

A KLÍMAVÁLTOZÁSOKRÓL

Válas György
Budapest

A kiindulópont

Földünk globális klímája katasztrofálisan melegszik! Ezt mi magunk okozzuk az üvegházhatású gázok kibocsátásával! Meg kell mentenünk a klímánkat, különben végveszélybe rohanunk, kipusztul az emberiség, soha nem látott kihalás sújtja az egész élővilágot! – Ilyen szövegek uralják a sajtót és a közvéleményt. Nemzetközi politikai konferenciákat tartanak, nemzetközi politikai egyezményeket kötnek a klímavédelemről. Hazánkban már klímavédelmi államtitkára is van.

Vizsgáljuk meg, milyen tudományosan igazolható tények támasztják alá vagy cáfolják ezeket a világgözvéleményt uraló állításokat! Ehhez először is szedjük rendbe őket. A következő állítást kapjuk:

1. *Földünk globális klímája melegszik.*
2. *Ez a) egészen rendkívüli jelenség b) vagy legálábbis egészen rendkívüli mértékű.*
3. *A felmelegedés az ipari forradalommal kezdődött, ez bizonyítja, hogy a felmelegedés oka az emberi tevékenység.*
4. *A katasztrofális felmelegedést az üvegházhatású gázok hatalmas mennyiségű emissziójával okozzuk, a fosszilis energiaforrások elégetéséből származó szén-dioxiddal, az iparszerű állattenyésztésből és a rizstermesztésből származó metánnal.*
5. *Az emisszió visszafogásával meg kell fékeznünk a melegedést, különben kihal az emberiség, soha nem látott kihalás sújtja az egész élővilágot.*

„Mindenki ezt mondja, a legnagyobb tudósok is ezt mondják” – halljuk, olvassuk sokszor a laikusok számára döntőnek tűnő érvet a felsorolt állítások mellett. Mi, tudományal foglalkozók azonban tudjuk, hogy a tudományban ez nem érv. Volt idő, amikor mindenki azt mondta, a legnagyobb tudósok is azt mondták, hogy a világ közepe a Föld, a körülötte forgó hét kristálygömbre van felszögezve a hét bolygó, a legkülső nyolcadikba vert aranyszögek a csillagok. Volt idő, amikor mindenki azt mondta, a legnagyobb tudósok is azt mondták, hogy a Föld ötezer-valahány száz éves, és csak arról folyt a késhegyre menő vita, hogy az ötezen túl még hany száz.

A Fizikai Szemle szerkesztőbizottsága az 1972-ben meghirdetett VÉLEMÉNYEK sorozatát az olvasók kérésére 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 leveleit.

A tudományban csak tényekkel érvelhetünk, nem pedig a „legnagyobb tudósok” tekintélyével. A legfontosabb tényeket egy viszonylag fiatal tudomány, a paleoklimatológia szállítja.

Az állítások vizsgálata

Vegyük hát akkor sorra a fenti állításokat.

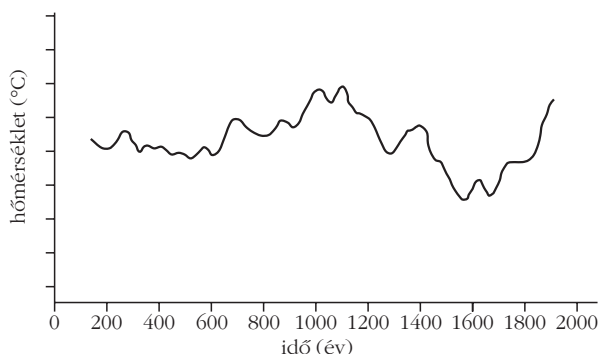
1. *Földünk globális klímája melegszik.*

Az állítás lényegében igaz. Ezt igazolja a gleccsek és a sarki jég visszahúzódása, a tengerszint emelkedése és még sok más jelenség. Azért én módosítanám, pontosítanám az állítást, hogy ne csak lényegében, hanem teljesen igaz legyen. Az én megfogalmazásomban az állítás így hangzik: *Földünk globális klímája a közelmúlt évszázadokban melegedett. Hogy még most is melegszik-e, azt majd néhány évtized múlva utólag meglátjuk.* Azért tartom fontosnak ezt a pontosítást, mert a klímára, különösen pedig a klíma változására néhány évtizednél rövidebb időszakból nem lehet következtetést levonni. A klímához ugyanis akkor jutunk el, ha az aktuális időjárást befolyásoló tényezőket kiátlagoljuk, köztük az olyan hosszú időtartamúakat is, mint az El Niño jelenség, az észak-atlanti cirkuláció és a 11 éves fél napciklus.

2. *a) Ez egészen rendkívüli jelenség.*

Az állítás hamis. Mind az 1., mind a 2. ábrán láthatjuk, hogy a klíma folyamatosan változik. A klíma legjellemzőbb tulajdonsága az állandó változás. Pedig évtizedekig komolyan vették, világszerte hirdették az úgynevezett hokiütő-grafikont, amely azt ábrázolta, hogy a klíma évezredekig változatlan volt, aztán az ipari forradalom idején elkezdett melegedni, azóta megállíthatatlanul melegszik. Hirdették, pedig ennek

1. ábra. A globális hőmérséklet közel 2000 éves változása a jégfúrások alapján [1].



a hokiütő-grafikonak tudományos alapja nincs. Ma már a felmelegedéstől rémüldözők se emlegetik.

2. b) *Vagy legalábbis egészen rendkívüli mértékű.*

Az állítás ebben az enyhített formájában is hamis. A felmelegedés tempóját általában a tengerszint-emelkedés sebességével szoktuk jellemezni, mert az integrálja a különböző helyeken mérhető felmelegedést. Nos, a tengerszint-emelkedés sebessége jelenleg 2–3 mm évente. Ezzel szemben i. e. 8750 körül, az úgynevezett felső dryas epizód erőteljes lehülése után olyan heves melegedés következett, amelytől 10 év alatt 7 métert emelkedett a tenger szintje. Ez két és fél nagyságrenddel gyorsabb volt a mainál. Akkor hogy mondhatnánk a mairá, hogy rendkívüli mértékű?

3. *A felmelegedés az ipari forradalommal kezdődött, ez bizonyítja, hogy a felmelegedés oka az emberi tevékenység.*

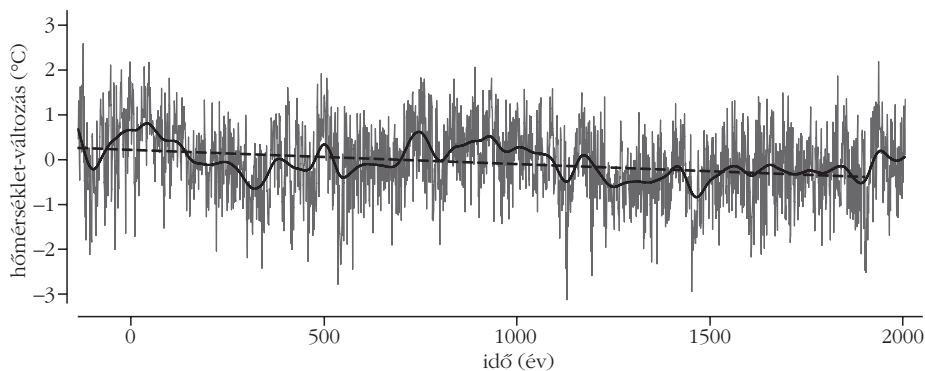
Az állítás hamis. Az 1. ábráról leolvasható, hogy a jelenlegi felmelegedés egy teljes évszázaddal az ipari forradalom előtt, az 1700-as évek elején kezdődött.

Egyébként is teljesen érthetetlen, hogy első elhangzásakor, évtizedekkel ezelőtt mire alapozták ezt a ma már posztulátumként kezelt állítást. Paleoklimatológiai adatok akkor még nem voltak. Közvetlen mérések pedig az ipari forradalom idejéről és az előtről nem léteznek. A szabványosított és szisztematikus meteorológiai megfigyelések fél évszázaddal az ipari forradalom után, az 1850-es években kezdődtek. Akkor szabványosították a meteorológiai műszereket. Akkor szabványosították a leolvasási időpontokat is. Az 1850-es évek előtt csak ötletszerű, nem szabványos műszerekkel végzett, főleg az extrémításokra fókuszáló mérések voltak, amelyekből egy időbeli folyamat kezdőpontját nem lehet meghatározni.

Az is érthetetlen, hogy ha a mi ipari tevékenységünk okozná a felmelegedést, akkor miért az ipari forradalommal kezdődött volna, amikor még csak itt-ott lézengett egy-két gőzgép. Miért nem a XIX. század utolsó negyedében, amikor kialakult a nagyipar, a vasúthálózat és a gőzhajózás, vagy az első világháború idején, amikor létrejött a tömegtermelés?

4. *A katasztrofális felmelegedést az üvegházhatású gázok hatalmas mennyiségű emissziójával okozzuk, a fosszilis energiaforrások elégetéséből származó szén-dioxiddal, az iparszerű állattenyésztésből és a rizstermesztésből származó metánnal.*

Az állítás nem igazolható. Valóban hatalmas mennyiségű szén-dioxidot bocsátunk az atmoszférába a fosszilis energiaforrások elégetésével. De mihez képest hatalmas mennyiséget? A vulkánok természetes



2. ábra. A németországi nyári hőmérséklet bő 2000 éves változása a fák évgyűrűiből [2].

emissziójához képest? Hogy ezt kimondhassuk, tudnunk kéne, mennyi szén-dioxidot emittálnak a vulkánok és a posztvulkáni területek. Ezt azonban nem tudjuk. Még azt se tudjuk, mennyi vulkán van a Földön, hiszen a többségük az óceánok mélyén, ismeretlenül lapul. Egy-egy robbanásos vulkáni kitérésben hatalmas mennyiségű gáz szabadul fel, éppen ettől robbanásos a kitérés. A kiszabaduló gáz három összetevője közül pedig az egyik a CO₂. A sok tízezer kilométer hosszú szubdukciós zónákban alábukó óceáni lemezek egyik fő összetevője a tengeri élőlények mészvázából képződött mészkő, CaCO₃. Amikor az alábukó lemez eléri a köpeny hőmérsékletét, a mészkő nem olvad meg, mint a vulkáni kőzetek és a kvarc, hanem disszociál. A belőle felszabaduló CO₂ a vulkánokon át az atmoszférába távozik. Tudjuk, hogy ez gigantikus mennyiség, de nem tudjuk, mennyi. Tudományos lelkiismerettel nem mondhatjuk ki, hogy ehhez képest meghatározó az antropogén emisszió.

Mihez képest rengeteg a CO₂, amelyet kibocsátunk? Az óceánok kompenzáló képességéhez képest? De hiszen arról se tudjuk, mekkora.

Voltak, akik más oldalról közelítették meg a kérdést. Megmérték, hogy változott a légkör CO₂-tartalma az utóbbi évszázadokban. Sokan úgy találták, hogy számottevően növekedett. Aztán egy kutató korrektebbül újraértékelte a mérési adataikat [3], és úgy találta, hogy a legutóbbi 160 évben szignifikáns változás nem tapasztalható. A mérések tehát ellentmondóak, nem alapozható rájuk az az állítás, hogy az antropogén emisszió meghatározó. Voltaképpen olyan érzékeny mérésről van szó, amelynek az eredményét befolyásolhatja a kutató prekoncepciója. Megbízható eredmény tehát csak vak mérésből remélhető, de ilyet nem végeztek.

Mihez képest hatalmas a metán-kibocsátásunk? A mocsarak természetes emissziójához képest? De hát ki tudja, mennyi metánt bocsátanak ki a mocsarak? Csak azt tudjuk, hogy rengeteget. Ki tudja egyáltalán, hogy mennyi mocsár van a fel nem térképezett trópusi esőerdőkben, a fel nem térképezett szubarktikus tajgában, a tengerparti mangrove-világban? Megint hatalmas, de ismeretlen mennyiséghez akarjuk hasonlítani az antropogén kibocsátást. Ez nem fér össze a tudományos lelkiismerettel.

Mi a több, az ember által létrehozott rizsföldek területe vagy az ember által megszüntetett, lecsapott mocsarak területe? Ezt még senki se mérte fel.

Tényleg nagyobb a nagyüzemi állattenyésztésben élő marhák, más kérődzők száma, mint a földtörténet leghatékonyabb ragadozója, a fegyverrel vadászó ember megjelenése előtti kérődzőfauna? Ez valószínűtlenül hangzik akár Euráziára, ahol az általunk kipusztított őstulok volt a jellemző kérődző, de mellette hatalmas számban éltek bivalyok, bölények, szarvasfélék, nem kérődző, de metánt termelő vastagbőrűek, akár Afrikára, ahol a maihoz képest legalább tízszeres egyedszámban éltek kafferbivalyok, antilop és gazellafélék, vastagbőrűek, akár Észak-Amerikára, ahol másfél évszázada is még százmillió bölény élt és mellettük rengeteg szarvasféle.

Összefoglalva: nem tekinthető tudományosan megalapozottnak az az állítás, hogy az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátása döntően megváltoztatva volna a klímát a korábbi helyzethez képest. A két hamis érv után a harmadik érv értékelhetetlen a mellett, hogy az ember okozná a felmelegedést.

És szól valami az ellenkezője mellett? A mellett, hogy nem az ember okozza? Igen.

Az 1. és a 2. ábráról leolvasható, hogy ezer éve melegebb volt, mint ma. A 2. ábráról az is leolvasható, hogy kétezer éve is melegebb volt, mint ma. Jégfúrásokból tudjuk, hogy 4200 éve is melegebb volt, mint ma. Egyiptológus régészek kutatásaiból meg tudjuk, hogy 4200 éve egy sok évtizeden át tartó iszonyatos aszály és az azzal járó rendkívüli éhínség bomlasztotta fel az egyiptomi Óbirodalmat. A két adat egymást erősíti. Tudjuk [4], hogy 125 ezer éve, a legutóbbi interglaciálisban is melegebb volt, mint ma. A felsorolt meleg időszakok egyikét sem okozhatta antropogén hatás, mert az emberi tevékenység még túl gyenge volt ahhoz, hogy a klímára hatással legyen. Akkor milyen alapon gondoljuk, hogy épp ezt a mostani felmelegedést, amely ráadásul az ipari forradalom előtt egy évszázaddal kezdődött, a felsoroltakkal elentétben antropogén hatás okozná?

Levonhatjuk tehát az egyetlen tudományosan megalapozott következtetést: A globális felmelegedést nem okozhatja antropogén hatás, azt az embertől független természeti erőnek kell okoznia. Minden tudományos alapot nélkülöz az az állítás, hogy a felmelegedést mi magunk okozzuk. Így aztán a klímánkat nem is tudjuk megvédeni.

Hogy mi az a természeti erő, amely a klímaváltozást okozza, arról majd kicsit később.

Felmerül a kérdés: ha a klímánkat nem tudjuk megvédeni, akkor hiábavaló volt minden, amit eddig ebben az irányban tettünk? Nem. Ugyanis a CO₂-kibocsátás csökkentése egyben takarékoskodást jelentett a fosszilis energiaforrásokkal. Azokkal pedig takarékoskodnunk kell, mert a készletük meglehetősen véges. Nem fogynak olyan gyorsan ki, mint amivel a „zöldek” riogatnak. Ha figyelembe vesszük, hogy a legnagyobb készlethez, a tengerfenék metán-hidrátjához még hozzá sem nyúltunk (pontosabban egy sikeres

kísérlet már volt a kinyerésére [5]), akkor jó néhány évszázadra tehetjük a kifogyásukat, de akkor is belátható időn belül fogynak ki. Addigra meg kell oldania az emberiségnek a termonukleáris energiatermelést.

Veszélyben vagyunk?

5. *Az emisszió visszafogásával meg kell fékeznünk a melegedést, különben kihal az emberiség, soba nem látott kihalás sújtja az egész élővilágot.*

Ennek az ötödik állításnak a vizsgálatát kétfelé kell bontanunk. Az egyik kérdés: ha tényleg nagyon sokáig tart a melegedés, az valóban pusztulással fenyeget-e minket. A másik kérdés: milyen klimatikus jövő várható? Nézzük először az elsőt!

Először is szögezzük le: az ember a legalkalmazkodóképesebb élőlény. Minden más élőlénynek csak biológiai eszközei vannak a változó körülményekhez, egyebek között a klímaváltozásokhoz való alkalmazkodásra. Az embernek erre műszaki eszközei is vannak, a műszaki eszközt a legszélesebb értelemben értve. Az emberiség kihalásától tehát csak akkor kéne tartanunk, ha a fajok túlnyomó többségét sújtaná a kihalás. A földtörténet viszont arra tanít minket, hogy nagy kihalást felmelegedés még sohasem okozott. Nagy kihalásnak azt nevezzük, amikor a létező fajok jóval több, mint a fele kipusztul. Ebből következik, hogy szörnyű aránytvesztés áldozatai azok a „zöldek”, akik a nagy kihalások közé sorolják a pleisztocén-holocén átmenetet, a legutóbbi glaciálisból a mai interglaciálisba való átmenetet. Akkor mindössze néhány tucat állatfaj halt ki, azokról is áll a vita, hogy milyen szerepe volt a kihalásukban a felmelegedésnek és milyen a földtörténet leghatékonyabb ragadozója, a fegyverrel vadászó ember megjelenésének. Ez tehát nem is hasonlítható a valóban nagy kihalásokhoz.

A földtörténet során eddig öt nagy kihalásról tudunk, esetleg hatról. Megjegyzendő, hogy ezek nem egyoldalúan katasztrófák voltak, hanem egyben az élővilág evolúciójának fontos lépései. Mindegyikük teret nyitott az élővilág olyan csoportjainak, amelyek előtte elnyomott helyzetben voltak. Nélkülük nem alakult volna olyanná a földi élet, amilyennek most látjuk, nem jutott volna el hozzánk, emberekig.

1–2 milliárd éve „hógolyóvá” fagyott a Föld. A tengerek az egyenlítőig befagytak 1000 m mélyen.

715,5 millió éve, [6] megint „hógolyóvá” fagyott a Föld.

450 millió éve, az ordoviciumban is volt egy 75%-os kihalás. Az okát nem tudjuk, de felmelegedés nem okozhatta, mert egy lehűlési időszak mélypontján történt.

252 millió éve a perm-triász kihalást (nagy kihalást) 40 km körüli átmérőjű kisbolygó becsapódása okozta az Antarktisz mellett, majd a becsapódás következtében az antipóduson létrejött sok millió négyzetkilométeres, sok százezer évig tartó vulkánosság, a szibériai trapp. Az ismert fajok 90%-a, a tengerekben 95%-a halt ki.

Egy új publikáció szerint [7] mintegy 100 millió éve, a triász végén is volt egy kihalás, amelyet nagymértékű vulkánosság okozott, de hogy ez a nagy kihalások közé sorolható-e, az nem világos.

65 millió éve a kréta-tercier kihalást 15 km körüli átmérőjű kisbolygó becsapódása okozta a Yucatán-félsziget peremén, majd a becsapódás következtében az antipóduson létrejött félmillió négyzetkilométeres vulkánosság, a dekkáni trapp. Az ismert fajok 65%-a halt ki.

Láthatjuk tehát, hogy, bár nagyon nagy felmelegedéseket élt át a Föld története során (ennek szélsőséges esetei voltak a felmelegedések a két „hőgolyó-korszak” végén), a nagy kihalásokat sohasem ezek okozták. A földtörténet arra tanít bennünket, hogy még a legszélsőségesebb felmelegedés sem okozhatja az élővilág nagymértékű kihalását.

Ezzel tehát végezve, rátérhetünk a probléma másik részére.

Milyen klimatikus jövő várható?

Ha nem mi, emberek okozzuk a felmelegedést, akkor az se igaz, hogy amíg üvegházhatású gázokat bocsátunk ki, addig a klíma egyre csak melegszik. De mi várható? Kellő ismeretek híján egyenletet nem tudunk felállítani a klímaváltozásokra. Marad a fenomenológiai módszer. Nézzük meg, mi történt a múltban, és következtessünk abból a jövőre. Három időléptékben érdemes vizsgálódnunk.

Ha több milliárd éves léptékben vizsgáljuk a klímaváltozásokat, azt látjuk, hogy néhány százmillió évenként néhány millió évre jégkorszakba zuhan a klímánk. Erre az jellemző, hogy ilyenkor Földünknek sarki jég-sapkái jelennek meg, amelyek a közbülső százmillió évek alatt hiányoznak. Erről azért érdemes beszélnünk, mert ma is ilyen jégkorszakban élünk, amely 2,5 millió éve kezdődött és várhatólag még legalább 1–2 millió évig eltart. Nagy változás lesz, ha véget ér. A legmegbízhatóbb becslések szerint 66 méterrel emelkedik a tengerszint, ha a Földön található minden jég elolvad. Tudjuk, hogy az emberiség túlnyomó része ennél alacsonyabban lakik, tehát a mai élőhelyeink zöme tenger alá kerül. Nagy változás lesz, de nem végső katasztrófa, hiszen akkor a Föld mindössze visszakerül az alapállapotába. Nagy változás lesz, de ez nem a mi gondunk. Összehasonlításul: fajunk, a *Homo sapiens* faj mindössze 200 ezer éves, nemzetségünk, a *Homo* genus nagyjából kétmillió éves. Kétmillió év múlva születő leszármazottaink gondjai ne legyenek a mi gondjaink.

Lépjünk három nagyságrendet, és nézzük a klíma történetét egy-két millió éves léptékben! Már belül vagyunk a jelenlegi jégkorszakon. Azt látjuk, hogy ezt az időszakot százvalahányezer éves ciklusok jellemzik, durván százezer éves glaciális és durván harmincezer éves interglaciális szakaszok váltakoznak. Sokak szerint ezt a periodicitást a földpálya excentricitásának a periodikus változása okozza: amikor kicsi az

excentricitás, mint most, interglaciális van, amikor megnő az excentricitás, a Kepler-törvény szerint (a vezető sugár egyenlő idők alatt egyenlő területeket sűröl) több időt tölt a Föld a Naptól távol, mint ahhoz közel, ami lehűlést hoz. Jelenleg egy interglaciális szakaszban élünk, amely nagyjából tízezer éve kezdődött. Még hátra lehet belőle vagy húszezer év. Ha ez elmúlik, és visszatérünk a következő glaciálisba, az durva lesz. Arra számíthatunk, hogy olyan világ alakul ki, mint a legutóbbi, a Würm glaciálisban. 120 méterrel lejjebb száll a tengerszint, a kialakuló jégpajzs pedig Európában az Alpok és a Kárpátok északi lábáig leér, Észak-Amerikában a nagy tavaktól délre, de egy belőle kiinduló jégár leborotválhatja New Yorkot is. A Central Park sziklakibúvásain jól láthatók a jég karcolásai. A jégpajzs Szibériában és a mai Kanadában 3000, Skandináviában 2000 méter vastag lesz. Kemény világ lesz, de megint azt mondhatjuk, hogy ez nem a mi gondunk. Összehasonlításul: az egész emberi magas civilizáció a legutóbbi 10 ezer évben alakult ki, kezdve a földművelés és állattenyésztés feltalálásával, folytatva a kerék, a fémmegmunkálás, az írás feltalálásával és mindennel, ami az óta történt. Húszezer évvel ezelőtti elődeink még nem civilizált emberek voltak, hanem ősemberek. Húszezer év múlva születő leszármazottaink gondjai ne legyenek a mi gondjaink.

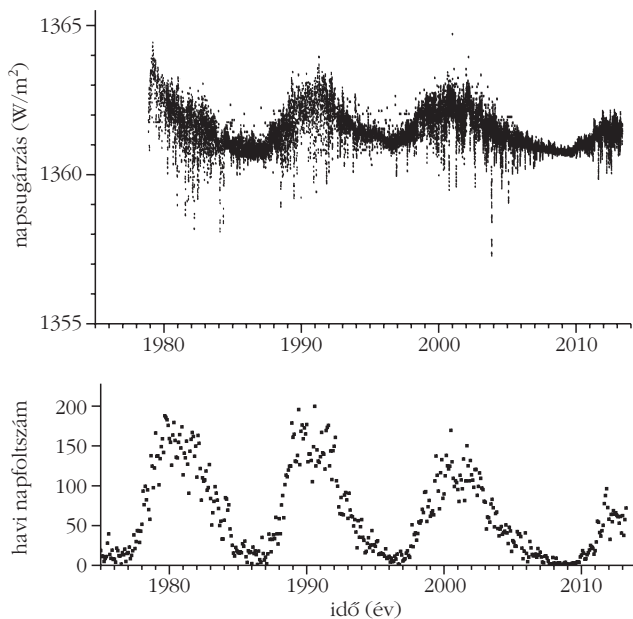
És most megint lépjünk három nagyságrendet! A legutóbbi nagyjából 2000 év klímátörténetét az 1. és a 2. ábráról olvashatjuk le.

Látjuk, hogy 2000 éve, időszámításunk kezdete körül volt egy meleg, a mainál is melegebb időszak. *Hannibálnak* tehát nem okozott akkora nehézséget átkelni az Alpokon, mint ahogy azt a klíma változatlanságában hívő történelemtanárok tanítják.

Ezt a meleg időszakot a népvándorlás korában egy hosszú hideg időszak követte. Nem zárható ki az a feltételezés, hogy talán éppen ez a lehűlés indította el a népvándorlást.

1000 éve ezt megint a mainál melegebb időszak követte. Valójában erről a meleg időszakról már a paleoklimatológia kialakulása előtt is tudtunk. Ebben az időszakban, 1000 körül fedezték fel a viking hajósok Grönlandot, és ekkor nevezték el Grön Landnak, Zöld Földnek, mert szépen zöldellő réteket találtak rajta. *Pártai Lúcia* meteorológus nyilvános szóbeli közlése szerint egy korabeli feljegyzés arról szól, hogy a 990-es évek egyikében olyan forró volt a nyár, hogy Európa minden folyója kiszáradt.

Megint hosszú hideg időszak következett, amely becenevet is kapott: kis jégkorszaknak hívjuk. Tanultuk, hogy ebben az időszakban, az 1241–42-es télen (valószínűleg már 1242 januárjában) a tatárok egy hadicsel után a Duna jegén keltek át a jobb partra. 1458. január 28-án, történelmünk első politikai tömegtüntetése során a rákosi vásártérről oda áramló vásárosok a Duna jegén követelték *Hunyadi Mátyás* királlyá választását a Várban ülésező nagyuraktól. Mégpedig közvetlenül a Vár tövében, a jobb part közelében, ahol hóforrások sora gyengíti a jeget. Akkor



3. ábra. Kapcsolat a nemzetközi napfoltszám és a Naptól érkező sugárzó energia között [8].

mégis bírta őket. A mai klíma mellett ez lehetetlen lenne. Az 1600-as években kedvenc témájuk volt a németalföldi festőknek a csatornák, folyók, tavak jegén korcsolyázók megfestése. Ott, ahol ma telente többet esik az eső, mint a hó.

Ez után, a legutóbbi három évszázadban megint melegszik a klíma.

Látjuk tehát, hogy a Föld globális klímája határozott periodicitást mutat, lehűlések és felmelegedések váltakozásával. Ebből egyetlen tudományosan megalapozott következtetés vonható le: az, hogy a mai meleget is lehűlés követi majd.

Összegezve: A globális fölmelegedés akkor se okozna katasztrófát, ha sokáig tartana, de ráadásul arra kell számítanunk, hogy a felmelegedés előbb-utóbb véget ér, és lehűlés követi. Vagyis minden tudományos alapot nélkülöz az a sokat hangoztatott kijelentés, hogy a klímánkat meg kell védenünk. A klímát nem tudjuk megvédeni és nincs miért megvédenünk.

A naptevékenység szerepe

A kis jégkorszak egy sajátosságáról eddig még nem esett szó. Ebben a hideg időszakban három alkalommal is évtizedekre, több napciklus idejére eltűntek a Nap felületéről a napfoltok, 1280-tól 1350-ig a *Wolf-minimum*, 1450-től 1550-ig a *Spörer-minimum* és 1645-től 1715-ig a *Maunder-minimum* idejére. Közülük a harmadik már a távcsöves megfigyelések korára esik. A kis jégkorszak idején három ilyen hosszú naptevékenységi minimum is volt, azóta egy sem. (A még korábbiakról nincs tudásunk, akkor még nem figyelték, nem ismerték a napfoltokat.) Ez azt a sejtést alapozza meg, hogy összefüggés van a naptevékenység és a földi klíma alakulása között. Ezt a sejtést erősíti, hogy a XX. század egy kivételével (1939–40) min-

den szokatlanul hideg tele a naptevékenységi minimumok környékére esett, és ez igaz a XXI. század eddig egyetlen szokatlanul hideg telére, a 2009–10-es telre is.

A 3. ábra ezt a sejtést bizonyossággá változtatja.

Az ábra a naptevékenység mértékét jól jellemző nemzetközi napfoltszám és a Naptól érkező sugárzó energia korrelációját ábrázolja. Bár a szerzők a korrelációs együtthatót nem számították ki, a grafikon ránézésre is igen erős korrelációt mutat a két mennyiség között. Másrészt viszont a Naptól a Földre érkező sugárzó energia egyértelműen meghatározza a földi klímát. Kimondhatjuk tehát: A föld globális klímáját a naptevékenység mértéke határozza meg.

A teljes igazsághoz tartozik, hogy a grafikonon publikált ezt nem mondják ki. Sőt, lebecsülik a naptevékenység hatását a földi klímára, mondván, hogy a Naptól érkező sugárzó energia mindössze egyetlen ezrelékkel változik a naptevékenységi ciklus során. Igen, egy naptevékenységi ciklus során csak egy ezrelékkel változik, és ez nem is hoz klímaváltozást, mindössze a hideg tél létrejöttének a valószínűségét befolyásolja. A kis jégkorszak során észlelt három hosszú, több évtizedes naptevékenységi minimum azonban, amelyek a fölmelegedés idején már nem ismétlődtek meg, azt jelzik, hogy a naptevékenység több évszázados változásai nagyon sokkal erősebbek, mint az egy cikluson belüli változásai. Így ezek már elegendőek a klímaváltozások előidézéséhez.

Mikor?

A következő kérdés ezek után az, hogy meddig tart a felmelegedés, mikor kezdődik az azt követő lehűlés.

Az 1. és a 2. ábráról 1000 éves periodicitás olvasható le. Ha ez igaz, küszöbön van a felmelegedés vége, a lehűlés kezdete. A lehűlés mélypontja pedig a 2. ábrán látható évezredes lassú lehűlési tendenciából (fekete szaggatott vonal) következtetve hidegebb lehet majd, mint a késő középkori kis jégkorszaké.

Csak hogy a 4200 évvel ezelőtti meleg időszak azt sugallja, hogy a periódus talán mégis hosszabb 1000 évnél. Igaz, akkor hiányzik egy maximum a 4200 évvel ezelőtti és a 2000 évvel ezelőtti között. Tényleg hiányzik? Bár csak közvetett információnk van róla, úgy tűnik, hogy nem.

Weiss, H. [9] arról számol be, hogy a történelem során bizonyos birodalmak, kultúrák pusztulását időjárási rendellenességek okozták. Felsorolásából csak azokat válasszuk ki, amikor a pusztulást „évszázados aszály”, vagyis sok évtizedig tartó aszály okozta. Már láttuk az egyiptomi Óbirodalom sorsából, hogy ez voltaképpen meleg időszakot jelent. A szerző hét ilyen esetet sorol fel, közülük hat ismert időpontokra esik. I. e. 2200 körül „évszázados aszály” okozta az Akkád birodalom vesztét. Ráismerünk: ez ugyanaz a meleg időszak, amely az egyiptomi Óbirodalom bukását is okozta. I. e. 1100 körül „évszázados aszály” okozta mind az egyiptomi Újbirodalom, mind annak

legnagyobb ellensége, a Hettita birodalom pusztulását, emellett a legrégebb görög magaskultúra, a műkénéi pusztulását is, azét a kultúráét, amelyről Homérosz eposzai szólnak. Ez közvetett bizonyíték arra, hogy 3100 évvel ezelőtt is volt egy meleg időszak. Végül i. sz. 900 körül „évszázados aszály” okozta a Maja birodalom pusztulását és Kínában a Tang dinasztia vesztét. Ez már az 1000 évvel ezelőtti meleg időszak bevezető szakasza. Más forrásból egyébként tudjuk, hogy cseppköveken végzett mérések szerint a Maja birodalom területén a legszörnyűbb aszály később, 1020-tól 1100-ig pusztított, csakhogy akkor a már elpusztult birodalomból megmaradt lakosság utódait sanyargatta.

Meleg időszak volt tehát 4200 éve, 3100 éve, 2000 éve és 1000 éve. Lehet, hogy korábban 1100 éves volt a periodicitás és ez időszámításunk kezdete óta lerövidült 1000 évre? Lehet. De az is lehet, hogy az 1000 és 1100 körül látható kettős csúcspól a második az igazi, továbbra is 1100 évtől a periódusidő, és még hátravan 200 évünk a felmelegedésből. Meg az is lehet, hogy megismétlődik az említett kettős csúcs, még száz évig melegszik a klíma, aztán még további száz év, mire megkezdődik a lehűlés.

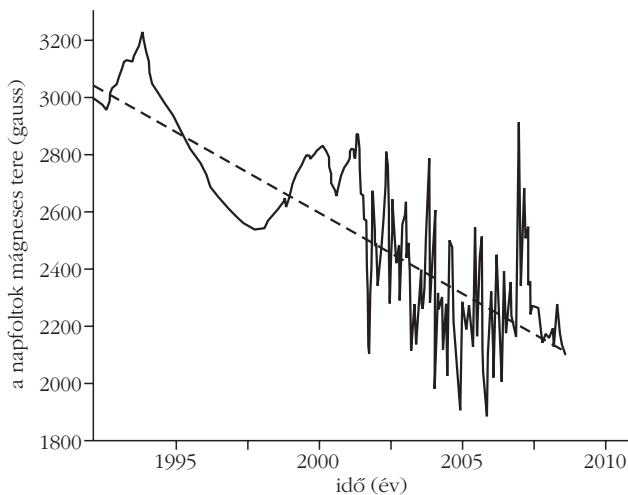
Összefoglalva: Az elmúlt 4200 év klímaváltozásaitól az valószínűsíthető, hogy kétszáz éven belül véget ér a globális felmelegedés és megkezdődik a lehűlés. Azt azonban, hogy ezen a kétszáz éven belül mikor, kellő információ hiányában nem tudjuk meghatározni.

Két elgondolkoztató jel

2009-ben jelent meg a 4. ábrán látható megdöbbentő grafikon [10], amely a napfoltok mágneses terének a változását mutatja a 2009-cel végződő húsz évben.

Mint látható, a mért érték folyamatosan és drasztikusan csökken. Ha ez a csökkenés így folytatódik, akkor 2020-ra eléri azt az 1500 gaussos határt, amely alatt napfolt nem képződhet. Akkor pedig beleszaladunk egy olyan több évtizedes naptevékenységi minimumba, amelyet a kis jégkorszakban hármat is látunk. Ez minden bizonnyal lehűlést hoz. Azt jelenti ez, hogy véget ér a globális felmelegedés és megkezdődik a globális lehűlés? Jelentheti azt is. Lehetséges azonban az is, hogy a felmelegedés csak megtorpan, aztán nekilendül újra. Kevés a tudásunk ennek a biztos eldöntéséhez. Ki kell várnunk, mit hoz a jövő, anélkül, hogy túlzottan rövid időszakokból távlati következtetést vonnánk le.

2009 óta folytatódik a naptevékenység csökkenése? Úgy tűnik, igen. 2010 januárjában befejeződött a megfigyelések kezdete óta leghosszabb és legmélyebb naptevékenységi minimum, amelynek során 821 napfoltmentes nap volt (2009-ben több, mint 70%), szemben a minimumok során átlagosnak számító 486 nappal. 2013 a naptevékenységi maximum éve, ehhez képest megdöbbentően alacsony a naptevékenység. 2013 februárjában például 50 alatt volt a havi átlagos nemzetközi napfoltszám. Megdöbbentően, de egyelő-



4. ábra. A napfoltok mágneses terének változása 20 év alatt [10].

re nem példátlanul alacsony. A XIX. század elején két maximumban is 50 körül volt a nemzetközi napfoltszám, aztán egy harmadikban is nagyon alacsony volt, a negyedikre normalizálódott. Lehet, hogy most is ez ismétlődik meg, lehet, hogy nem. Az akkori alacsony napfoltszám egyébként meg is látszik az 1. ábrán. A XIX. század elején megtorpan a melegedés, újabb jeleként a naptevékenység és a földi klíma közötti összefüggésnek. Hogy a 4. ábrán látható csökkenés akkor is észlelhető volt-e, nem tudhatjuk, akkor még nem voltak olyan nagy felbontású napteleszkópok, amelyekkel az egyes napfoltok mágneses terét egyenként mérni lehetett volna.

Ez a naptevékenység-csökkenés mindenesetre felhívja a figyelmünket arra, hogy a három évszázada észlelt globális felmelegedés nem feltétlenül folytatódik napjainkban.

„Miért nőtt meg az antarktikus tengeri jégborítás a klímaváltozás hatására?” – ez a címe a brit antarktisz-kutató szervezet 2012 végén megjelent sajtójelentésének [11]. A sajtójelentésből megtudjuk, hogy műholdas mérések szerint az Antarktisz körüli téli jégtakaró kiterjedése az utóbbi húsz évben növekedett. Ez a húsz év egyrészt egybeesik azzal a húsz évvel, amely alatt a naptevékenység drasztikusan csökkent, másrészt egybeesik azzal az időszakkal, amelyben évről évre pánikszzerű jelentéseket olvashatunk arról, hogy az Arktiszon a nyári jég kiterjedése már megint kisebb, mint az előző évben. Egyébként a sajtójelentés szerint a nyári jég kiterjedése az Antarktisz körül is csökkent. Mint a címből kiolvasható, a sarkkutatók a téli jég kiterjedésének a növekedését a globális felmelegedésnek tulajdonítják. Azt magyarázzák, hogy a felmelegedés miatt megváltozott a széljárás, és ettől nő a téli jég kiterjedése. Nem igazán meggyőző érvelés. Sokkal valószínűbb, hogy a naptevékenység drasztikus csökkenésének a hűtő hatását látjuk.

Lehetséges, hogy a lehűlés télen észlelhető, nyáron még nem? Igen, lehetséges. A 11 éves naptevékenységi félévközi klimatikus hatását is a hideg telek megnövekedett valószínűségén látjuk, a nyarakon meg nem észleljük. Lehetséges, hogy a kezdődő lehűlés a

déli féltekén észlelhető, az északin még nem? Igen lehetséges. A földtengely mai állása szerint az északi félteke telén, a déli nyarán vagyunk legközelebb a Naphoz, az északi félteke nyarán, a déli telén vagyunk legtávolabb tőle. Ez az északi féltekén csökkeneti, a délin növeli a tél és a nyár közötti hőmérséklet-különbséget. A déli félteke így érzékenyebb lehet egy kezdődő lehűlésre.

Úgy tűnik tehát, hogy a naptevékenységnek az utóbbi húsz évben tapasztalható drasztikus csökkenése máris hozott egy olyan lehűlést, amely még csak a legérzékenyebb ponton vehető észre. Ugyanakkor ebből a publikációból is látszik, hogy még a tudományos kutatóknak is nehezükre esik elszakadni a közvélekedéstől, hogy a felmelegedést mi, emberek okozzuk, és amíg üvegházhatású gázokat bocsátunk az atmoszférába, addig a globális klíma melegszik, és minden időjárási változás ennek a következménye.

Azért vigyázzunk, tartsuk magunkat ahhoz, hogy túl rövid időszakokból ne vonjunk le következtetéseket a hosszú távú klímaváltozásokra. Ami lehetséges, az nem biztos, hogy való is.

Irodalom

1. Behringer, W.: *A klíma kultúrtörténete*. Corvina Kiadó, Budapest 2010, Idézi: Berényi D., *Természet Világa*, 142/3 (2011) március, <http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2011/tv1103/berenyi.html>
2. Esper, J. et al., *Nature Climate Change*, 8 July 2012. <http://www.uni-mainz.de/eng/15491.php>
3. Knorr, W., *Geophys. Res. Lett.* 36 (2009) 21. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009GL040613/abstract>
4. Kopp, R. E. et al., *Nature* 462 (2009) 863–867. <http://www.nature.com/nature/journal/v462/n7275/full/nature08686.html>
5. Cyranoski, D., *Nature News*, 23 April 2013. <http://www.nature.com/news/japanese-test-coaxes-fire-from-ice-1-12858>
6. Cohen, P. A. et al., *Harvard Gazette*, Nov. 19 2009. <http://news.harvard.edu/gazette/story/2010/03/scientists-find-signs-of-snowball-earth>
7. Blackburn, T.J. et al., *Science Express*, March 21 2013. <http://www.sciencemag.org/content/early/2013/03/20/science.1234204>
8. NASA, *The Effects of Solar Variability on Earth's Climate: A Workshop Report*. The National Academies Press, 2012, ISBN-10: 0-309-26564-9, ISBN-13: 978-0-309-26564-5, http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2013/08jan_sunclimate/
9. Weiss, H., *New Scientist*, 06 August 2012.
10. Livingston, W.; Penn, M., *Eos* 90 (2009) 30. <http://www.leif.org/EOS/2009EO300001.pdf>
11. British Antarctic Survey Press Release (2012): http://www.antarctica.ac.uk/press/press_releases/press_release.php?id=1967

KÉRDÉS VÁLASZ NÉLKÜL

Meglepődve (megdöbbenve!) olvastuk Csörgő Tamás tavaly tartott előadásának írott változatát a *Fizikai Szemle* 2013/6 számában (a 205. oldalon). A szerkesztő maga is feltette a kérdést, vajon miért A FIZIKA TANÍTÁSA rovatba került a közlemény, de választ az írásból nem sikerült kiolvasnunk. A cikk első részében a szakasz címe szerint a szerző tudományos kutatásairól kíván rövid összefoglalást nyújtani. Ehelyett tárgyi tévedésektől sem mentes, dagályos önreklámozást kap az olvasó.

A tudományos eredmények jelentőségének megvitatása szakmai fórumokra tartozik, nem is azért fogtunk íráshoz. Írásának második részében a szerző kifejti, hogy eredményeit mennyire nem értékeli hazájában, bezzeg a nagyvilágban! A sértett hangvétel mellett nem mehetünk el szó nélkül, mert a szakmai tapasztalatokkal nem rendelkező olvasóközönség és főként a fiatalok körében azt a téveszmét keltheti, hogy hazánkban nem érdemes kutatással foglalkozni, nem lehet vele elismerést szerezni. Határozott ellenvéleményünket kívánjuk kifejezni mind a megbírált kutatói közösség, mind a *Fizikai Szemle* Szerkesztőbizottságának tagjaiként.

Véleményünknek két vonatkozása van. Egyrészt tudományometriai eredményei bemutatásakor a szerzőnek sokkal szerényebbnek kellene lennie. Csörgő Tamás kétségtelenül nagyon termékeny kutató, azonban munkáinak közel fele nagy nemzetközi együttműködések terméke, hivatkozásainak háromnegyede ezekre a közleményekre érkezett. Az ilyen együttmű-

kodésekben nem lehet csak a tudományometriai mutatókra hagyatkoznunk, mert félrevezetőek lehetnek. Tudnunk kell az együttműködő munkatársak véleményét is. Nagy nemzetközi kutatócsoportokban mindig lehet tudni, kik az igazi húzóemberek és kik azok, akik egy-egy részfeladat megoldásával járulnak hozzá a nagy egészhez (ami szintén fontos és szép feladat!). Az igazi húzóemberek kapják általában a kiemelt vezetési feladatokat az együttműködésben, például valamely adatiértékelési terület tevékenységének összehangolását. Noha a <http://phenix.elte.hu/szerepunk> oldalon sok szép elismerésről olvashatunk, egyetlen ilyen vezetői feladat ellátásáról sem találunk hiteles adatot, ami megkérdőjelezi, hogy a PHENIX-ben a magyar hozzájárulás meghatározó lenne. (A CERN CMS együttműködésében például van nem egy ilyen kiemelt feladattal megbízott magyar résztvevő.)

Véleményünk másik része, hogy Csörgő Tamás Magyarországon elismert tudós, az MTA doktora, 2013-ban akadémikusnak jelölték. Hazai tudományos elismertsége lényegesen nagyobb, mint a nemzetközi. Itthon számos díjjal tüntették ki, a legutóbbi az egyik legnagyobb elismerésnek számító Charles Simonyi ösztöndíj, amelynek elnyerése kapcsán írását közzétette. Kutatási pályázatainak nyerési hányada nem rosszabb a hazai átlagnál. Például az OTKA-ban forráshiány miatt az elmúlt évtizedben az alig 10%-os nyerési esély volt általános. A nagy elismertségnek örvendő Lendület pályázatok esetén szintén hasonló a nyerési arány. (Nem jobb a helyzet a Európai Unió