajon a valóságos felszín (amely sugárzással és konvekcióval adja le a felvett hőt) és a közeli levegő közötti kölcsönhatás is különleges körülményt igényel, a talaj és a közeli levegő hőmérséklete között akár 30–40 °C hőmérséklet-különbség is lehet, például a sivatagban bizonyos

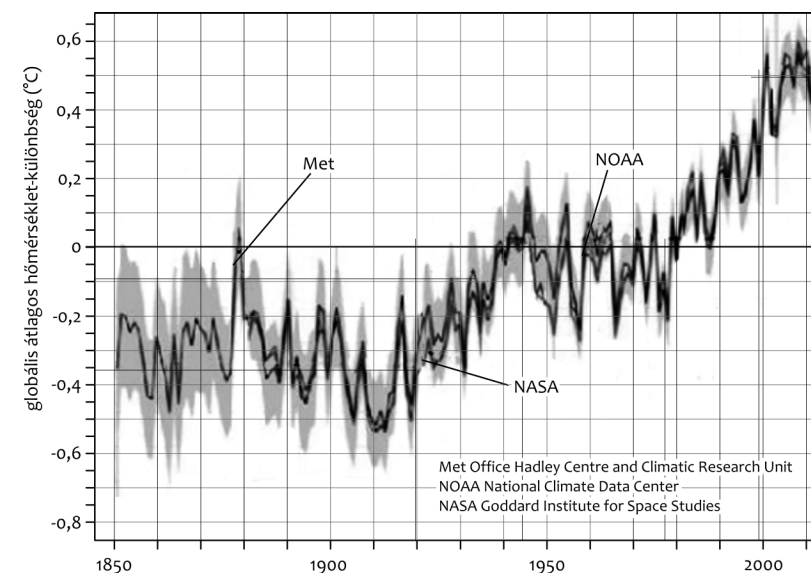
napszakokban (a talajhomok hőmérséklete 70 °C, a levegőé 40 °C (1. ábra).

A mérési helyek nagy száma mellett is a Föld sok helyén csekély a lefedettség. Az utóbbi évtizedek technikai fejlődésének hatására nagyon sok új jelenséget tártak fel, de az alapproblémát, a globális felmelegedés kérdését egyértelműen nem oldották meg. A CO<sub>2</sub> mérése „globálisan” elfogadható, de a „globális” hőmérsékletre való hatásának az irodalomban található eltűzött mértéke nem igazolható.

A nemzetközi irodalomban konszenzussal fogadják el értékeket, például hogy az utóbbi százötven évben a globális hőmérséklet főleg a CO<sub>2</sub>-kibocsátás következtében a pár évvel ezelőtti és még sok helyen található adat szerint 0,74 °C-kal, újabb adatok szerint 0,85 °C-kal emelkedett. Lektorom szerint ez nem nagy különbség, de ez valójában közel



1. ábra • Napi hőmérséklet-változás nyáron a felszín közeli levegőben és két talajmélységben a Szahara egy homokdűnéjében (Bíróné Kircsi, 2005)



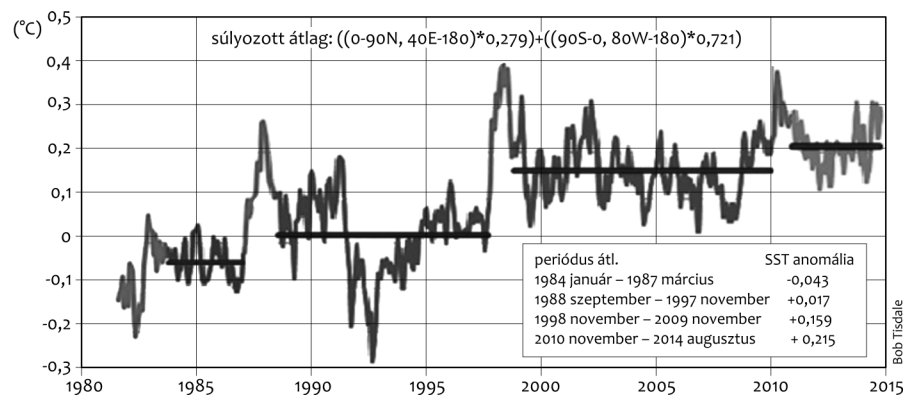
2. ábra • A Met Office (Egyesült Királyság, Országos Meteorológiai Szolgálat), a NASA (National Aeronautics and Space Administration – Amerikai Űrkutatási Hivatal) és a NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration – Nemzeti Óceán- és Légkörkutató Intézet) hőmérsékletadatai az utóbbi százötven évről

15%-os emelkedés, ami azért nem elhanyagolható. A NASA által közölt diagramból (2. ábra) azonban ennél lényegesen figyelemre méltóbb, gondolatébresztő, jelenleg még tudományosan nem értékelt jelenség olvasható ki. Amíg a CO<sub>2</sub>-koncentráció folyamatosan emelkedett, addig a ciklikusan változó hőmérséklet átlaga 30–40 évig azonos szinten maradt, majd viszonylag gyors (de nem nagy) növekedéssel új szinten állt be: állandó szint 1880–1920 között, majd 0,23 °C szintemelkedés, 1945–1975 között állandó szint, majd 0,45 °C szintemelkedés 1998-ig. Jelenleg az 1998-ban elkezdődött állandósági tartományban vagyunk, a diagramban az utolsó év 2013 (2. ábra). A szinteket részletesebben elemezve az egyes szakaszokban esetleg kisebb hőmérséklet-csökkenés állapítható meg. A teljes időszakban 1850 és 2010 között a légköri CO<sub>2</sub>-koncentráció gyakorlatilag folyamatosan növekedett (Reményi, 2014).

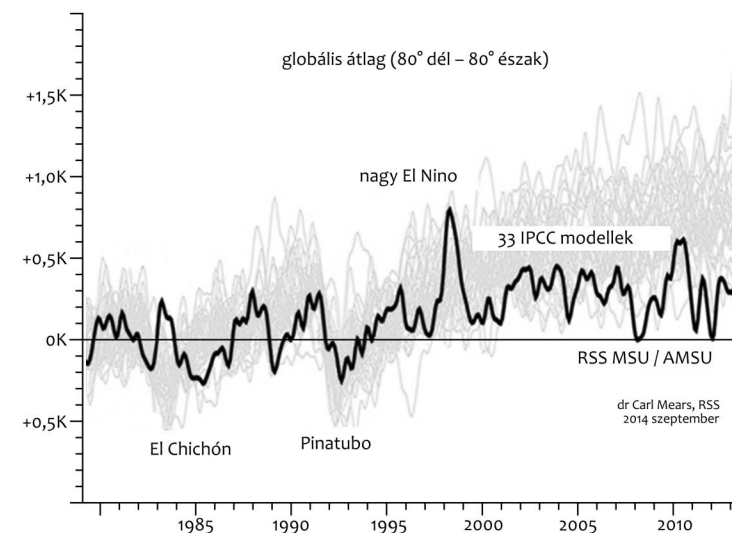
Hasonló gondolatmenet alapján készített lépcsős diagram (3. ábra) az irodalomban is található, amely egymástól független szerzőktől jelent meg (URL1). Ugyancsak hasonló gondolatokat vetett fel a Magyar Tudományos

Akadémián 2014. október 29-én előadást tartott Vincent Courtillot, a Francia Tudományos Akadémia Tagja is (Courtillot, 2014).

Nem kívánok részletesen foglalkozni a médiát uraló és a közvéleményt is sok esetben félrevezető, homogenizált, sokszor korrigált és újraelmzett, a mérőműszerek „re-kalibrálásával” létrehozott adatokkal készült IPCC-prognózisokkal. A médiában irányított, sajátos módszerrel végzett elemzésekkel, csak az általuk elismert tudósok 95%-os egyetértésére való hivatkozással szemben nagyon nagy számban igen jelentős kutatók (neves egyetemeken, például Harvard, MIT stb.) nem értenek egyet a „hivatalossá” tett globális felmelegedés ember általi szerepének eltúlzásával. Sajnos a felmérési módszer itt sem került ismertetésre. Ezekre vonatkozó „szkeptikus” megjelölés is helytelen, mert inkább azok szkeptikusok, akik a természet feletti uralom lehetőségét vindikálják a maguk számára. A globális felmelegedés „kutatásában” már jelentős csalások is lelepleződtek (nem a tévedésekre gondolok). A „hivatalos” prognózis és a valóságos folyamat összevetését mutatja a 4. ábra (URL1).



3. ábra • A különböző tengerek felületi hőmérsékletének változása lépcsős diagrammal ábrázolva.



4. ábra • Az IPCC-33 modelljének egymásra rajzolásával bemutatott, prognosztizált hőmérséklet-változást a RSS MSU (Remote Sensing Systems Microwave Sounding Units) által az 1979–2014 között mért valóságos értékekkel. Átmeneti lehűlést 1983-ban az El Chichón, 1991-ben a Pinatubo vulkánok okoztak, és jelentős felmelegedési ugrás látható az El Niño éghajlati jelenség 1998-ban történt fellépésekor.

Bár az utóbbi tizenöt évben a CO<sub>2</sub>-koncentráció folyamatosan növekedett, a mérések szerint a globális hőmérséklet nem változott. Az IPCC modelljeinek többsége ezt nem jelezte, mindössze egy adta vissza a stagnálást. Azzal magyarázzák, hogy a hó a tengerek mélyebb rétegeibe áramlott, és ez nem jelezhető. Az óriási mennyiségű hiányzó hó nehezen magyarázható. Korábban a CO<sub>2</sub>-koncentráció és a globális hőmérséklet közötti korrelációról beszéltek. Akkor sem indokolt bizonyosan korrelációról beszélni, ha például két jellemző valamely paraméter változásával hasonló jelet mutat. A korreláció lineáris ok-okozati kapcsolatot feltételez. Ez a CO<sub>2</sub>-koncentráció és a globális hőmérséklet változásakor nem igazolható. Számos időszakban tény az ellentétes irányú változás (például 1940–1970), vagy a stagnálás (1998–).

A hőmérséklet-változás elemzésekor fontos jellemző az adott légköri komponenshez tartozó sugárzási kényszer és a légköri érzékenység. A sugárzási kényszer fogalmát a TAR- és a korábbi IPCC-jelentések újították fel. Venkatachalam Ramaswamy és munkatársai (2001) definíciója szerint: „A sugárzási kényszer (RF – radiative forcing) a troposzférában elnyelt nettó (a besugárzás mínusz a ki-sugárzás) sugárzási energia (napsugárzás plusz a hosszuhullámú sugárzás) megváltozása Wm<sup>-2</sup>-ben. A sugárzási egyensúlyt a sztratoszféra hőmérsékletének alakulása biztosítja, továbbá a felszíni és a troposzféra hőmérséklettel és állapottal az új feltételeknek megfelelően zavarmentessé teszi a rendszert.” A sugárzási kényszer fogalmát gyakran használják a klímaváltozást kiváltó különböző okok hajtóerejének méréséhez. Ez az elvileg hasz-

nálható módszer a valóságban nagyszámú, jelentős bizonytalansággal meghatározható fizikai paraméter és jellemző ismeretét igényli. Az eredmény konszenzussal születik meg, ez nem nevezhető tudományos módszernek. Newton is, Einstein is bizonyos folyamatok általános jellemzőinek meghatározását minél egyszerűbb módszer alkalmazásával tartják kedvezőbbnek, és óvnak a természeti folyamatok megerősökölésétől. (Isaac Newton: *The Mathematical Principles of Natural Philosophy* [The Rules of Reasoning in Philosophy] RULE I szerint: „We are to admit no more causes of natural things, than such as are both true and sufficient to explain their appearances”.<sup>1</sup> Albert Einstein szerint: „Everything should be made as simple as possible, but no simpler.” *On the Method of Theoretical Physics*. The Herbert Spencer Lecture, delivered at Oxford, 10 June 1933).<sup>2</sup> A fizikai valósághoz közelebb álló gondolatmenettel, a légkörben végbemenő változásokat külön nem elhatárolva számolhatjuk a CO<sub>2</sub> hatását. Az alapelv az, hogy a légkör határán kell hosszú távon sugárzási (energetikai) egyensúlynak lennie. Enélkül a globális változás érzékeltetésére minden kísérletezés káoszba fullad, és parttalan vitát eredményez. A kutatások részeredményei ettől függetlenül nagyon értékesek. A légköri belső viszonyok (sugárzásintenzitás, hőmérséklet-eloszlás) átrendeződését feltételezzük. A Földre, a Napról besugárzott hőnek, a földfelszínről és a

közbenső közegekből a biológiai, kémiai és fizikai folyamatokban fel nem használt részét a világűrbe vissza kell sugározni. A légköri szén-dioxid-koncentráció növekedése miatti abszorpció-növekedéssel az alsóbb rétegeken való átsugárzás, csak a rétegek hőmérsékletének növekedésével történhet meg. Így alakul ki a légkör határára számítható egyensúlyi hőmérséklet.

Számos ismertetés található, amely szerint a CO<sub>2</sub>-koncentráció növekedésekor optikai telítettségi jelenség lép fel, tehát egy határon túl további koncentráció-növekedés már nem játszik szerepet. Ezt a jelenséget jelenleg nem vizsgáljuk, közelítésként a vizsgált tartományban folyamatosságot tételezünk fel. A számítások közelítőek, azaz a CO<sub>2</sub> hatását folyamatosnak tekintjük, bár nyilvánvaló az eddigiekből, hogy ez sem áll fenn, ezzel itt a biztonság irányában térünk el. A sokparaméteres vizsgálat nagyobb hibalehetőségét azonban elkerüljük.

A statikus, hosszú távon érvényesülő energetikai egyensúly a légkör felső határára értelmezhető. Az energetikai folyamatok jelentős része „valós idejű” folyamat, de a különböző tárolók időben lezajló folyamatokat eredményeznek. Természetesen nem vita kérdése, hogy a rendkívül bonyolult földi rendszer állandó dinamikus változásban van, ez is alátámasztja, hogy a földfelületre lehetetlen egyensúlyi feltételezésekkel élni. A földi és a légköri belső folyamatok részletes elemzése nélkül a Föld energetikai egyensúlya a légkör határára az átmeneti fizikai, kémiai és biológiai folyamatok lezajlásával közelítőleg értelmezhető. Általánosan feltételezve azt, hogy a belső, különböző irányú sugárzások eredőjeként a légkör határán a kisugárzásnak a besugárzás hőként maradt részével egyensúlyban kell lennie. Ha a rendszeren belül válto-

zás van (pl. CO<sub>2</sub>-növekedés), akkor az alsó rétegek hőmérsékletének változnia kell úgy, hogy az egyensúly helyreálljon. A CO<sub>2</sub>-koncentráció növekedése esetén a légköri abszorpció növekedése miatt növekedni kell az alsó rétegek hőmérsékletének, mert a visszasugárzásnak a hosszabb hullámokat elnyelő rétegen kell áthatolnia (munkahipotézis). Ez a módszer alkalmas egy ún. szükséges „globális” hőmérséklet-növekedés meghatározására.

A növekvő szén-dioxid-koncentráció hatásának vizsgálatához alapadatok (Major, 2012): napállandó:  $S_0=1366 \text{ W/m}^2$ ; a gömbnek feltételezett teljes földfelületre:  $S=341,5 \text{ W/m}^2$ ; visszatükröződés:  $R=0,3 \times 341,5=102,45 \text{ W/m}^2$ ,  $4R=409,8 \text{ W/m}^2$ ; a sugárzásban részt vesz:  $S=341,5-102,5=239 \text{ W/m}^2$ .

Nyomatékosan hangsúlyozzuk, hogy a valóságban megismételhető mérésekkel rendelkezésre álló adatokkal ellátható egyszerű, elfogadható határon belüli pontosságú képletekkel dolgozunk. A következőkben általunk kidolgozott és neves egyetemek tananyagában szereplő egyszerű módszereket ismertetünk, amelyek alkalmasak lehetnek a szén-dioxid által okozott, globálisnak értékelt hőmérséklet-változások számítására. Ismételt hangsúlyozzuk, hogy a CO<sub>2</sub> közvetlen szerepének tisztázása a cél, visszacsatolások nélküliek a számítási módszerek, nem mondjuk, hogy azoknál jobbak. A felhasznált kevés adat viszonylag pontosan, széles körben ismert, elmenthetően a számos, hitre alapozó, sok megismerhetetlen adattal dolgozó, rendkívül bonyolult modellel. A korszerűnek számító modellekkel ellentétben számításaink az 570 ppm-re jósolt 3–4 °C hőmérséklet-emelkedés helyett 2 °C érték alattit jósolnak. A számításokkal a múltra vonatkozólag a ténylegesen megvalósult értékek adódnak. Az eddigi

korszerű modellek jóslatai a valóban megvalósult értékektől jelentősen eltértek (4. ábra).

### 1. módszer

Az iparosodás óta nemzetközileg elfogadott globális hőmérséklet-emelkedés értékére az irodalom széles körében még idézett értéket vesszük fel: 0,74 K, a földfelszínhez közeli hőmérséklet 288 K. A légkör határán feltételezett egyensúlyi egyenletből ezen időszakokra a CO<sub>2</sub>-koncentráció növekedése hatásának számításához szükséges adatok egyszerűen számíthatók. A számításokat bárki tetszés szerint, általa helyesnek tartott értékekre elvégezheti.

A módszer közelítő, a másodrendű tagok elhanyagolásával történik a számítás.

A napállandó:  $S = 1366 \text{ W/m}^2$

$S = \sigma T_N^4 - T_F$  a visszasugárzási hőmérséklet,  $T_N + 33 = 288 \text{ K} = (278,6 + 9,4) \text{ K}$

A visszasugárzás növekménye:  $\Delta S = \sigma (T_F^4 - T_N^4)$ , számítása egyszerű számtani művelet:  $\Delta S = \sigma [(T_N + \Delta T_F)^4 - T_N^4] = \sigma [(T_N + \Delta T_F)^2 \times (T_N + \Delta T_F)^2 - T_N^4] = \sigma [(T_N + \Delta T_F)^2 \times (T_N + \Delta T_F)^2 - T_N^4]$ , a másodrendű kis tagokat elhanyagolva:  $= \sigma [T_N^4 + 4T_N^3 \Delta T_F - T_N^4] = 4\sigma T_N^3 \Delta T_F$ ,  $\Delta T_F = \alpha \ln c/c_0 : (\sigma 4T_N^3)$ , ahol  $c$  az aktuális,  $c_0$  a vonatkoztatási szén-dioxid-koncentráció.

Az  $\alpha$  állandó számításához a mért 0,74 °C értéket elfogadva, a radiatív-konvektív modellekkel kapott eredmények empirikus közelítésére talált képletet alkalmazva:  $\Delta T_F = 0,74 = \alpha \ln c/c_0 : (\sigma 4T_N^3) = \alpha \ln 400/280 : 4 \times 5,67 \times 10^{-8} \times 288^3 = \alpha \times 0,3567/5,42$  és ebből  $\alpha = 11,2 \text{ W/m}^2$  a valóságból számítva.

$\Delta T_F = 10,87/5,14 \cdot \ln c/c_0 = 2,07 \times \ln c/c_0$

### 2. módszer

A beeső sugárzás a különböző rétegeken átáramlik, azok elnyelnek, a fősugár tovább áramlik. A légköri adatok és a koncentráció-

<sup>1</sup> „A természetfilozófia matematikai alapelvei [Gondolkodási szabályok a filozófiában], I. szabály „Nem kell több okot feltételezni a természet dolgaiban, mint ami igaz és elégséges a megértéséhez”.

<sup>2</sup> Mindent olyan egyszerűen kell csinálni, ahogyan az lehetséges, de nem egyszerűbben”. *Az elméleti fizika módszeréről*. Herbert Spencer-előadás, Oxford 1933. június 10.

CO <sub>2</sub> (ppm)	ln c/c <sub>0</sub>	ΔT <sub>F</sub> (K)
280	0	0
350	0,223	0,46
400	0,357	0,74
450	0,474	0,98
500	0,58	1,2
600	0,762	1,57

1. táblázat

változások ismeretesek, így a rendszer különböző helyein az energiaviszonyok számíthatók. A beeső sugárzás gyengülése:  $S = S_0 e^{-\rho l}$ , ahol e a relatív emisszióképesség, például a komponens nyomásának és rétegvastagságának szorzata.

A rendszerben marad:  $S = S_0 (1 - e^{-\rho l})$

Az egyensúlyhoz a rendszer szükséges belső sugárzása:  $4S + 4R + 1/(2S)$ , ebből számítható a rendszer globális belső hőmérséklete.

$$T = \sqrt[4]{\frac{4S + 4R + \frac{1}{2S}}{4\sigma}}$$

3. módszer

A légkör relatív emisszióképességére a sugárzásgyengülés képletét közvetlenül is lehet közelítőleg alkalmazni. A hatás kétszer érvényesül: a légkör az általa abszorbeált hőt a

CO <sub>2</sub> ppm	e	p × l bar × m	239 (1 - e <sup>-ρl</sup> )	1/(2S) W/m <sup>2</sup>	4S + 4R W/m <sup>2</sup>	4S + 4R + 1/(2S) W/m <sup>2</sup>	T K	ΔT K
280	0,198	2,17	83,6	41,8	1366	1407,8	280,72	0
350	0,205	2,7	101,52	50,76	1366	1416,78	281,16	0,44
400	0,21	3,1	114,16	57,08	1366	1423,08	281,48	0,76
450	0,215	3,5	126,4	63,2	1366	1429,2	281,78	1,06
500	0,225	3,9	139,44	69,72	1366	1435,72	282,1	1,38
600	0,23	4,64	157,6	78,8	1366	1444,8	282,55	1,83

2. táblázat

világűr felé és a földfelületre visszazugározza. A felületre beeső rövid és hosszuhullámú sugárzás legnagyobbbrészt hosszuhullámúként sugárzódik vissza. A sugárzásgyengülés képlete (sajnos az irodalomban itt kevés mérési adat található):  $a_g = 1 - e^{-0,71^2 \sqrt{pl}}$

Az egyensúlyhoz szükséges magasabb hőmérséklet:

$$T_e = \sqrt{\frac{\left(\frac{1+a_g^2}{4}\right) S + 4R}{4\sigma}}$$

A 3. táblázatból látható, hogy ha a CO<sub>2</sub>-koncentráció 280 ppm-ről 500 ppm-re növekszik, az 1,7 K hőmérséklet-emelkedést eredményez.

4. Harvard-módszer

Figyelemre méltó, hogy a világ egyik leghíresebb egyeteme, a Harvard tananyagában is egyszerű módszert tartanak célszerűnek a globális hőmérséklet-változás számításához (Jacob, 1999). A légkör tömegében az üvegházgázok gyakoriságának növekedése miatt fellépő sugárzási kényszer változása hatására megbomlik a sugárzási egyensúly. A hőmérsékleti hatást a sugárzási kényszer és a légkör érzékenységének ismeretében számítják (Jacob, 1999). Kiindulásában hasonlít az általam készített 1. módszerhez.

$$\Delta T_0 = \lambda \Delta F$$

$$\lambda = \frac{1}{4 \left(1 - \frac{f}{2}\right) \sigma T_0^3}$$

$$\Delta \Delta = \left(\frac{1-f}{2}\right) \sigma T_0^4 - \left(\frac{1-f+\Delta f}{2}\right) \sigma T_0^4 = \frac{\Delta f}{2} \sigma T_0^4$$

$$T_0 = \left[ \frac{F_s (1-A)}{4\sigma \left(\frac{1-f}{2}\right)} \right]^{1/4}$$

$F_s = 1366 \text{ W/m}^2$ ; Az albedó,  $A = 0,25$ ; 280 ppm-nél a relatív emissziós tényező  $f = 0,2$ ; 600 ppm-nél  $f = 0,23$ ;  $\Delta F/2 = 0,015$ .

$T_0 = 266,2$ ,  $\lambda = 0,2577 - 0,26$

$\Delta T_0 = \lambda \Delta F$

$\Delta F = 0,015 \times 5,77 \times 50,2 = 4,27$

$\Delta T_0 = \lambda \Delta F = 0,26 \times 4,27 = 1,11 \text{ K}$

A Harvard-módszer szerint, ha a széndioxid-koncentráció 280 ppm-ről 600 ppm-re növekedik, az 1,1 K hőmérséklet-emelkedést okoz.

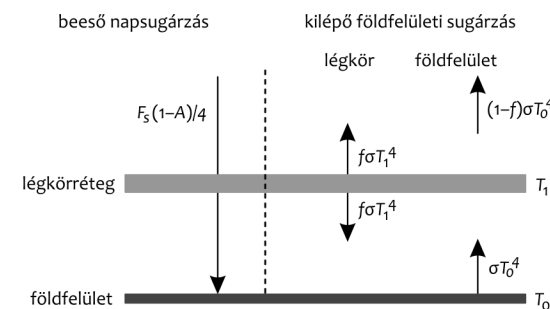
CO <sub>2</sub> ppm	a <sub>g</sub>	a <sub>g</sub> <sup>2</sup> /4	T <sub>e</sub> K
280	0,65	0,106	283,6
350	0,69	0,119	284,2
400	0,714	0,128	284,6
450	0,736	0,135	285,0
500	0,755	0,143	285,3
600	0,785	0,154	285,8

3. táblázat

Ha például  $\Delta F = 2 \text{ W/m}^2$   $\Delta T_0 = 0,26 \times 2 = 0,52 \text{ K}$

Az ismertett 4 módszer számítási eredményeinek összehasonlítása a 4. táblázatban található.

Figyelemre méltó, hogy minden számítási módszer a jelenlegi szén-dioxid-koncentrációhoz, a 0,74 °C hőmérséklet-változáshoz közeli értéket ad. A 600 ppm-re való növekedéskor biztonsággal mondhatóan nem éri



6. ábra • Egyszerű üvegházmodell.

A földfelszín egységnyi felületén a sugárzási fluxus szemléltetése

CO <sub>2</sub> ppm	ΔT különböző módszerekkel °C					
	alap	1	2	3	Harvard	átlag
280	0	0	0	0	0	0
600		1,57	1,83	2,2	1,1	1,67

4. táblázat

el a „bűvös” 2 °C értéket. Emlékeztetni kell arra, hogy a CO<sub>2</sub> ténylegesen kibocsátott mennyiségének legfeljebb csak a fele marad a légkörben, a felét a különböző természeti elemek (fizikai és biológiai) lekötik, vagy hasznosítják. A lekötés mértéke a jövőben még növekedhet is. Az általam ismertetett és esetleg vitatott adatok felhasználásával végzett számítások ellenére is emlékeztetni kell, hogy komoly tudósok a klímaváltozás kezelésének jelenlegi módszerét is vitatják. Ezt én a klímakutatókra hagyom.

### Összefoglalás

A természetben létező óriási változásokhoz képest hiú ábránd az emberi szereplésnek hosszabb távon alapvető befolyást tulajdonítani. A klímakutatásban is a nagyon értékes megismeréseket a tényleges hasznosításuk helyett, a bizonytalanságok miatt nagyrészt gazdasági hasznosításra és pánikkeltésre használják. Bár nagyon sok paraméter fontosságát hangsúlyozzák, mégis a végered-

ményt leszűkítik a szén-dioxid (illetve az üvegházgázok) kibocsátásának alapvető szerepére. Továbbra sem kívánok a klímaváltozással kapcsolatos vitába bekapcsolódní, csupán a szén-dioxid szerepére teszek néhány észrevételt hőtechnikai és energetikai szempontból. Elsősorban Newton és Einstein figyelmeztetése alapján, a globális értékek meghatározásakor a lehetséges legegyszerűbbekre teszek néhány javaslatot. Véleményem szerint e közelítő módszerek pontossága elegendő az elméletileg megfelelő definícióval és mérésrel még vitathatóan alátámasztott globális hőmérséklet-változásban a szén-dioxid szerepének meghatározására. A konszenzus nem tudományos módszer. A klímaváltozás evidencia. A médiával túltámogatott pánikkeltés helyett helyesebb lenne az igen mélyreható kutatási eredményeket reális lehetőségekre hasznosítani.

**Kulcsszavak:** *globális felmelegedés, energetikai egyensúly, egyszerű képletek, szén-dioxid*

### IRODALOM

- Bíróné Kircsi Andrea (2005): *Bioklimatológia* 2. rész, 2. ea, KLTE, Debrecen, 2005 B1051a
- Courtilot, Vincent (2014): *Dangerous Global Warming: Myth Or Reality? On Scientific Discovery, Consensus and Debate: A Personal Experience*. MTA Székház, Felolvasóterem, Budapest, 2014. október 29.
- Jacob, Daniel J. (1999): *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton University Press Chapter 7. The Greenhouse Effect • <http://tinyurl.com/jzqdr4o>
- Major György (2012): A napállandó mérések újabb eredményei. In: *38. Meteorológiai Tudományos Napok – A légkörfizika és a levegőkémia a modern meteo-*

*lógiaiban*, 2012. nov. 22–23. MTA Székház, • <http://tinyurl.com/z5f75mr>

Ramaswamy, Venkatachalam et al. (2001): *Radiative Forcing of Climate Change*, IPCC • <http://tinyurl.com/jdm36me>

Reményi Károly (2014): Globális lehülés, globális felmelegedés, szén-dioxid, *Magyar Tudomány*. 175, 9, 1105–1116. • <http://www.matud.iif.hu/2014/09/10.htm>  
 URL1: *It's Official: No Global Warming for 18 Years 1 Month... Global Temperature Update By Christopher Monckton of Brenchley*. (Bob Tisdale 2014 okt.) • <http://tinyurl.com/gqaqhr9>

# AZ IDEGRENDSZERT ÉRINTŐ NEURODEGENERATÍV BETEGSÉGEK MODELLEZÉSE PETRI-CSÉSZÉBEN

Kovács Eszter

MSc, doktorandusz hallgató  
 Eötvös Loránd Tudományegyetem  
 Genetika Tanszék, BioTalentum Kft.  
[eszter.kovacs@biotalentum.hu](mailto:eszter.kovacs@biotalentum.hu)

Dinnyés András

DSc, BioTalentum Kft., Szent István Egyetem  
 Molekuláris Állatbiotechnológiai Laboratórium

Kobolák Julianna

PhD, BioTalentum Kft.

A központi idegrendszer érintő betegségekben több millióan szenvednek világszerte, azonban számos esetben a betegségek kialakulásának és lefolyásának molekuláris szintű mechanizmusai szinte alig tisztázottak. Éppen ezért nem állnak rendelkezésünkre olyan biomarkerek, amelyek e betegségeket még a kezdeti fázisukban diagnosztizálhatóvá tennék. Sőt mi több, hatékony kezelési módszerek sem léteznek, sem gyógyítani, de még megállítani, vagy némiképp javítani sem tudjuk a betegek állapotát. Évtizedekig a betegségek felderítése a *post mortem* szövetminták vizsgálatán alapult, ezekkel azonban csupán a betegségek végső stádiuma vizsgálható. Sajnos éppen arról a szakaszról tudunk a legkevesebbet, amely a betegség progressziójának kezdetén, a kezdeti elváltozások szakaszában zajlik. Ez azért nagyon lényeges, mert ha korai felismerésről, biomarkerekről, diagnózisról, illetve hatásos terápiáról beszélünk, akkor éppen ennek a kezdeti szakasznak a megismerése az egyik legfontosabb cél. Vita-

tott kérdés továbbra is, hogy vajon melyik állatmodell és milyen sejtvonalak a legalkalmasabbak ezeknek a betegségeknek a modellezésére, és az is, hogy a kapott eredményekből mennyire vonhatunk le következtetéseket a humán esetekre.

### Új alternatíva a betegségek modellezésében

Az indukált pluripotens őssejtek (iPSC – *Induced Pluripotent Stem Cell*) nyújtotta modellrendszerek jelentőségét növeli, hogy a gyógyíthatatlan neurodegeneratív betegségek előfordulási gyakorisága növekszik, ezért egyre fontosabbá válik hatékony kezelési módszerek fejlesztése. Míg az érintettek száma 2009-ben 35 millió volt, napjainkra ez a szám már 47 millióra növekedett, és az előrejelzések alapján 2050-ben akár 132 millióra is változhat. Annak ellenére, hogy a betegségek etiológiájának megértése nagymértékben fejlődik, a molekuláris szintű mechanizmusok ismerete még mindig hiányos, éppen ezért megfelelő kezelési módszerek sem állnak rendelkezésre.