

jező Haynauéval. De a császár – ha akarta volna – kivonhatta volna magát a táborszer-nagy érveinek hatása alól. Igaz, a birodalmát megmentő katonák iránt egész életében hálát érzett, de e hála nem akadályozta meg abban, hogy a Bécsset legyűrő Windisch-Grätzet ne menessze, s 1850 nyarán Haynauval is ez történt.

Az osztrák kormány tagjai között sem volt különösebb nézeteltérés a megtorlás szükségességéről, csak a kivitelezés módjáról. Schwarzenberg és minisztertársai azonban – tapasztaltabb politikusok lévén – kétségkívül jobban érzékelték ennek politikai kockázatait, mint a császár. De, úgy tűnik, egyikük sem szállt szembe a magas uralkodói akarattal, s az I. Ferenc József politikai tanítómesterének tartott Schwarzenbergben is erősebb volt az udvaronc az önálló politikusnál. Schwarzenberg büszke volt arra, hogy az ő ura igazi szuverén, s eltérő véleményét mindig aláren-

delte az uralkodóénak. Abban tehát, hogy 1849 augusztusától október végéig a keményebb vonal, a minél kíméletlenebb megtorlás híveinek elképzelése érvényesült, döntő szerepe volt az ifjú császárnak. Annak a császárnak, aki Haynau menesztése után is több évet várt azzal, hogy a szabadságharcban való részvételükért Haynau bíróságai által elítéltek számára amnesztiát adjon. Arra pedig ezek az elítéltek is hiába vártak, hogy I. Ferenc József akár egyetlen szóval is kifejezze sajnálatát az 1849 után történtek miatt.

A cikk I. Ferenc József halálának 100. évforduló-jára készült.

Kulcsszavak: *I. Ferenc József, Felix Schwarzenberg miniszterelnök, Julius Haynau táborszer-nagy, Anton von Schmerling igazságügy-mi-niszter, Görgei Artúr vezérőrmagy, 1848–49. évi magyar szabadságharc, megtorlás*

IRODALOM

- Andics Erzsébet (1965): 1849. augusztus. (Ismeretlen adalékok az 1848–49-es magyar forradalom és szabadságharc végnapjairól) *Századok*. 99, 3, 425–454.
- Andics Erzsébet (1974): Néhány megjegyzés a „Görgey-vitához”. *Kritika*. 10. 12–13.
- Hanák Péter – Varga János (1974): Bécs, Arad, Világos. Tények, értelmezések a Görgey-vitában. *Kritika*. 1, 4–6.
- [Hanák Péter – Varga János] (1982): A Görgey-kérdés vitája. In: Hanák Péter (szerk.): *A Dunánál. Történelmi figyelt. (RTV–Minerva)* KJK, Budapest, 205–219.
- Hermann Róbert (1999): Megtorlás az 1848–49-es forradalom és szabadságharc után. *Változó Világ*. 27, 128. • <http://www.valtozovilag.hu/rx/megtorlas1848.htm>
- Hermann Róbert (2009): *I. Ferenc József és a megtorlás. (Habsburg Történelmi Monográfiák 6)* Új Mandátum, Budapest

- Hermann Róbert (szerk.) (2007): *Vértanúk könyve. A magyar forradalom és szabadságharc mártírjai 1848–1854. (Rubicon Könyvek)* Rubicon-Ház Bt., Budapest
- Károlyi Árpád (1932): Németújvári gróf Batthyány Lajos első magyar miniszterelnök főbenjáró pöre. I–II. (*Magyarország Újabbkori Történetének Forrásai*) Magyar Történelmi Társulat, Budapest
- Katona Tamás (szerk.) [2003]: *Az anadi vértanúk. (Faktum)* Corvina, Budapest
- Kletečka, Thomas (Bearbeitet und eingeleitet von) (2002): Die Protokolle des österreichischen Minister-rates 1848–1867. II. Abteilung. Das Ministerium Schwarzenberg. Band 1. 5. Dezember 1848–7. Jänner 1850. Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Wien
- Kosáry Domokos (1994): *A Görgey-kérdés története*. I–II. Osiris–Századvég, Budapest
- Steier Lajos (é. n.): *Haynau és Paskievics. A szabadságharc revidált története* III–IV. rész. I–II. Genius, Budapest

MÉRFÖLDKÖVEK A LÉGKÖRI SZÉNDIOXID-FORGALOMBAN

Haszpra László

az MTA doktora
Országos Meteorológiai Szolgálat
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
haszpra.l@met.hu

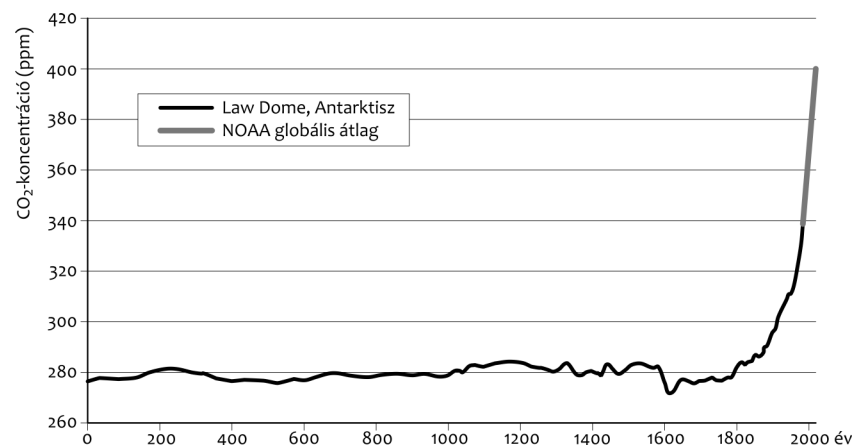
Talán a tízes számrendszer használatának hatása, hogy az ember különös jelentőséget tulajdonít a nullára végződő számoknak, legyen szó életkorról, múzeumlátogatók számáról, megtett távolságról vagy akár benzin-árról. Az időben változó mennyiségeknél a kerek számmal jellemzett érték elérését, átlépését sokszor – a tőzsdenyelvből átvéve – lélektani határnak nevezzük, ami a változások mögött álló folyamatok alaposabb áttekintésére készíthet minket. A légkör szén-dioxid-forgalmában napjainkban két kerek számmal szembesülünk: folyamatos növekedés mellett a légkör szén-dioxid (CO₂)-tartalma elérte a 400 milliommód térfogatrészt, aminek alapvető oka, hogy az emberi tevékenység ma már évente körülbelül 10 milliárd tonna szenet juttat a levegőbe szén-dioxid formájában. A természet számára közömbös ugyan, hogy önkényesen választott mértékegységekben kifejezve valamilyen jellemző kerek értéket vesz-e fel, a kerek számokhoz való sajátos viszonyulásunk miatt azonban ezek az értékek ráirányítják a figyelmet a változásokra.

A légkör CO₂-koncentrációja a Föld története során folyamatosan változott. A kezdetben CO₂-gazdag légkörből a geokémiai, majd bio-geokémiai folyamatok fokozatosan von-

ták ki e fontos légköri összetevőt, amelynek koncentrációja a bio-geokémiai folyamatok és a változó intenzitású vulkáni tevékenység összhatására meglehetősen széles sávban ingadozhatott az idők során. A fanerozoikumra vonatkozó, közvetett adatokon alapuló koncentrációbecsléseket legutóbb Dana L. Royer (2006) foglalta össze. A jura–kréta időszak 1000–3000 ppm¹ körüli légköri CO₂-aránya a miocén idejére sülyedhetett a maihoz hasonló szintre, majd a pleisztocén idején már csak 170–300 ppm között ingadozott. Koncentrációja a legutolsó eljegesedés lezárulta után 260–270 ppm között stabilizálódott, az elmúlt 200–250 évben viszont meredek növekedésnek indult (*t. ábra*). A legutóbbi tíz év 1,7–3,0 ppm/év-es növekedési üteme mellett a felszínközeli légkör évi átlagos CO₂-koncentrációja 2015-ben 399,42 ppm volt (URL¹), így 2016-ban bizonyosan 400 ppm fölé kerül.

A koncentráció-növekedés hátterében most nem a vulkáni tevékenység megerősö-

¹ A ppm (parts per million, milliommód térfogatrész), nem lévén szabványos SI-mértékegység, visszaszorulóban van a szakirodalomban. Helyét a vele számértékben azonos, μmol/mol-ban kifejezett molarány veszi át. Szélesebb körű ismertsége miatt azonban a jelen dolgozatban megmaradtunk a ppm használata mellett.

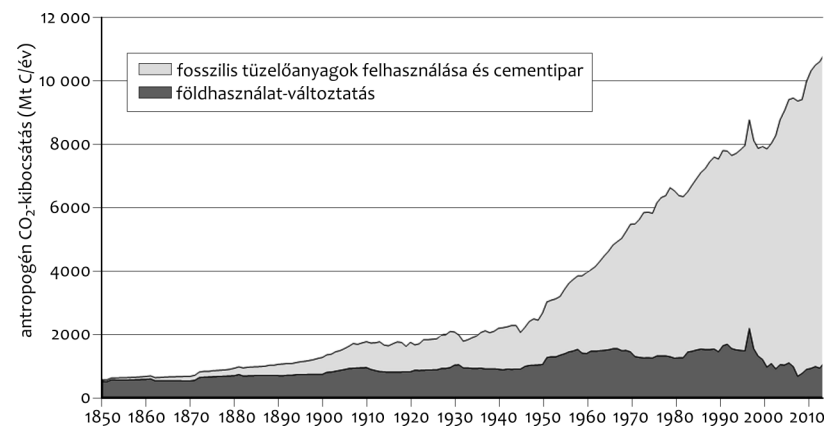


1. ábra • A légköri szén-dioxid-koncentráció alakulása időszámításunk kezdetétől 2000-ig a Law Dome-i (Antarktis) jégfuratból mért adatok (MacFarling Meure et al., 2006; URL₂), illetve 1980 és 2015 között a NOAA globális mérőhálózatának adatai alapján (URL₃).

dése áll, hiszen az – emberi időmértékkel mérve – csak nagyon hosszú idő alatt fejthető ki hatását. Ahogy az az 1. ábrán látszik, még a nagyobb vulkánkitörések hozama is elenyésző a légkör teljes szén-dioxid-mennyisége mellett. Egy-egy vulkánkitörés észrevehető koncentrációváltozást nem okoz. Paradox módon inkább a koncentráció kisebb csökkenése figyelhető meg a nagyobb kitörések után, mivel az átmenetileg hűvösebbé váló időjárás miatt csökken a bioszféra respirációja, miközben a diffúz napsugárzás arányának növekedése hatékonyabbá teszi a fotoszintézist. A légkör szén-dioxid-forgalmában azonban, a geológiai és a bio-geokémiai folyamatok mellett, megjelent egy gyorsan növekvő intenzitású, mára globális léptékben is jelentős hozamú tag: az emberi kibocsátás.

Az ember lényegében a tűzgyújtás elsajátítása óta befolyásolja a légkör összetételét, de az vitatott, hogy hatása mikortól mutatható ki a Föld légkörében. Néhány kutató úgy véli, hogy az emberi tevékenység hatása már a mezőgazdálkodás és állattenyésztés kezdetétől,

azaz több ezer éve jelen van az üvegházhatású gázok légköri mennyiségének alakulásában. Ennek következménye a CO₂-koncentráció lassú emelkedése a holocén kezdetétől az ipari forradalomig, és a késő középkori kisebb visszaesésekhez esetleg köze lehetett az ismétlődő, komoly embervesztéssel járó pestisjárványoknak (Ruddiman, 2003; Lewis – Maslin, 2015). A szénfelhasználás megjelenésével és különösen a hatékony gőzgép feltalálását követő ipari forradalom kibontakozásával az ember által a légkörbe juttatott CO₂ már egyértelműen kimutathatóan növelni kezdte a légkör szén-dioxid-tartalmát. Fák évgyűriinek izotópelemzéséből tudjuk, hogy fokozatos csökkenésnek indult a légköri szén-dioxid ¹⁴C izotóparánya, ami jelzi, hogy a többlet szén-dioxid fosszilis forrásból származott. A fosszilis szén ugyanis mentes a légkörben keletkező és viszonylag rövid felezési idejű radioaktív ¹⁴C izotóptól. A szénfelhasználáshoz csatlakozott később az olaj- és gázfelhasználás, miközben a gyorsan elterjedő cementgyártás is egyre nagyobb mennyiségű



2. ábra • A fosszilis tüzelőanyagok felhasználása és a cementgyártás, valamint a földhasználat-változtatás révén a légkörbe került szén-dioxid-mennyiség (szénmennyiségben kifejezve) 1850-től 1980-ig Houghton et al., (2008), 1981-től 2014-ig pedig Le Quéré et al. (2015) adatai alapján (URL₄).

szén-dioxidot juttatott a levegőbe. Iparstatisztikai adatok alapján egészen a 18. század közepéig visszamenőleg megbecsülhető a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásával, illetve a cementgyártással a légkörbe kerülő CO₂ mennyisége (Boden et al., 2015), bár a 18. és 19. századra vonatkozó adatok érthetően bizonytalanabbak, mint a későbbi időszakra vonatkozók. Míg 1750-ben körülbelül 3 millió tonna szén (Mt C) kerülhetett a levegőbe szén-dioxid formájában (11 millió tonna szén-dioxid), a 19. század közepén pedig évente hozzávetőleg 50 Mt C, addig 2014-ben már 9795 Mt C (Le Quéré et al., 2015). Tíz évvel korábban, 2004-ben ez az érték még csak 7784 Mt C volt (±5 % körüli becslési bizonytalanság mellett).

Az ember azonban nemcsak ipari tevékenysége által, hanem a földhasználat megváltoztatásával is szén-dioxidot juttat a légkörbe. Az erdőségek letarolásával, a faanyag hasznosításával, illetve a területek mezőgazdasági művelésbe vonásával jelentős mennyiségű (nem fosszilis) szén-dioxid kerül a leve-

gőbe. Az utóbbi időszakban az erdőirtások mérséklődése, az erdőtelepítési programok és a művelésből kikerült területek visszaerdősülése összességében már lassan csökkenő nettó kibocsátást eredményez (2. ábra). A teljes emberi eredetű CO₂-kibocsátás 2010-ben érte el a 10 000 Mt-t (10 gigatonna) szén-egyenértékben kifejezve. Ilyen ütemű üvegházgáz-kibocsátásra – jelenlegi tudásunk szerint – 66 millió éve nem volt példa (Zeebe et al., 2016).

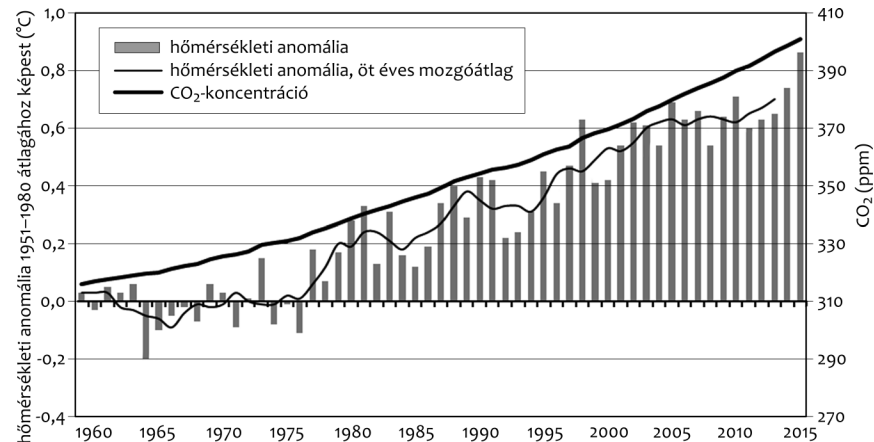
Az óceánokból a természetes folyamatok során évente mintegy 60 gigatonna (Gt), míg a szárazföldről, döntő részben a bioszféra respirációja révén körülbelül 110 Gt szén kerül a levegőbe CO₂ formájában (Ciais et al., 2013). Ehhez képest az évi 10 Gt-nyi antropogén kibocsátás nem tűnik nagyon soknak. Az óceáni szén-dioxid-felszabadulás és -elnyelődés, a bioszféra respirációja és fotoszintézise azonban meglehetősen kiegyensúlyozott rendszert alkotott a holocén nagy részében. A mintegy tízezer év alatt bekövetkezett körülbelül 20 ppm-es növekedés (260

ppm → 280 ppm) a hosszú időszak átlagában mindössze 4 Mt C/év nettó forráserejét jelez. Az évi 10 Gt-t most már valamelyest meghaladó antropogén CO₂-kibocsátással szemben azonban csak kb. 5 Gt C/év-es nyelőkapacitás (óceáni beoldódás, stimulált bioszferikus felvétel) áll, azaz a rendszer kiegyensúlyozatlansága mára az intenzív iparosítás előtti időkhöz képest durván ezerszeresére nőtt. Ez okozza a légköri CO₂-koncentráció jelenlegi gyors, évi 2–3 ppm-es növekedését.

Biológiai értelemben a szén-dioxid az élővilág számára a jelenleginél lényegesen magasabb koncentrációban is ártalmatlan, sőt a növények – fajtól függően – a magasabb koncentrációból a fotoszintézis révén még profitálhatnak is. A CO₂ ugyanakkor molekulaszerezetének sajátossága miatt hatékonyan nyeli el a Föld hőmérsékleti kisugárzásának tartományába eső elektromágneses sugárzást, így légköri mennyisége az ún. *légköri üvegházhatáson* keresztül alapvetően befolyásolja a Föld éghajlatát, aminek alakulására viszont a bioszféra igen érzékenyen reagál.

Bár a szén-dioxid csak a második legnagyobb járulékot adó üvegházgáz a légkörben, és összességében csupán körülbelül egynegyedét adja az üvegházhatásnak² (Kiehl – Trenberth, 1997), mégis döntő szerepet játszik az éghajlat alakításában. A legnagyobb járulékot adó vízgőz légköri mennyiségét ugyanis maga az éghajlat szabályozza a párolgási és kondenzációs folyamatokon keresztül, így szerepe csak a visszacsatolási folyamatok révén válik lényegessé: ráerősít a bármilyen okból már megindult éghajlatváltozásra. Tekintettel a

vízgőz passzív szerepére, kivételes esetektől eltekintve (például extrém metánfelszabadulás) a szén-dioxid gyakorolja a legnagyobb befolyást a légkör üvegházhatásának szabályozására. Ezért szokás ezt a gázt a bolygó termosztátjának nevezni (Lacis et al., 2010). Ennek alapján azt várnánk, hogy a Föld felszíni hőmérséklete és a légkör CO₂-tartalma között szoros korreláció áll fenn. Ezt a kapcsolatot azonban nem egyszerű kimutatni. Hosszabb távon ennek több oka is van. A légkör üvegházhatása nem az egyetlen aktív éghajlat-alakító tényező. A Föld éghajlatát magától érteendő módon befolyásolja a bolygó pályaelemeinek alakulása, a Nap sugárzási teljesítményének változása, de a kontinensek elhelyezkedése és domborzata is a felszín energiaelnyelő képességén és az óceáni-légköri cirkuláció befolyásolásán keresztül. Ezek változásai könnyen felülírhatják az üvegházhatás alakulásának hatását. Ráadásul a változó éghajlat kihat az üvegházhatású gázok légköri mennyiségére, azaz előfordulhat, hogy az üvegházhatású gázok mennyiségének változása nem az éghajlatváltozás kiváltó oka, hanem egy más okból megindult éghajlatváltozás következménye, és az üvegházhatás változása visszacsatolásként lép be az éghajlat alakításába. Ezt a jelenséget láthatjuk a pleisztocén jégkorszakok lefolyása során. Lényegesen érzékenyebben reagál az éghajlat az üvegházhatás változására, amikor a pólusokat jég borítja, vagy jegesedés alakulhat ki, mint amikor a bolygó magasabb átlaghőmérséklete miatt jégborítottság nincs, és nem is keletkezhet. A jégfelület megjelenése, illetve kiterjedésének változása ugyanis megváltoztatja az elnyelt és visszavert napsugárzás arányát, ami nagyon erős pozitív visszacsatolást jelenthet az éghajlati rendszerben, többszörösére erősítve az üvegházhatás-változás hatását.



3. ábra • A globális átlaghőmérséklet eltérése az 1951–1980 közötti időszak átlagától és a Mauna Loa Observatóriumban (Hawaii) mért légköri CO₂-koncentráció alakulása (URL5; URL6).

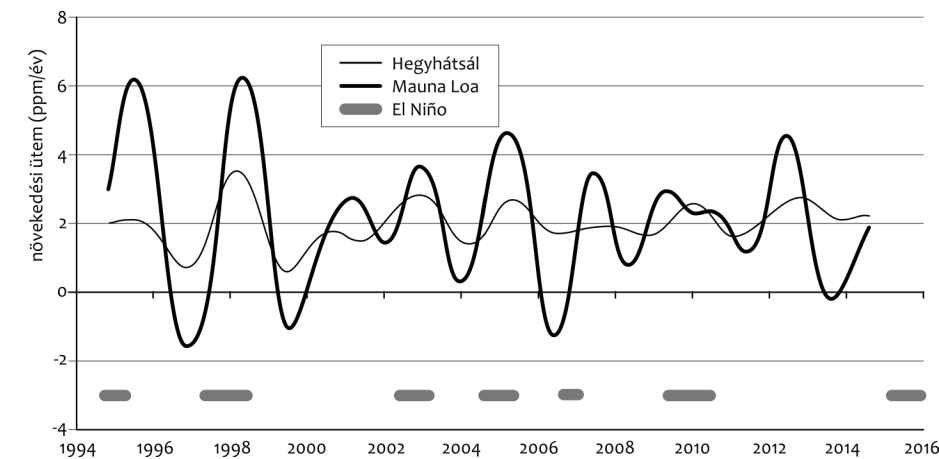
A közvéleményt ma jobban izgatja, hogy látja-e a mérési adatokban az üvegházhatású gázok koncentrációjának emberi eredetű változása, és a felszíni hőmérséklet, illetve általában véve az éghajlat alakulása közötti kapcsolatot. A fizikailag meglévő kapcsolat az éghajlati rendszer működésének alaposabb ismerete nélkül, pusztán hőmérsékleti és koncentrációgörbék egymásra helyezésével több okból sem magától értetődő, ami számos félreértés és félremagyarázás forrása (3. ábra). Egyrészt a légköri üvegházhatás jelenlegi gyors erősödésével a felszíni hőmérséklet képtelen lépést tartani az óceánok hatalmas hőtehetetlensége miatt, ami egyértelmű késleltetést épít be az üvegházhatás erősödése és a hőmérséklet emelkedése közé. További, más időskálájú késleltetést jelent a jégtakaró zsugorodása és az ebből fakadó növekvő felszíni energiaelnyelés, ill. az egyéb visszacsatolások belépése. Másrészt, az éghajlat természetes, belső változékonysága ugyancsak nehezíti a szoros kapcsolat felismerését. Ráadásul, ahogy erre az előbbiekben már utaltunk, az éghajlat ilyen természetes ingadozása elsősorban a gyorsan

reagáló bioszféra megváltozó viselkedése révén visszahat a légkör CO₂-koncentrációjára. Pozitív globális hőmérsékleti anomália (pl. El Niño-időszakok) az erősödő bioszferikus respiráció és a csökkenő nettó óceáni CO₂-felvétel miatt valamelyest növeli, míg negatív globális hőmérsékleti anomália (például La Niña-időszakok, vulkánkitörések okozta lehűlések) a gyengülő respiráció és az erősödő nettó óceáni CO₂-felvétel miatt kissé csökkenti a légkör CO₂-koncentrációját (Haszpra – Barcza, 2010; Humlum et al., 2013), illetve mérsékli az emberi kibocsátás okozta növekedést. Ennek a jelenségnek köszönhető, hogy a légköri CO₂-szint növekedési üteme lényegesen szélesebb tartományban ingadozik, mint amekkorát az antropogén kibocsátás ingadozása önmagában indokolna (4. ábra). Ez a fluktuáció azonban a tendenciaszerű éghajlatváltozást okozó növekvő üvegházgáz-koncentrációra tevődik rá. Mindezek mellett nem feledkezhetünk meg a különböző optikai tulajdonságú, és így különböző energetikai hatású légköri aeroszol-részecskék mennyiségének változásairól sem.

² Az egyes üvegházhatású gázok elnyelési spektruma egymással részben átfedésben van, ezért a közreműködésük aránya egyáltalán nem határozható meg. A különböző tanulmányok kissé eltérő értékeket adnak meg.

A visszacsatolások az éghajlati rendszerben meghatározó fontosságúak. A légkör CO₂-tartalmának megfigyelt növekedése önmagában nem okozna jelentős felszíni hőmérséklet-növekedést az általa kiváltott hatások nélkül. Jelenleg a légkör teljes (természetes+antropogén eredetű) üvegházhatása kb. 33–34 °C-kal emeli a Föld felszíni átlaghőmérsékletét az üvegházhatás-mentes helyzethez képest. Ennek a többletnek mintegy negyedét adja a CO₂,² és ez az arány a jövőben valószínűleg várható koncentrációk mellett nem is nagyon fog változni (Schmidt et al., 2010). Más szavakkal, a hőmérséklet-növekedésnek is csak egy viszonylag csekély része származik közvetlenül a többlet CO₂ légköri energiaátvitelt módosító hatásából, jóval nagyobb rész a kiváltott visszacsatolások következménye. A közvetlen, önmagában nemigen értelmezhető, és az eredő hatás összekeverése esetén kétféleérték forrása az éghajlatváltozásról nem szakmai körökben folytatott vitákban. A jelenlegi gyorsan emelkedő üvegházgáz-

koncentráció jelentős éghajlati változást vetít előre, ami az ökológiai rendszerek drasztikus átalakulásához, a múltbeli példák alapján farkos tömeges eltűnéséhez vezethet. Az emberiség történelmében is számos példát találunk arra, hogy a környezeti változások a szűkülő erőforrások és az értük való harc fellobbanása miatt virágzó civilizációk semmisültek meg. Bár az emberiség sok tekintetben próbálja függetleníteni magát a természet erőitől, az éghajlat gyors változása a világ földrajzi vagy gazdasági okokból érzékeny részein olyan konfliktusokat robbanthat ki, amelyek a közvetlenül nem érintett, a környezeti változásokkal jobban tolerálni képes régiókat is magukkal rántják. Ezért az éghajlatváltozás veszélyét, az általa hordozott kockázat miatt, a tudományos ismeretek meglévő bizonytalansága ellenére is komolyan kell vennünk. Az üvegházhatású gázok mennyiségének stabilizálása esetén az óceánok hőtehetetlensége és a visszacsatolások már említett késleltető hatása miatt a felmelegedés még egy ideig foly-



4. ábra • A légkör szén-dioxid-koncentrációjának növekedési üteme a Csendes-óceán közepén elhelyezkedő Mauna Loa Observatórium (Hawaii) mérései (URL6), illetve a vegetációval borított európai kontinens közepén elhelyezkedő magyar mérőállomás (Hegyhátsál) adatai alapján. Az ábrán feltüntetettük az El Niño-időszakokat is (URL7).

tatódná. Ezért olyan kibocsátási pályára kell törekedni, amely mellett a légköri koncentrációk a nyelő folyamatok jóvoltából már csökkennek. Tisztában kell azonban lennünk azzal, hogy ha teljesen megszűnne az emberi kibocsátás, akkor a jelenlegi antropogén CO₂-kibocsátás mintegy negyedét elnyelő bioszféra néhány évtized alatt egyensúlyba kerülne a légkörral, így a továbbiakban már nem működne nettó nyelőként, míg az óceánoknak fokozatosan gyengülő kapacitással néhány ezer évre lenne ehhez szükségük. A légkörbe juttatott többlet CO₂ kb. tizede azonban még tízezer év múlva is a légkörben lenne, kifejtve melegítő hatását. Ezt követően már csak a végtelenül lassú geokémiai folyamatok csökkentik tovább a légkör CO₂-tartalmát, így a ma kibocsátott CO₂ egy része még évszázadok múltán is a légkörben lesz (Lord et al., 2016).

IRODALOM

- Boden, Thomas A. – Marland, G. – Andres, R. J. (2015): Global, Regional, and National Fossil-fuel CO₂ Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi: 10.3334/CDIAC/00001_V2015
- Ciais, Philippe – Sabine, C. – Bala, G. – Bopp, L. et al. (2013): Carbon and Other Biogeochemical Cycles. In: Stocker, Thomas F. – Qin, D. – Plattner, G.-K. – Tignor, M. et al. (eds.): *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK–New York, NY, USA, 465–570. • https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter06_FINAL.pdf
- Haszpra László – Barcza Zoltán (2010): Climate Variability As Reflected In A Regional Atmospheric CO₂ Record. *Tellus*. 62B, 417–426. doi: 10.1111/j.1600-0889.2010.00505.x • <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1600-0889.2010.00505.x/full>
- Houghton, Richard A. – Hackler, Joseph L. (2008): Carbon Flux to the Atmosphere from Land-use

Nem olyan régen még az tartotta izgalomban az emberiséget, hogy nem fogynak-e ki idő előtt a Föld fosszilis tüzelőanyag-készletei. Ma viszont az emberiség jövője érdekében az látszana célszerűnek, ha a meglévő készletek nagy része is kiaknáztalan maradna (McGlade – Ekins, 2015). A föld- és műszaki tudományok területén dolgozó szakemberek sokasága foglalkozik új lelőhelyek felkutatásával, feltárásával, az energiahordozók kitermelésétől a hasznosításukig terjedő műszaki megoldások kidolgozásával, fejlesztésével. Elképzelhető, hogy többüknek a jövőben inkább a fosszilis tüzelőanyagok elégetéséből származó CO₂ biztonságos eltemetési helyeinek meghatározása és a kapcsolódó technikai megoldások kidolgozása lesz a fő feladatuk.

Kulcsszavak: *légkör; szén-dioxid; éghajlatváltozás; éghajlati rendszer*

- Changes: 1850–2005. In: *TRENDS. A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., USA DOI: 10.3334/CDIAC/lue.ndp050 • <http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp050/ndp050.pdf>
- Humlum, Ole – Stordahl, K. – Solheim, J.-E. (2013): The Phase Relation between Atmospheric Carbon Dioxide and Global Temperature. *Global and Planetary Change*. 100, 51–69. doi: 10.1016/j.gloplacha.2012.08.008 • https://www.researchgate.net/publication/257343053_The_phase_relation_between_atmospheric_carbon_dioxide_and_global_temperature
- Kiehl, Jeffrey T. – Trenberth, Kevin E. (1997): Earth's Annual Global Mean Energy Budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 78, 197–208. doi: 10.1175/1520-0477(1997)078<0197:eagmeb>2.0.co;2 • http://climateknowledge.org/figures/Rood_Climate_Change_AOSS480_Documents/Kiehl_Trenberth_Radiative_Balance_BAMS_1997.pdf
- Lacis, Andrew A. – Schmidt, G. A. – Rind, D. – Ruedy, R. A. (2010): Atmospheric CO₂: Principal Control Knob Governing Earth's Temperature. *Science*. 330,

- 356–359. doi: 10.1126/science.1190653 • <http://www.atm.damtp.cam.ac.uk/mcintyre/co2-main-ct-knob-lacis-sci10.pdf>
- Le Quééré, Corinne – Moriarty, R. – Andrew, R. M. – Canadell, J. G. et al. (2015): Global Carbon Budget 2015. *Earth System Science Data*. 7, 2, 349–396. doi: 10.5194/essd-7-349-2015 • <http://www.earth-syst-sci-data.net/7/349/2015/essd-7-349-2015.html>
- Lewis, Simon L. – Maslin, Mark A. (2015): Defining the Anthropocene. *Nature*, 519, 171–180. doi: 10.1038/nature14258
- Lord, Natalie S. – Ridgwell, A. – Thorne, M. C. – Lunt, D. J. (2016): An Impulse Response Function for the “Long Tail” of Excess Atmospheric CO₂ in an Earth System Model. *Global Biogeochemical Cycles*. 30, 2–17. doi: 10.1002/2014gb005074 • http://research-information.bristol.ac.uk/files/84446976/Lord_et_al_2016_Global_Biogeochemical_Cycles.pdf
- MacFarling Meure, Cecilia – Etheridge, D. – Trudinger, C. – Steele, P. et al. (2006): Law Dome CO₂, CH₄ and N₂O Ice Core Records Extended to 2000 Years BP. *Geophysical Research Letters*. 33, L14810. doi: 10.1029/2006gl026152 • <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2006GL026152/pdf>
- McGlade, Christophe – Ekins, Paul (2015): The Geographical Distribution of Fossil Fuels Unused When Limiting Global Warming to 2 °C. *Nature*. 517, 187–190. doi: 10.1038/nature14016
- Royer, Dana L. (2006): CO₂-forced climate thresholds during the Phanerozoic. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 70, 5665–5675. doi: 10.1016/j.gca.2005.11.031
- Ruddiman, William F. (2003): The Anthropogenic Greenhouse Era Began Thousands of Years Ago. *Climatic Change*. 61, 261–293. doi: 10.1023/B:CLIM.0000004577.17928.f8
- Schmidt, Gavin A. – Ruedy, R. A. – Miller, R. L. – Laci, A. A. (2010): Attribution of the Present-day Total Greenhouse Effect. *Journal of Geophysical Research*. 115D, D20106. doi: 10.1029/2010JD014287 • <ftp://soest.hawaii.edu/coastal/Climate%20Articles/CO2%20role%20modern%20warming%202010.pdf>
- Zeebe, Richard E. – Ridgwell, A. – Zachos, J. C. (2016): Anthropogenic Carbon Release Rate Unprecedented during the Past 66 Million Years. *Nature Geoscience*. 9, 325–329. doi: 10.1038/ngeo2681
- URL1: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>
- URL2: <https://www.ncdc.noaa.gov/paleo/study/9959>
- URL3: ftp://afp.cmdl.noaa.gov/products/trends/co2_co2_annmean_gl.txt
- URL4: <http://cdiac.ornl.gov/GCP/>
- URL5: http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v3
- URL6: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html>
- URL7: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml



KONKOLY THEGE MIKLÓS (1842–1916)

Zsoldos Endre

PhD, tudományos főmunkatárs,
MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet
zsoldos@konkoly.hu

Tittel Pálnak, a gellérthegyi csillagda igazgatójának 1832-ben bekövetkezett halálával a csillagászat nehéz helyzetbe került Magyarországon. A csillagda egykor az európai élmezőnybe tartozó műszerei már elavultak. Az új igazgató, a csehországi *Lambert Mayer* (1795–1865) inkább a meteorológia iránt érdeklődött, míg *Albert Ferenc* (1811–1883) még csak tanulta a csillagászatot. Buda 1849. évi ostroma aztán végképp tönkretette az épületet, és végül Ferenc József a Citadellát építtette a helyére. Magyarország évtizedekre csillagvizsgáló és professzionális csillagászat nélkül maradt. A helyzet 1871-ben változott meg, bár akkor ezt még nem lehetett sejteni. Egy Komárom megyei fiatal földbirtokos ekkor alapította ugyanis magáncsillagdáját, hogy derült éjszakákon a maga kedvtelésére az égből gyönyörködjön.

Konkoly Thege Miklós 1842. január 20-án született Pesten. Szülei *Konkoly Thege Elek* (1813–1884) és *Földváry Klára* (1820–1903) voltak. Eleinte magántanárral (*Kiskéry Lajos*) tanult, majd 1857 és 1860 között a pesti egyetemen jogot és fizikát hallgatott, ez utóbbit *Jedlik Ányos* (1800–1895) adta elő. A pesti után a berlini egyetem hallgatója lett, itt olyan előadóktól hallgatta a csillagászatot, mint

például *Johann Franz Encke* (1791–1865), a berlini csillagda igazgatója. Az egyetem elvégzése után beutazta Európát, meglátogatott csillagvizsgálókat, optikai műhelyeket. A későbbiekben is szívesen utazott, tapasztalatairól rendszeresen beszámolt az itthoni közönségnek. 1863-ban feleségül vette *Madanassy Erzsébetet* (1842–1919), akitől két fia született: *Ferenc* (1863–1871) és *Elek* (1870).

Ógyalla

Konkoly Thege fiatalága az asztrofizika kialakulásának kora volt, *Gustav Kirchhoff* és *Robert Bunsen* az 1860-as évek elején tették közzé alapvető spektroszkópiai munkáikat. Ezek jelentőségét nehéz lenne túlbecsülni: olyan információkat szolgáltattak a csillagokról, amelyek megszerzése korábban elképzelhetetlen volt. Mint a *Budapesti Szemlében* olvasható volt: „1860. óta folyamatban vannak olyan tanulmányok, melyeknél fogva az emberi ész túl tevéen magát a közvetlen érintkezés szükségén, mi eddig lényeges feltét volt az elemzéseknél, magok az égi testek alkatrészeinek kipuhatólásához fogott, sőt az befejezett ténynek tekinthető.” Az ilyen eredmények természetesen megragadták a csillagászat iránt amúgy is érdeklődő Konkoly Thege