

A JELENKORI FELMELEGEDÉS LEHETSÉGES HATÓTÉNYEZŐIRŐL

ON THE POTENTIAL DRIVERS OF CURRENT GLOBAL WARMING

Szarka László Csaba

az MTA rendes tagja, nyugdíjas kutató, Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, Budapest
szarka@ggki.hu

ÖSSZEFOGLALÁS

E tanulmány összefoglalja egy 2021 augusztusában megjelent – a jelenlegi felmelegedés statisztikailag kimutatható hatótényezőit elemző – publikáció eredményeit, nemzetközi fogadtatását, valamint a vitákban felmerült kérdések alapján elvégzett és a nemzetközi folyóiratokban közzétett új vizsgálatok tudományos következtetéseit. A cikk ellentmond az IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) magabiztos állításának, miszerint természetes változások nem magyarázhatják a jelenlegi klímaváltozást. A kiterjesztett elemzések megerősítették az eredeti 2021-es eredményeket. Ezek szerint az IPCC állítása csak abban az esetben lehet megalapozott, ha (1) a napsugárzási idősor valóban olyan csekély változékonyságú, mint amilyennek az IPCC feltételezi, valamint, ha (2) a szárazföldi felszínhőmérsékleti idősorban az idővel elvárosiasodó meteorológiai állomásoknak csakugyan nincs torzító hatásuk. Bármennyire is nem akarja az IPCC hivatalosan tudomásul venni, a tudományos szakirodalomban számos olyan nagy változékonyságú napsugárzási idősor létezik, amelyek képesek lényegileg megmagyarázni a csak vidéki jellegű meteorológiai állomásokra korlátozódó hőmérsékleti idősor oszcillációit, egészen 1850-ig visszamenően. Sajnos nem tudni biztosan, hogy melyik napsugárzási idősor áll a legközelebb a valósághoz. Valójában az is valószínűtlen, hogy akármilyen gondos statisztikai elemzés elvezethet az okok feltáráshoz. Az viszont biztos, hogy a tudománynak sokkal mélyebben kellene foglalkoznia mindenféle természeti (Nap–Föld) változás megfigyelésével és számszerűsítésével.

ABSTRACT

This paper summarizes the results of a paper published in August 2021, its international reception, and the scientific conclusions of new studies based on the issues raised in the debate and published in international journals. The article contradicts the IPCC's (Intergovernmental Panel on Climate Change) confident assertion that natural changes cannot explain current climate change. Extended analyses confirmed the original 2021 results. These suggest that the IPCC's claim can only be substantiated if (1) the solar radiation time series indeed has such low variability, as the IPCC assumes, and (2) if meteorological stations that have become more urbanized over time do not have a distorting effect on the land surface temperature time series. As much as the IPCC may not want to officially

acknowledge it, there are a number of highly variable solar radiation time series in the scientific literature that can substantially explain the oscillations in the temperature time series, limited to rural meteorological stations, going back to 1850. Unfortunately, it is not known for sure which solar radiation time series is the closest to the real one. Indeed, it is unlikely that any careful statistical analysis can lead to the discovery of the causes. What is certain, however, is that science should be much more deeply engaged in observing and quantifying all kinds of natural (Sun–Earth) changes.

Kulcsszavak: éghajlat, természetes kényszer, antropogén kényszer, naptevékenység, vulkáni tevékenység, városi torzítás

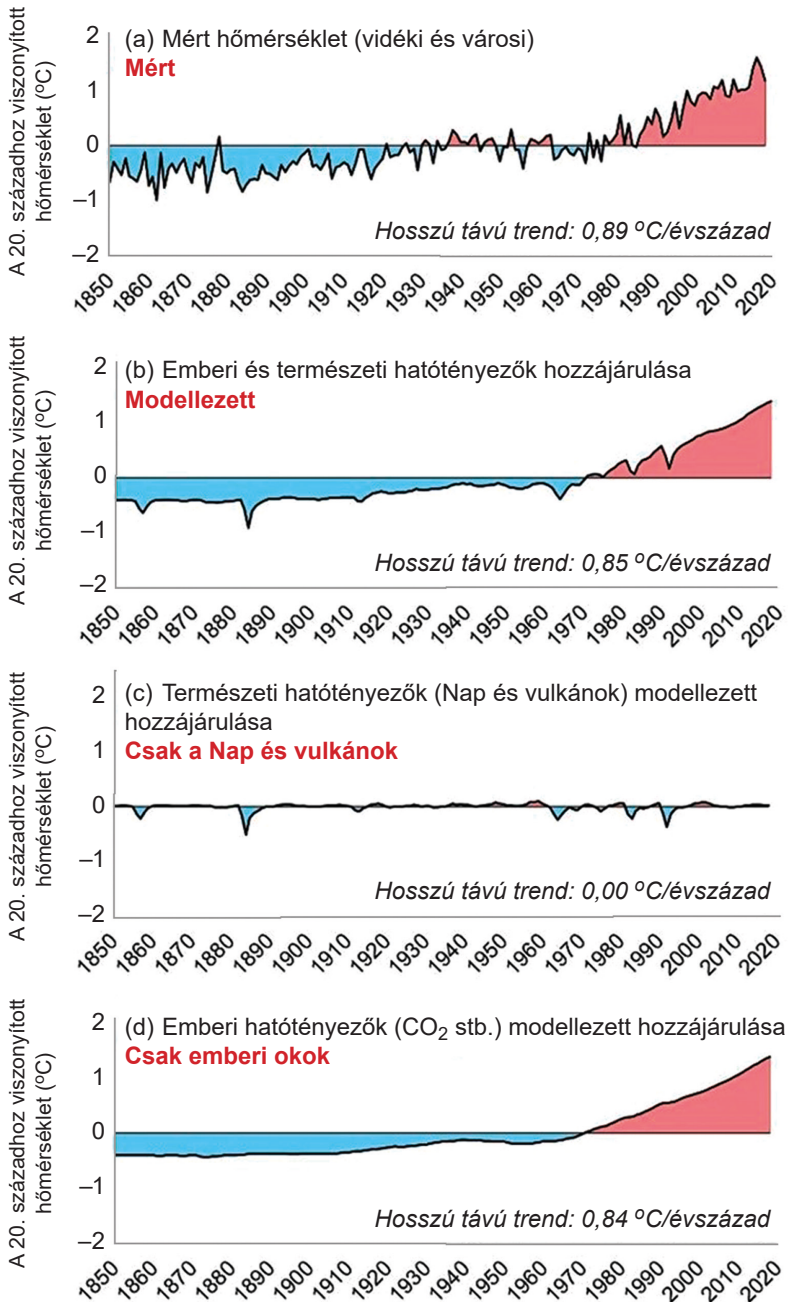
Keywords: climate, natural forcing, anthropogenic forcing, solar activity, volcanic activity, urbanization bias

BEVEZETÉS

A Föld légkörébe jutó energia túlnyomó része a Naptól ered. A kutatók körében kezdettől fogva magától értetődő feltételezésnek számított, hogy a Nap aktivitásának köze lehet a földi klímaváltozáshoz. A legutóbbi évtizedek folyamán azonban az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], az ENSZ Környezeti Programja és a Meteorológiai Világszervezet által 1988-ban létrehozott szervezet) által kialakított „konszenzusos” megközelítés szerint a Nap (és a vulkáni tevékenység) semmiképp nem ad magyarázatot a jelenkori felmelegedésre. Ezt hangsúlyozza az IPCC első munkacsoportjának 2021 augusztusában közzétett hatodik értékelő jelentése (*Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC WG1 AR6*, Masson-Delmotte et al., 2021).

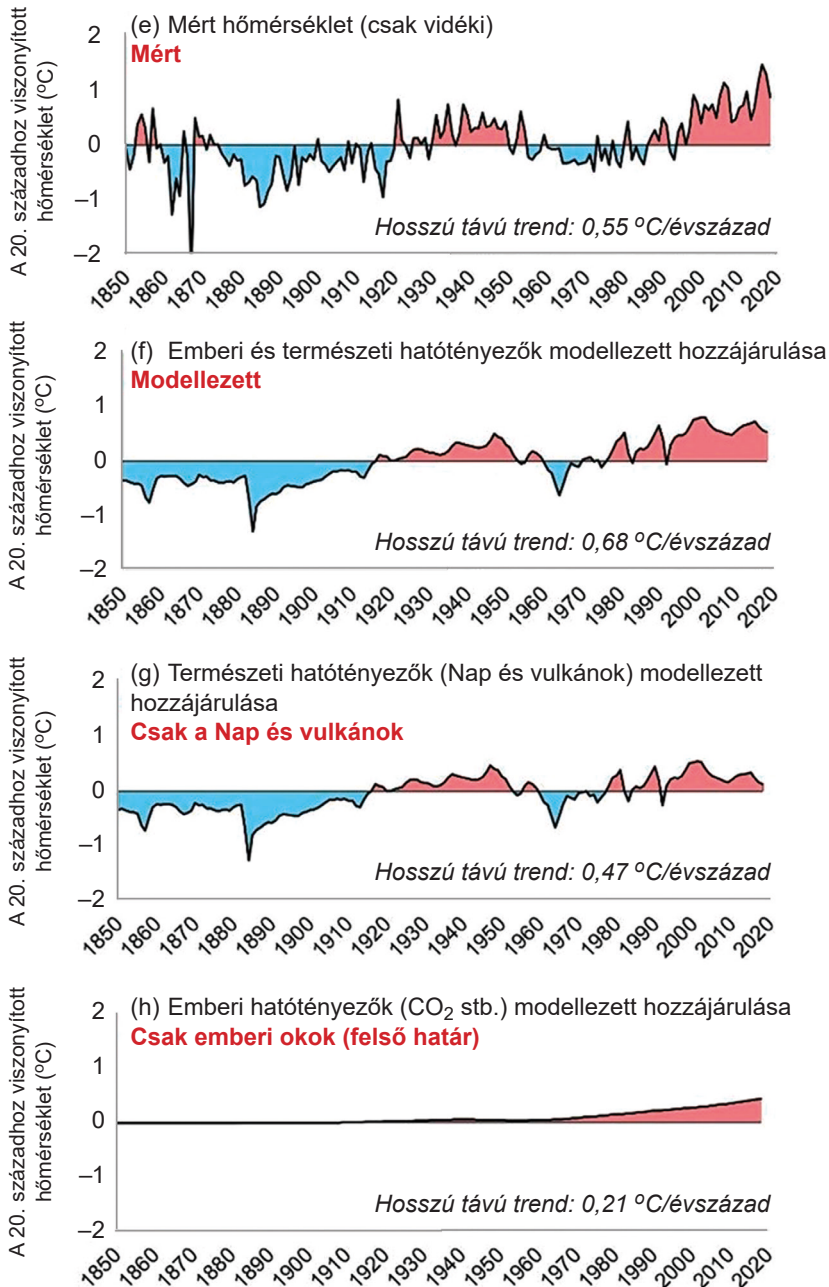
Egy másik – az IPCC WG1 AR6-tal egy időben megjelent, tizennégy ország huszonhárom kutatójának tollából származó – tanulmány szerint azonban a magabiztos IPCC-állítás megalapozatlan és elszigetelt volt (Connolly et al., 2021a). Összefoglaljuk Ronan Connolly és szerzőtársai (2021a) fő megállapításait, a tanulmány nemzetközi fogadtatását (beleértve a Magyar Tudományos Akadémiáét is), valamint a Connolly és szerzőtársai köre által a kritikák hatására készített és nemrég megjelent két újabb, még alaposabb elemzés eredményeit (Connolly et al., 2023; Soon et al., 2023). E két cikk megerősíti és részletgazdag módon kiegészíti Connolly és szerzőtársai (2021a) következtetéseit, miszerint a jelenkori felmelegedés oka továbbra is nyitott kérdés.

1. elmélet: a klímaváltozást leginkább az ember okozza



1. ábra. Minek tulajdonítható az északi félteke hőmérséklet-változása?
A hőmérséklet alakulása 1850–2020 között, a 20. századi átlaghőmérséklethez képest

2. elmélet: a klímaváltozást leginkább a természet okozza



1. ábra (folytatása)

(URL1, URL2; további részletek: Connolly et al., 2021a, 2021b)

CONNOLLY ÉS SZERZŐTÁRSAI EREDMÉNYEI

Connolly és szerzőtársai (2021a) a tudományos szakirodalomban fellelt tizenhat napsugárzási (ún. „teljes napbesugárzás”, Total Solar Irradiance, TSI) idősor mindegyikét összevetette az északi félteke hőmérsékletének alakulásával, egészen 1850-ig visszamenően. Azért kellett az északi féltekére korlátozódni, mert a 20. század előtt a déli félgömbről elenyésző számú adat áll rendelkezésre. Öt különféle hőmérsékleti idősort vettek figyelembe: (1) faévgyűrű-proxy, (2) gleccserhossz-proxy, (3) tengerfelszín-hőmérséklet (Sea Surface Temperature, SST), valamint a szárazföldi felszínhőmérséklet (Land Surface Temperature, LST) két variánsa: (4a) az összes meteorológiai mérőállomásból számított LST, (4b) azon meteorológiai állomásokról számított LST, amelyek környezete tartósan vidéki jellegű maradt.

Az eredmények lényegi összefoglalását az 1. ábra mutatja. Az a–d panelek az IPCC feltételezését, az e–h panelek Ronan Connolly és szerzőtársai (2021a) alapján egy lehetséges másik feltételezést illusztrálnak. Az a–d panelek szerint a globális hőmérséklet-változást a 19. század közepe óta nagyrészt az ember, leginkább a szén-dioxid (CO₂) kibocsátása okozza, ahogy az IPCC-jelentésekben szerepel. Az e–h panelekből azonban más következtetés adódik. Nevezetesen az, hogy a 19. század közepe óta tapasztalt globális hőmérséklet-változásokat főként *természeti* ciklusok, mindenekelőtt a Nap sugárzási teljesítményének hosszú távú változásai is okozhatják. Megalapozott tehát azt állítani, hogy a jelenkori klímaváltozás lehetséges okaira nézve a figyelembe vett adathalmazoktól függően ellentétes következtetésekre lehet jutni. A terjedelmes (hetvenoldalnyi, mintegy félezer publikációra hivatkozó) tanulmány igyekezett a vita legkülönbözőbb nézőpontjait bemutatni, és a feltárt ellentmondások tisztázása érdekében további kutatásokra buzdított.

CONNOLLY ÉS SZERZŐTÁRSAI FOGADTATÁSA

Connolly és szerzőtársai (2021a) cikkéről a *Research in Astronomy and Astrophysics* című folyóirat angol nyelvű sajtóközleményt adott ki (URL1), amely különféle webhelyeken egyéb nyelveken, így magyarul is megjelent (URL2). A *Research in Astronomy and Astrophysics* engedélyével a teljes cikket is megjelentettük magyar nyelven (Connolly et al., 2021b).

Connolly és szerzőtársai (2021a) tanulmányának (noha „csak” Q2-es folyóiratban jelent meg) nem mindennapi hatására jellemző, hogy azóta több mint 55 000-szer töltötték le. Egy amerikai napilap, a *The Epoch Times*, 2021 augusztusában összehasonlította a két friss tanulmányt: az IPCC WG AR6-ot (Masson-Delmotte et al., 2021) és a kihívást jelentő cikket (Connolly et al., 2021a). Az újságíró, Alex

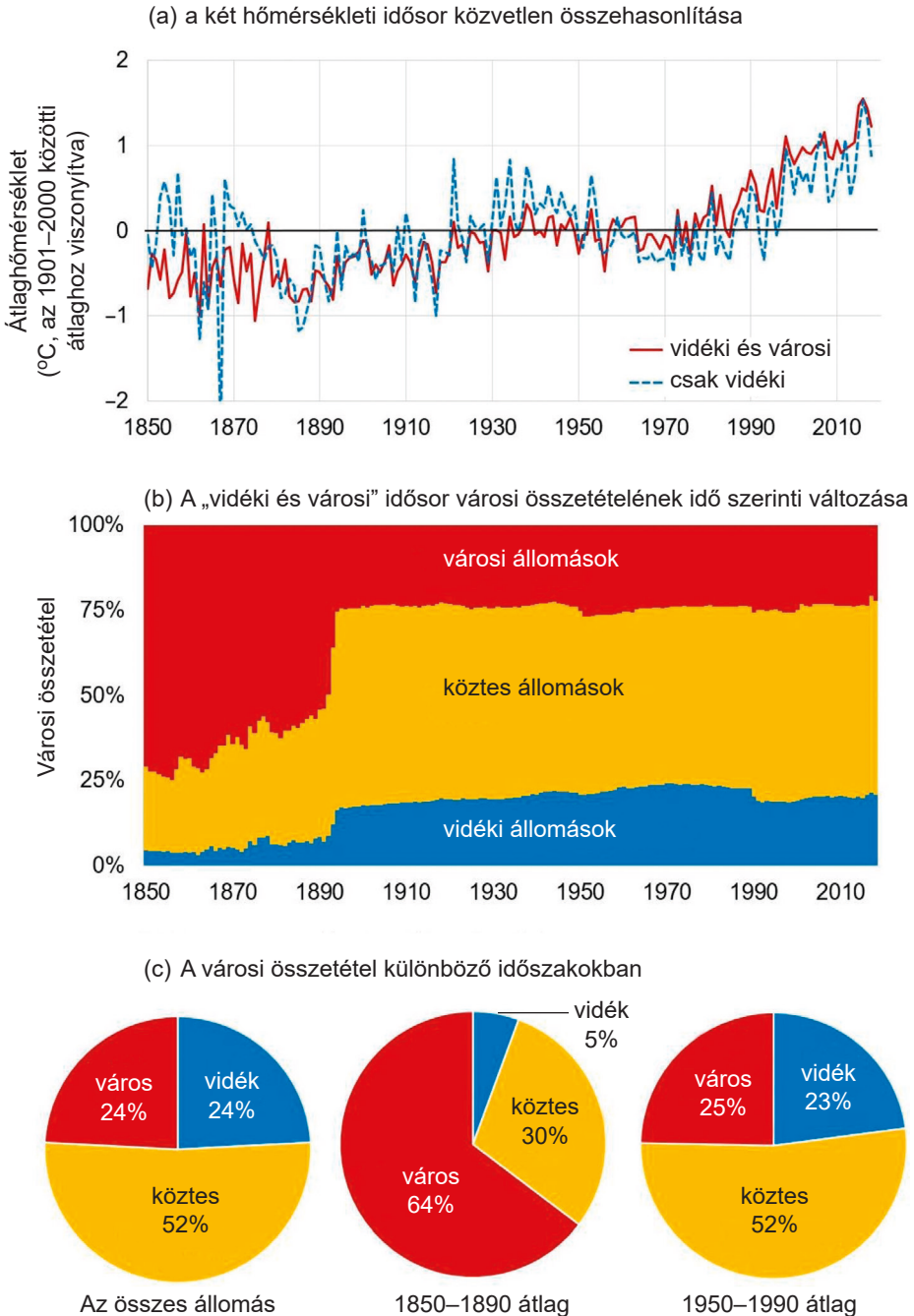
Newman, kutatók széles körét kérdezte meg, és mindenki válaszát szerepeltette. A sajtóvisszhang megszakadt, amikor az ún. Climate Feedback nevű magánszervezet Newman (2021a) újságcikkét inkorrektnek minősítette, gyakorlatilag tiltólistára téve azt (URL3; Newman, 2021b).

Az MTA Kommunikációs Főosztályának vezetője is elzárkózott Connolly és szerzőtársai (2021a) eredményeinek ismertetésétől az MTA weboldalán. („Az *mta.hu* mainstream tudományt közvetít a társadalom felé, nem a szakmai viták színtere” – Simon Tamás, 2021. augusztus 23.) Ezt követően az MTA Földtudományok (X.) Osztályán vitát kezdeményeztem. Az MTA elnökének bevonásával született döntés értelmében közzétehettem egy egyoldalas ismertetőt, amelyre az osztály vezetése hasonló terjedelmű választ írt. A válasz szövegét az osztály tagjai – 82%-os támogatással – állásfoglalásként fogadták el. Magánvéleményem és a „hivatalos” állásfoglalás együttesen jelent meg az MTA weboldalán (URL4). Ebben az *I. ábra* bemutatására szorítkoztam, és hangsúlyoztam, hogy „a tanulmány (Connolly et al., 2021a) szerint a jelenkori klímaváltozás okait kutatva teljesen ellentétes következtetésekre lehet jutni. A következtetés pedig a figyelembe vett adathalmazoktól függ”. Az osztály válaszában kiinduló állítása szerint „ez a tanulmány a teljes napsugárzás (TSI) időbeli változását jelöli meg nagy részben, vagy akár teljes egészében a legfontosabb éghajlatváltozást befolyásoló tényezőként”, és ezt az átfogalmazott állítást igyekeztek cáfolni, noha a TSI-t mint klímátényezőt az eredeti cikk és a magyar vitairat nem tényként, hanem lehetőségként vetette fel. Viszontválaszt nem tehettem közzé.

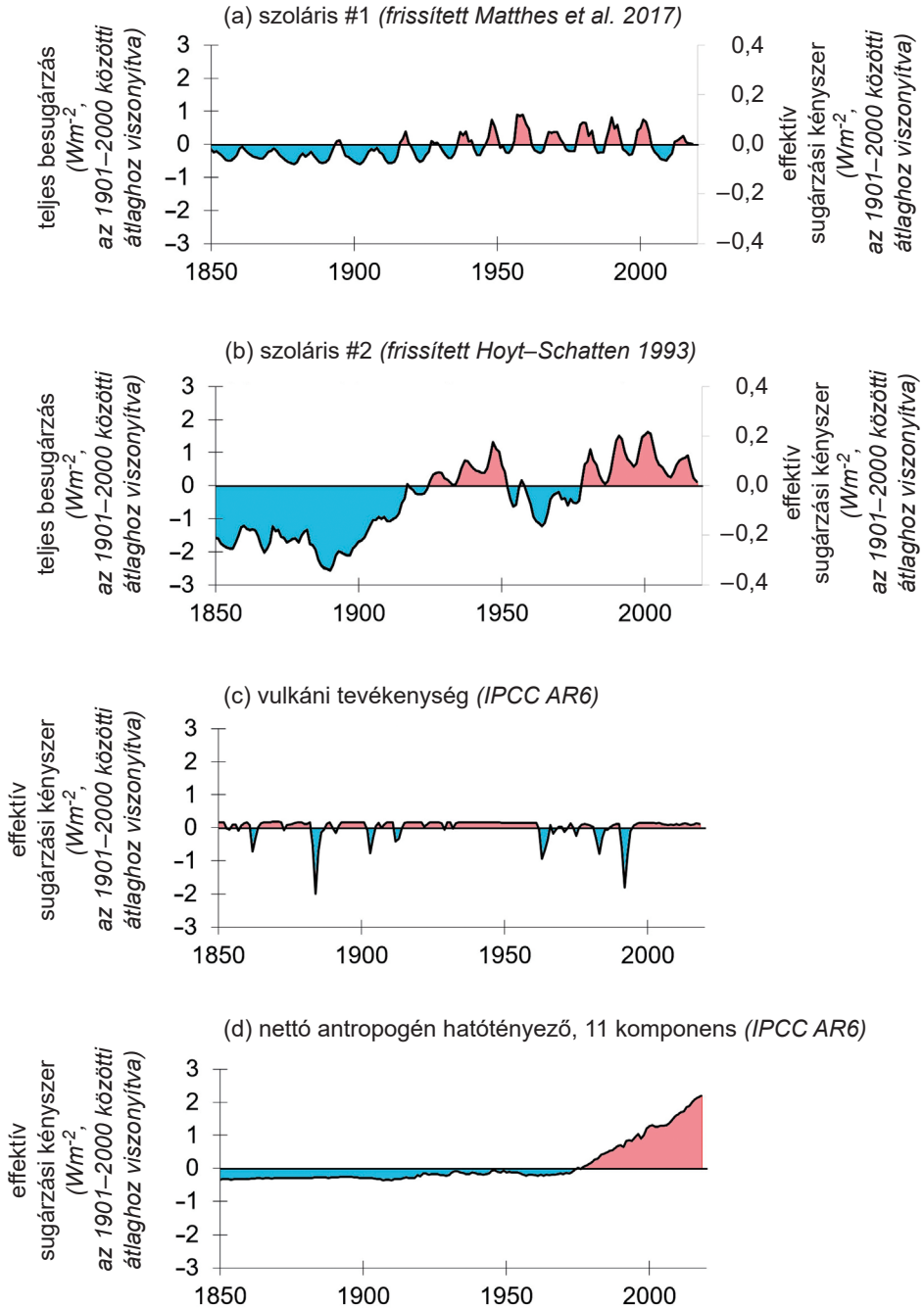
Connolly és szerzőtársai (2021a) tanulmányának hatására szerte a világon további elemzések születtek. A társszerzői csapatnak hat ilyenről van tudomása. Ezek közül három egyetértett két alapvető következtetésünkkel: (1) a 19. század vége óta tartó hosszú távú felmelegedés nagy részét a naptevékenység képes lehet megmagyarázni, és (2) az IPCC alábecsüli a Nap lehetséges klímahatását (Stefani, 2021; Harde, 2022; Scafetta, 2023). Két tanulmány arra a következtetésre jutott, hogy a Nap hatása nagyon csekély (Richardson–Benestad, 2022; Chatzistergos 2023). Zhen Li és szerzőtársai (2022) pedig – köztes következtetés-ként – úgy találták, hogy 1960-ig a meghatározó éghajlati tényező csakugyan a TSI volt, azóta azonban a CO₂ dominál.

VISZONTVÁLASZOK

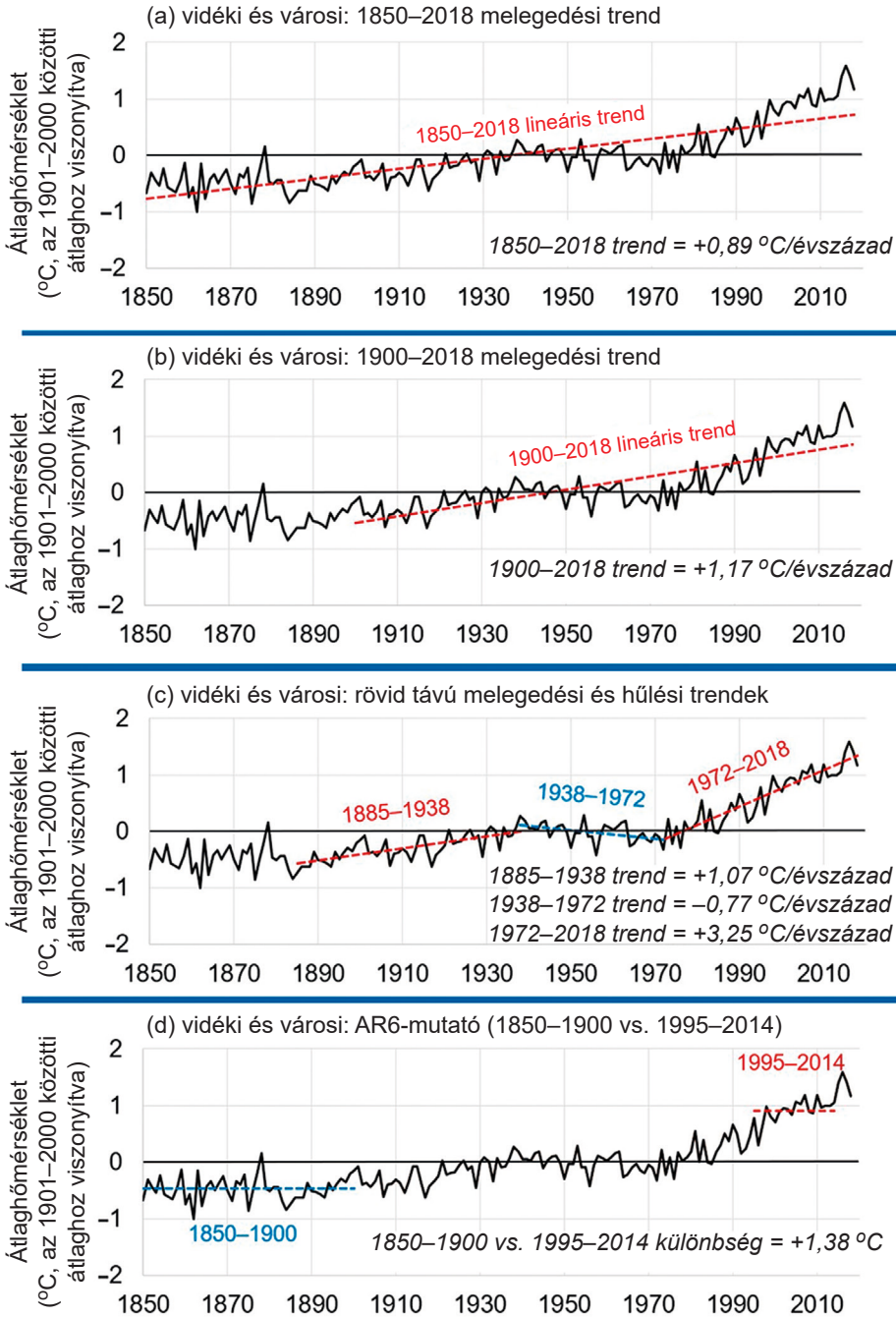
Az elemzések, különösen a kritikák hatására a Connolly és társszerzői csapata újból nekiveselkedtek a fellelhető adatoknak, elvégezték az adatsorok egységes kiegészítését, és még teljesebb statisztikai elemzésekbe fogtak. A munka eredményeként 2023 augusztusában két újabb folyóiratcikk is elfogadásra került. A *Research in Astronomy and Astrophysics* című (Connolly és szerzőtársai 2021-es



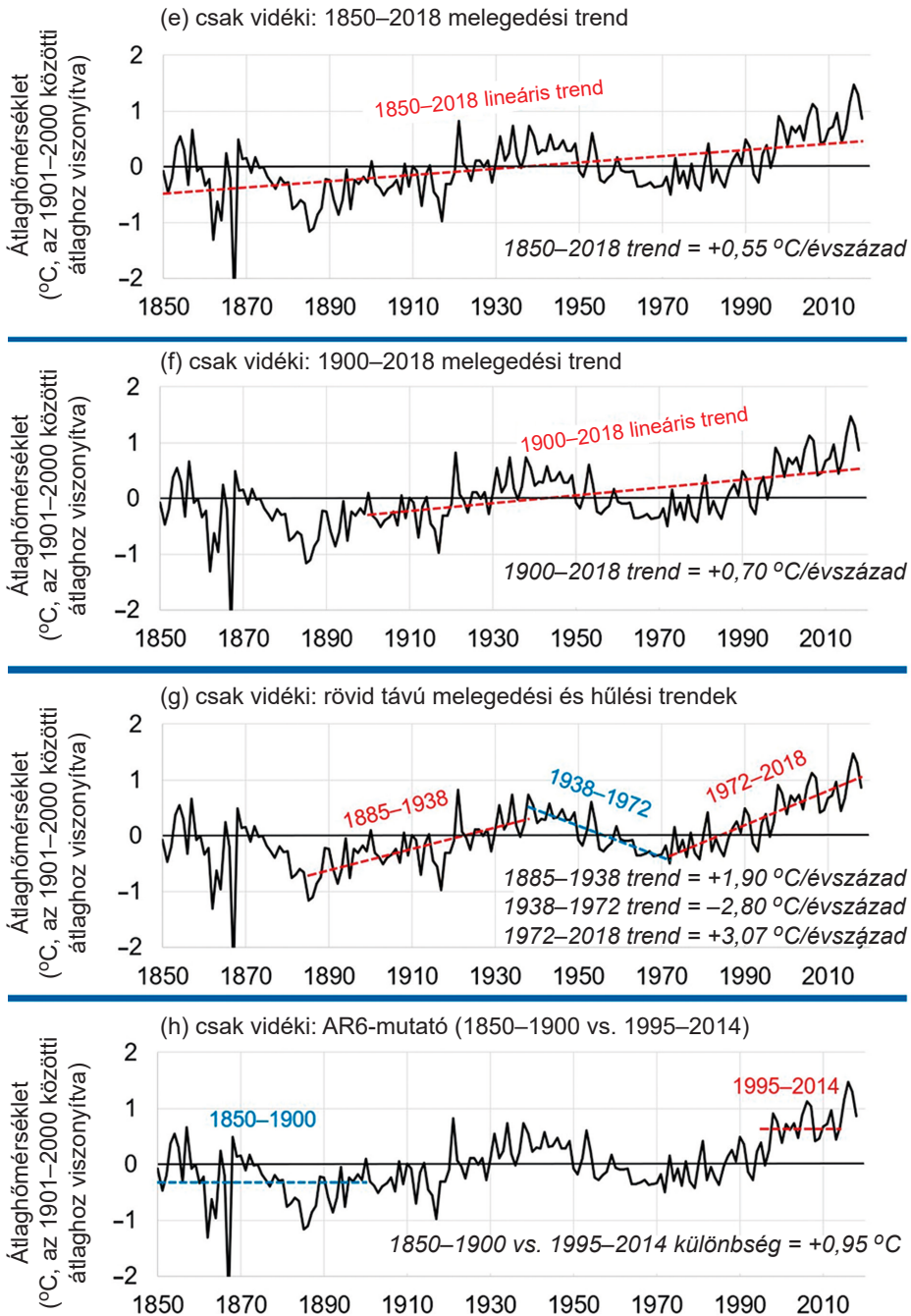
2. ábra. A meteorológiai állomások vidéki–városi jellege és ennek hatásai (Soon et al., 2023)



3. ábra. Az elemzésben figyelembe vett négy kényszer idősora (Soon et al., 2023; IPCC AR6: Smith et al., 2021)



4. ábra. Kiértékelési mérőszám illusztrációja az északi félteke szárazföldi felszíni levegő-hőmérsékletének becsléseire



4. ábra (folytatása)
(Soon et al., 2023)

cikkének és a Richardson–Benestad 2022-es cikknek is helyet adó) folyóiratban megjelent Connolly és szerzőtársai (2023) cikket húsz, a *Climate*-ben megjelent Willie Soon és szerzőtársai (2023) cikket harminchét társszerző jegyzi (URL5, URL6).

Connolly és szerzőtársai (2023) elsősorban Mark T. Richardson és Rasmus E. Benestad kritikájára adtak részletes vizontválaszt. Nehezményezik Richardsonék torz („straw man” és a „steel man”) érvelését, szóvá teszik a kritikusok által elkövetett elemzési hibákat. Megfogadva az adatok (egyébként is tervezett) kiegészítésére vonatkozó tanácsokat, az öt hőmérsékleti idősort összesen huszonhét különféle TSI-idősorbecsléssel vetették össze. A tanulmányhoz összegyűjtött összes adat bárki számára elérhető (URL7).

Soon és szerzőtársai (2023) pedig egy minden eddiginél általánosabb statisztikai elemzést mutattak be. Összesen tehát két párhuzamos szálon folyt a munka. Mindkét úton megerősítést nyert, hogy a következtetések levonásában mind a hőmérsékleti idősor, mind a TSI megválasztásának döntő jelentősége van. Az a tény, hogy miközben a hőmérsékleti idősor „vidéki + városi” keveréke 1850 óta hosszú távú, 0,89 °C/évszázad felmelegedést jelez, addig a „csak vidéki” idősor mindössze 0,55 °C/évszázadot, élő cáfolata annak az általános feltételezésnek, hogy a hőmérsékletmérésen alapuló globális hőmérsékleti indexeket lényegében nem befolyásolják a városi felmelegedés torzításai. Az urbanizációs torzítás igenis jelentős problémát okoz a globális szárazföldi hőmérsékleti adatokban! És az sem mindegy, hogy a Nap klímahatását jellemző ún. szoláris kényszerre az IPCC AR6 által ajánlott teljes napsugárzási (TSI) idősort vagy az IPCC által negligált nagy változékonyságú TSI-idősorok egyikét vesszük-e alapul. A két cikk közös konklúziója az, hogy a világ tudományos közössége még mindig nincs abban a helyzetben, hogy magabiztosan kijelenthesse, hogy az 1850 óta tartó felmelegedést mi okozta. Lehetett „többnyire az ember”, lehetett „többnyire a természet”, de lehetett „a kettő valamilyen kombinációja” is.

BETEKINTÉS SOON ÉS SZERZŐTÁRSAI EREDMÉNYEIBE

A 2. ábra (Soon és szerzőtársai 2023-as cikkének 3. ábrája) a meteorológiai mérőállomások környezetének elvárosiasodási mértékét szemlélteti. A kétféle: „vidéki és városi” (rural & urban, R + U) és „csak vidéki” (rural, R) meteorológiai állomásokból számítható hőmérsékleti idősor szemmel láthatóan eltér egymástól. A 3. ábra (Soon és szerzőtársai 2023-as cikkének 4. ábrája) a figyelembe vett kényszereket az idő függvényében Wm^{-2} mértékegységben mutatja. A TSI-re két alternatíva is meg van adva: az a) ábrán egy kis változékonyságú S1, a b) ábrán egy nagy változékonyságú S2. A naptevékenységi (S1 és S2), a vulkanikus (V) és az antropogén (A) kényszerekkel a többváltozós lineáris illesztéshez két alterna-

tív hőmérsékleti idősor („vidéki és városi”, azaz R + U), valamint „csak vidéki” (R) lett alapul véve. Amint a 4. ábra (Soon és szerzőtársai 2023-as cikkének 5. ábrája) mutatja, nemcsak az idősor egészére (1850–2018) történt az illesztés, hanem – tekintettel a 19. századi vidéki mérőállomások csekély számára – az 1900–2018 közötti időszakra, valamint a mérési időszak egyes szakaszaira (1885–1938, 1938–1972, 1972–2018), valamint az ún. AR6-mérőszámra (az 1995–2014 és az 1850–1900 közötti hőmérsékleti átlagok különbségére) is. A mérőszám mind a hat mérték esetén attól függ, hogy az R + U vagy pedig csak az R idősort vizsgáljuk-e.

Az eredményeket Willie Soon és szerzőtársai (2023) részletgazdag ábrákon és táblázatokban mutatták be. Ebben az ismertetésben egyetlen táblázatban igyekeztünk összegezni a lényegét (1. táblázat).

1. táblázat. A „vidéki és városi” (R + U) és a „csak vidéki” (R) hőmérsékleti idősorhoz (ΔT) való többváltozós (Nap: kis változékonyságú S1 és nagy változékonyságú S2, vulkán: V, antropogén: A) lineáris regressziós illesztésének eredményei az 1850–2018 közötti időszak egészére, illetve egyes szakaszaira, valamint az AR6 által alkalmazott mérőszámra (az 1995–2014 és az 1850–1900 közötti hőmérsékleti átlagok különbségére).

Vastagítva a kétharmad részénél nagyobb százalékos mutatók

Értékelési mutató	ΔT - idősorok	TSI-idősor: S1		TSI-idősor: S2	
		S1 + V %	S1 + V + A %	S2 + V %	S2 + V + A %
1850–2018 (0,89 °C/évszázad)	ΔT - idősor: R + U	21	87	70	92
1900–2018 (1,17 °C/évszázad)		15	108	38	100
1885–1938 (1,07 °C/évszázad)		28	38	206	100
1938–1972 (–0,77 °C/évszázad)		28	38	247	129
1972–2018 (3,25 °C/évszázad)		–32	106	21	98
AR6-mérőszám (1,37°C)		–7	91	66	97
1850–2018 (0,55 °C/évszázad)		ΔT - idősor: R	18	95	87
1900–2018 (0,7 °C/évszázad)	11		120	47	110
1885–1938 (1,9 °C/évszázad)	18		19	96	59
1938–1972 (–2,8 °C/évszázad)	13		20	64	44
1972–2018 (3,07 °C/évszázad)	4		85	22	72
AR6-mérőszám (0,95 °C)	16		94	78	105

(A szerző összegzése Soon et al., 2023 alapján)

Az 1. táblázat azt mutatja, hogy a többváltozós lineáris regresszió hány százalékos magyarázatot képes adni az értékelés alapjául szolgáló hat különböző mutatóra. A vulkáni tevékenység hozzájárulása (V) általában csekély és hűtő jellegű. A hatos csoportokat ezért két-két hőmérsékleti (R + U és R) és naptevékenységi idősorra (S1 és S2), összesen tehát négy kombinációban érdemes megadni.

1. R + U és S1 esetén az antropogén hozzájárulás általában (kivéve az 1885–1938 és az 1938–1972 közötti időszakokat) statisztikailag erős alátámasztást kap;
2. R + U és S2 esetén a naptevékenység a mutatók felében önmagában is kielégítő magyarázati lehetőséget nyújt, antropogén hozzájárulást is feltételezve pedig mind a hat kiértékelési mutató kielégítő statisztikai alátámasztást nyer;
3. R és S1 esetén nagyon hasonló a helyzet ahhoz, mint amit R + U és S1 esetén láttunk;
4. R és S2 esetén S2 + V (tehát az antropogén hozzájárulás nélküli természet) három kiértékelési mutatót illetően is erősebb statisztikai illeszkedést nyújt, mint S2 + V + A.

Ne tévesszük szem elől, hogy a mutatók százalékos teljesítésének mindössze jelzésszerű jelentősége van, hiszen a fizikai ok-okozati kapcsolatok valójában jóval bonyolultabbak, mint ahogyan azok többváltozós lineáris regresszió segítségével egyáltalán megfoghatók lennének. Az sem biztos, hogy nincsenek további olyan hatótényezők, amelyek besorolhatatlanok a vizsgált három (S, V, A) típusba. Az illeszkedést a belső változékonyság: például El Niño – déli oszcilláció (ENSO), több évtizedes atlanti oszcilláció (AMO), kvázi-kétéves oszcilláció (QBO) is korlátozza.

KONKLÚZIÓK

Összességében egyértelműen látszik, hogy a jelenkori felmelegedés antropogén eredetének magyarázata korántsem olyan egyértelmű, mint amilyennek az IPCC beállítja. Megerősítést nyert, hogy az 1850-ig visszanyúló jelenkori felmelegedés okára való következtetés mindenekelőtt két előfeltétel megválasztásától függ:

1. az összes meteorológiai mérőállomásból számított felszínhőmérsékleti idő-sorból indulunk-e ki (ez az R + U), vagy pedig a csak vidéki jellegű állomások adataiból (R);
2. a TSI-idősorra a kis változékonyságú S1-beclést vagy egy nagy változékonyságú S2-beclést veszünk-e figyelembe.

Annak érdekében, hogy a 19. századig visszamenően a jelenkori éghajlatváltozás okai kielégítőbben feltárhatók legyenek, véleményünk szerint a következőkre lenne elsősorban szükség: (1) annak jobb számszerűsítése, hogy az urbanizációs torzítások a jelenlegi globális hőmérsékleti becslésekhez valójában mennyivel já-

rulnak hozzá; (2) a hőmérsékleti homogenizációs eljárások fejlesztése a városi keveredés minimalizálása és az egyéb, nem éghajlati torzítások pontosabb korigálása érdekében; (3) annak megállapítása, hogy a jelenlegi TSI-adatkészletek közül melyik a legmegbízhatóbb (ha van egyáltalán közöttük ilyen). E kutatások az időtartományban kétfelé (a műholdas korszak előtti és utáni korszakhoz illeszkedően) ágazódnak el, a módszereket illetően pedig egyrészt további műholdas projektekre, másrészt a Naphoz hasonló változócsillagok vizsgálatára is szükség lenne. (4) Annak a lehetőségnek a komolyan vétele, hogy a közelmúltbeli éghajlatváltozáshoz való antropogén hozzájárulás ma elfogadott becslései túlzók. Végül, de nem utolsósorban (5) sokkal több energiát kellene fordítani mindenféle természetes éghajlatváltozási tényező kutatására, a részletkérdések mellett az összkép tisztázására is törekedve.

A legutóbbi célhoz illeszkedő egyik irányzatot például Jean-Louis Le Mouél és szerzőtársai (2019, 2020, 2021), valamint Fernando Lopes és szerzőtársai (2022) képviselik. Szerintük a naptevékenység és az éghajlat között sokkal-sokkal árnyaltabb – és a geodinamikát is érintő – összefüggések léteznek. Rendületlenül gyűlnek a különféle hőmérsékleti és TSI-adatok is, amelyekről további publikációk vannak előkészületben. A vita tovább folytatódik (URL(8)).

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönet illeti mindazokat a kutatókat szerte a világon, akik a jelenkori felmelegedés lehetséges hatótényezőiről kialakult vitába a tisztázás szándékával szálltak be. Külön meg kell emlékezni Jánosi Imre (1963–2023) fizikus professzorról, aki Ronan Connolly és szerzőtársai (2021a) cikke magyar változatának (Connolly et al. 2021b) egyik szakmai-nyelvi lektoraként közelről követte az eseményeket. 2021. szeptember 11-én, miután értesült arról, hogy a Climate Feedback szervezet Alex Newman (2021a) újságcikkét „incorrect” és „inaccurate” jelzőkkel illette, majd emiatt a Connolly és szerzőtársai (2021a) tanulmány vezető szerzői tiltakozó levelet tettek közzé, ezt írta: „érdekes, de szomorú, hogy megint acsarkodásba fordul egy tudományosnak szánt vita. Nem értek egyet az IPCC »res iudicata« állításával a teljes bizonyított antropogén eredetről, ugyanakkor a levélben a követelést, mely szerint »... should be changed to Correct and Accurate immediately« is túlzónak tartom a cikkel kapcsolatban (különösen az »accurate« kitétel, tekintve az analízis gyengeségeit). Ha kikeveredek az új helyemmel való ismerkedés nehézségeiből (szept. 1. óta tanszékvezető lettem a Víz- és Környezetpolitikai Tanszéken), megnézem azokat a beígért Excel táblázatokat magam is, lehet-e precízebb illesztésekkel a meglehetősen lötyögős tartomány becslést (0%–100%) szűkíteni.” Jánosi Imre (és a másik lektor, Muraközy Judit) észrevételei segítettek rávilágítani a tisztázatlanul maradt kérdésekre.

IRODALOM

- Chatzistergos, Theodosios (2023): Is There a Link between the Length of the Solar Cycle and Earth's Temperature? *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 34, 11–21. DOI: 10.1007/s12210-022-01127-z, <https://tinyurl.com/mvxx7d2k>
- Connolly, Ronan – Soon, Wille – Connolly, Michael et al. (2021a): How Much Has the Sun Influenced Northern Hemisphere Temperature Trends? An Ongoing Debate. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 21, 131. DOI: 10.1088/1674-4527/21/6/131, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1674-4527/21/6/131>
- Connolly, Ronan – Soon, Wille – Connolly, Michael et al. (2021b): Mennyire befolyásolja a Nap az északi félteke hőmérsékletének alakulását? A jelenleg zajló vita. (ford. Szarka László Csaba) *Geomatikai Közlemények*, 24, 45–127. https://geomatika.epss.hu/storage/volumes/gk_XXIV_1.pdf
- Connolly, Ronan – Soon, Willie – Connolly, Michael et al. (2023): Challenges in the Detection and Attribution of Northern Hemisphere Surface Temperature Trends since 1850. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 23, 10, 105015. DOI 10.1088/1674-4527/acf18e, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1674-4527/acf18e>
- Harde, Hermann (2022): How Much CO₂ and the Sun Contribute to Global Warming: Comparison of Simulated Temperature Trends with Last Century Observations. *Science of Climate Change*, 2, 2, 105–133. DOI: 10.53234/scc202206/10, <https://scienceofclimatechange.org/wp-content/uploads/Harde-2022-CO2-Sun-Global-Warming.pdf>
- Le Mouél, Jean-Louis – Lopes, Fernando – Courtillot, Vincent (2019): A Solar Signature in Many Climate Indices. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, 5, 2600–2619. DOI: 10.1029/2018JD028939, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2018JD028939>
- Le Mouél, Jean-Louis – Lopes, Fernando – Courtillot, Vincent (2020): Characteristic Time Scales of Decadal to Centennial Changes in Global Surface Temperatures Over the Past 150 Years. *Earth and Space Science*, 7, 4, e2019EA000671. DOI: 10.1029/2019EA000671, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019EA000671>
- Le Mouél, Jean-Louis – Lopes, Fernando – Courtillot, Vincent (2021): Response to “Comment on the Paper ‘Characteristic Time Scales of Decadal to Centennial Changes in Global Surface Temperatures over the Past 150 Years’ by Y. Cuyper, F. Codron, and M. Crepon”. *Earth and Space Science*, 8, 4, e2020EA001421. DOI: 10.1029/2020EA001421, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2020EA001421>
- Li, Zhen – Chang, Lijun – Lou, Jiahui et al. (2022): Multi-Scale Analysis of the Relationships between Solar Activity, CO₂ and Global Surface Temperature. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 22, 095019. DOI: 10.1088/1674-4527/ac8339, <https://www.mdpi.com/2076-3263/12/12/448>
- Lopes, Fernando – Courtillot, Vincent – Gibert, Dominique et al. (2022): Extending the Range of Milankovic Cycles and Resulting Global Temperature Variations to Shorter Periods (1–100 Year Range). *Geosciences*, 12, 12, 448. DOI: 10.3390/geosciences12120448, <https://www.mdpi.com/2076-3263/12/12/448>
- Masson-Delmotte, Valérie – Zhai, Panmao – Pirani, Anna et al. (eds.) (2021): *IPCC Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Working Group I Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, UK–NY, USA: Cambridge University Press, DOI: 10.1017/9781009157896, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_FullReport_small.pdf

- Newman, Alex (2021a): Study Finds Sun—Not CO₂—May Be Behind Global Warming. *The Epoch Times*, 16 August 2021. https://www.theepochtimes.com/challenging-un-study-finds-sun-not-co2-may-be-behind-global-warming_3950089.html
- Newman, Alex (2021b): ‘Fact Checks’ by Non-Experts Are Shutting Down Genuine Scientific Inquiry (Soon, Willie – Connolly, Ronan nyílt levele). *The Epoch Times*, 22 September 2021. https://www.theepochtimes.com/fact-checks-by-non-experts-are-shutting-down-genuine-scientific-inquiry_4008914.html
- Richardson, Mark T. – Benestad, Rasmus E. (2022): Erroneous Use of Statistics behind Claims of a Major Solar Role in Recent Warming. *Research in Astronomy and Astrophysics*, 22, 125008. DOI: 10.1088/1674-4527/ac981c
- Scafetta, Nicola (2023): Empirical Assessment of the Role of the Sun in Climate Change Using Balanced Multi-Proxy Solar Records. *Geoscience Frontiers*, 14, 6, 101650. DOI: 10.1016/j.gsf.2023.101650, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987123001172?via%3Dihub>
- Soon, Willie – Connolly, Ronan – Connolly, Michael et al. (2023): The Detection and Attribution of Northern Hemisphere Land Surface Warming (1850–2018) in Terms of Human and Natural Factors: Challenges of Inadequate Data. *Climate*, 11, 9, 179. DOI: 10.3390/cli11090179, <https://www.mdpi.com/2225-1154/11/9/179>
- Stefani, Frank (2021): Solar and Anthropogenic Influences on Climate: Regression Analysis and Tentative Predictions. *Climate*, 9, 11, 163. DOI: 10.3390/cli9110163, <https://www.mdpi.com/2225-1154/9/11/163>

URL1: <https://www.raa-journal.org/issues/all/2021/v21n6/PR/202203/P020220324602534442139.pdf>

URL2: <http://tinyurl.com/mwbe354d>

URL3: <https://climatefeedback.org/claimreview/solar-forcing-is-not-the-main-cause-of-current-global-warming-contrary-to-claim-by-alex-newman-in-the-epoch-times/>

URL4: https://mta.hu/tudomany_hirei/az-emberi-tevekenyseg-hozzajarulasa-a-jelenkori-klimavaltozashoz-111916

URL5: <https://www.ceres-science.com/post/has-the-sun-s-true-role-in-global-warming-been-miscalculated>

URL6: <https://www.ceres-science.com/post/new-study-suggests-global-warming-could-be-mostly-an-urban-problem>

URL7: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8225275>

URL8: <https://epss.hun-ren.hu/a-klimavaltozas-eszlelese-es-hozzarendelese-detection-and-attribution-da/>