

KLÍMA ÉS KLÍMAVÁLTOZÁS

Garbai László
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

A klíma és klímaváltozás kérdésköre napjaink egyik legvitatottabb problémája. Meteorológusok, légkörfizikusok, energetikusok számára központi kérdéssé vált. A téma a politikusok asztalára is felkerült (*1. ábra*) [1]. Megmozgatja a világpolitikát, átalakította a politikai, politikusi gondolkodást, médiacsemege lett, megjelent a rettegés és a félelem az apokaliptikus jövőtől, miközben nem tudjuk, hogy mi a „klíma”, változik-e, szabad-e változnia, és talán az a dolga, hogy változzék [2]!

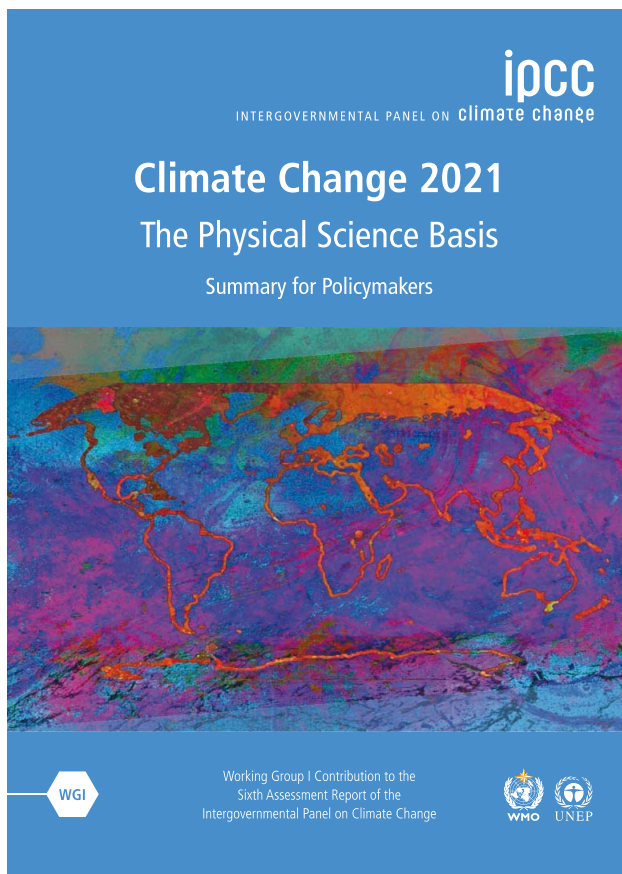
A köztudatba az hatolt be, hogy a preindusztriális kor vége óta, vagy inkább a 19. század végétől és a 20. század elejétől napjainkig a földi légkör globális átlaghőmérséklete a legismertebb idősor szerint körülbelül $0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($1\text{ }^{\circ}\text{C}$) értékkel növekedett. A média és a média sugallatára a közgondolkodás egyenlőségjelet tett a „globális átlaghőmérséklet” említett mértékű emelkedése és a vélelmezett klímaváltozás közé. Általános vélekedés szerint a klímaváltozás hozza magával a borzalmas jövőt: eltűnő tengerpartok, országrészek, gleccserek olvadása, utat tévesztő Golf-áram, skandináv jégkorszak, átalakuló bioszféra, sivatagosodás stb., amelyek felsorolása szükségtelen. Van-e pozitív hozadéka a vélelmezett klímaváltozásnak, vagy a hatás egyértelműen negatív, sőt romboló? Vannak, akik a negatív hatásokat elkerülhetetlennek, visszafordíthatatlannak tartják.

A vélelmezett klímaváltozás okaként – úgy tűnik, hogy – a tudósi kör egyértelműen a légköri széndioxid-koncentráció növekedését jelöli meg [3], és ennek okát az emberi tevékenységben látják, elsősorban az energetikát tekintik főbűnösnek: a fosszilis tüzelőanyagok túlzott alkalmazását. Szükséges és

A *Fizikai Szemle* szerkesztőbizottsága az 1972-ben meghirdetett VÉLEMÉNYEK sorozatát tovább folytatja ez évben is. A szerkesztőbizottság állásfoglalása alapján „a *Fizikai Szemle* feladatául vállalja el, hogy teret nyit a fizikai kutatásra és fizika oktatására vonatkozó véleményeknek, ha azok értékes gondolatokat tartalmaznak és építő szándékúak, függetlenül attól, hogy egyeznek-e a lap szerkesztőinek nézetével, vagy sem”. Ennek szellemében várjuk továbbra is olvasóink, várjuk a magyar fizikusok, fizikatanárok leveleit.



Garbai László 1996-tól 2008-ig a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem tanszékvezető egyetemi tanára, 2008-tól professzor emeritus. 2010-től 2018-ig a Magyar Energetikai Társaság elnöke, jelenleg a Társaság tiszteletbeli elnöke. Az MTA Energetikai Bizottságának tagja. Kutatási területe: hőtan, áramlástan és matematikai modellezés. 12 szakmai és tudományos mű szerzője.



1. ábra. Az IPCC klímaváltozásról és annak fizikai alapjairól szóló, politikusok számára készített összefoglaló kiadványának címlapja.

lehetséges-e az antropogén eredetű széndioxid-kibocsátás megszüntetése, az energetika „dekarbonizációja”? Az emberiség, a civilizációnk nagy dilemmája: dekarbonizáció horribilis költségekkel, igen előnyös ipari és energetikai, energiatermelő technológiák kiváltása a természet szeszélyeinek kitétt, bizonytalanul rendelkezésre álló zöldenergiával, remélve civilizációnk és a klíma jelenlegi, stabilnak gondolt harmonikus egyensúlyának fennmaradását! Vagy tévúton járunk, okok és okozatok nem kapcsolódnak össze, nincs a megnövekedett széndioxid-koncentrációhoz kapcsolható klímaváltozás. Tudomány, tudományosság, köznapiság, médiahisztéria egyaránt jelen van a probléma kezelésében és félrekezelésében.

A kérdést a kezdeteknél rosszul tettük fel. Változik-e az, amiről nem tudjuk, hogy mi? A klíma fogalmának és a vélelmezett változás definíciói nem egyértelműek, hézagosak, részlegesek, erősen verbálisak,

előítéletesek, szubjektívek, köznapisággal terheltek, bizonyos jelenségek túlhangsúlyozottak.

A klíma a légkör fizikai, termodinamikai állapota, fizikai, termodinamikai állapotjelzők, állapothatározók összekapcsolt együttese, értékhalmaza, és ezek folyamata [4]. A termodinamikai állapotjelzők – extenzívek és intenzívek – a levegő entalpiája, entrópiája, hőmérséklete, nyomása, sűrűsége, fajlagos belső energiája stb.

A légkör nem zárt rendszer, az extenzív állapotjelzőkre nézve belső és külső forrásokkal rendelkezik. A légkör fizikai állapotát, az extenzív és intenzív állapotjelzőket összekapcsoló mérlegegyenletek, matematikailag minősítetten sztochasztikus, parciális differenciálegyenletek írják le. Itt már jelentkezik egy ismeretelméleti és metodológiai ellentmondás: a fizikai valóság végtelen dimenziószámosságának (kontinuumszámosság?) véges dimenziószámosságra való redukciója a fizikai modell, amelynek további redukciója a matematikai modell, ami a szabadságfokok számának további csökkenésével jár együtt.

A klíma és a klímaváltozás jelenségét a matematikai modell megoldásából nyerhető információkra képezzük le, és ezekből vonunk le következtetéseket.

Ahogy említettük, a matematikai modell sztochasztikus, nemlineáris parciális differenciálegyenletek rendszere, amelynek megoldásai a „validáláshoz fakadóan is” káosztípusú matematikai formációk. A kezdeti feltételeket mérési adatokból állítjuk be. Az elkerülhetetlenül jelentkező mérési hibák – legyenek bármilyen kicsinyek is – a megoldásokban felerősödve nem számszerűsíthető bizonytalansággal jelennek meg, amelyek halmazát káosznak nevezzük. A káosz 80-as években született megfogalmazása szerint egyszerű nemlineáris rendszerekben is felléphet determinisztikus zaj esetén, és a megoldások sztochasztikus viselkedést mutatnak. Nyilván még inkább káoszról kell beszélnünk akkor, ha a rendszert véletlenszerű, kiszámíthatatlan külső zavarások is érik.

A megoldások az állapotjelzők időfüggvényei, a predikciók nem tartalmaznak ismétlődő képeket, „lát-szatra” sztochasztikus folyamatok anélkül, hogy lenne várható értékük és szórásuk, egzakt valószínűségi mértékük. Az teljesen bizonyos, hogy az időjárási változások nem azonosíthatók stacionárius sztochasztikus folyamatként.

A fentiekre való tekintettel indokoltak a következő kérdések.

- Az 500 millió km² földfelszín 70 km magas atmoszférájában végrehajtott légköri mérések statisztikájának számossága mekkora, mi a pontossága, van-e várható értéke és szórása, káoszként vagy sztochasztikus folyamatként van-e értelmezve, a paraméterek ingadozásának van-e rendszeressége, a gradiens mekkora időszekvencián van számolva?

- A légkörben lezajló fizikai folyamatok soha nem kerülhetnek egyensúlyba, mivel a légkör, mint energiátartály periodikus sztochasztikus gerjesztéseknek van alávetve a föld mélyéből, a föld felszínéről és a

világűrűből érkező energiaforrások által. A gerjesztések különböző frekvenciájúak, fázisúak, időállandójúak. A föld–légkör–világűr rendszerben a föld periodikus, de sztochasztikus jellemzőkkel rendelkező válaszokat ad. Szerencsére nincs rezonáns frekvencia, eddig nem tapasztaltak.

- Mi a mérési helyek eloszlása, mekkora tömegű, milyen időpont-sűrűségű fizikai adatokból képezzünk aritmetikai átlagot, speciálisan levegő-hőmérsékleteket, mekkora szekvenciára képezzünk gradienst, amire azt mondjuk, hogy előírt és elegendő megbízhatósági szinten elegendő konfidenciasávon bizonyítja a levegő-hőmérséklet trendszerű változását, és ez egyértelmű korrelációban van a levegő szén-dioxid-koncentráció növekedésének azon részével, amely bizonyíthatóan antropogén eredetű?

A klímaváltozást fogalmi és modelleméleti szempontból azonosítani a globális légköri átlaghőmérséklet változásával, képtelenség. Ennek hibája nem ismert, valószínűségelméleti jellemzőit – ha vannak – jótékony homály fedi. A mérnöki cselekvést csak a bizonyított tudományos igazság vezérelheti. A fentiek a mérnök kérdései, amelyek a mérnök nyugtalan természetéből és bizonyosságkereséséből fakadnak.

Az üvegházhatás bizonyításához és a légkörfizikai következmények modellezéséhez a mérnök hozzáteszi azt, hogy a szén-dioxidhoz képest a vízgőz folyamatosan körülbelül ötvenszer nagyobb koncentrációban van jelen a légkörben. A szén-dioxid-koncentráció növekedése 1960-tól napjainkig körülbelül 100 ppm. A 100 ppm CO₂ növekedés körülbelül 3% légköri transzmissziós ellenállásnövekedést jelent a hosszuhullámú földfelszíni hőmérsékleti visszasugárzás számára. Az erősebb jelenléttel rendelkező légköri vízgőz hatása nem ismert, inkluzíve a CO₂ hatásával keveredik. Elhallgatjuk azt, hogy a napenergia-hozam változását nem értékeli a globális átlaghőmérséklet alakulásában.

Összegzés

A légköri változások dinamikáját nem ismerjük elégé, megnyugtató pontosságú leírásának elvi akadályai vannak. Az üvegházgázok légköri hatásmechanizmusa hasonlóképpen bizonytalan. Választ kellene kapni arra a kérdésre, hogy a szén-dioxidnak mekkora a súlya az üvegházgázok között. Az energetika „zöldítése” bizonyos határig helyes törekvés, de a teljes dekarbonizáció önámítás, és végtelenül káros.

Irodalom

1. IPCC AR6 SPM, 2021. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM_final.pdf
2. R. Connolly, W. Soon, M. Connolly et al., *Res. Astron. Astrophys.* 21 (2021) 131.
3. Bartholy J, 2021. <https://mta.hu/tudomanyunnepe2021/komolyrafordult-a-klimavaltozas-a-legfrissebb-ipcc-klimajelentes-uzenete-111714>
4. T. Tél et al., *Journal of Statistical Physics* 179/5 (2020) 1496–1530.