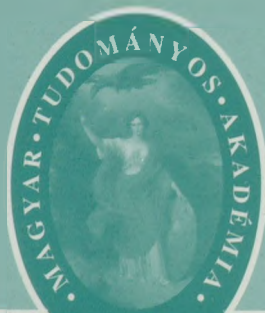


SZÉKFOGLALÓK A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIAÁN

MAJOR GYÖRGY

NAPSUGÁRZÁS
A LÉGKÖRBEŒ
ÉS A FELSZÍNEŒ



1825

Szerkesztő
GLATZ FERENC

Olvasószerkesztő
Pótv János

ISBN 963 508 230 4
ISSN 1419-8959

Kiadja
a Magyar Tudományos Akadémia, 2000
Felelős kiadó: Szabó B. István
Kiadói szerkesztő: Burucs Kornélia
Nyomdai előkészítés: MTA Történettudományi Intézete kiadványcsoportja
Tördelő: Csányi Attila
Nyomdai munkálatok: AKAPRINT Nyomdaipari Kft.
Felelős vezető: Freier László ügyvezető igazgató

Major György
az MTA rendes tagja

Napsugárzás a légkörben és a felszínen

Elhangzott 1999. január 19-én

A természettudományokban kevésbé járatos kortársaink is tudják, hogy a Nap sugárzása adja az energiát a földi mozgások döntő többségéhez. A felszínre érkező napsugárzás áthalad a légkörön, ezért természetesnek tartjuk, hogy ezen áthaladás közben energiájának bizonyos hányadát a légkör alkotórészei elnyelik. Szűk szakterületemen dolgozó, kínai származású pályatársaim állítják, hogy hazájukban már 4000 évvel ezelőtt is megfogalmazódott az a kérdés: hogyan melegítik a napsugarak a földet és a levegőt?

Az elmondottakkal azt igyekszem érzékeltetni, hogy nagyon kevés szaktudás birtokában, egészen egyszerű meggondolás alapján teljesen természetesen vetődik fel az a kérdés: a napsugárzásból mekkora rész nyelődik el a légkörben, és mekkora rész nyelődik el a felszínen? A tudományok története során sokszor tapasztaltuk, hogy a legegyszerűbb kérdésekre a legnehezebb válaszolni. Az előadásban bemutatom, hogy mi a tudomány mai válasza erre a régi és egyszerű kérdésre.

A kérdés

Fogalmazzuk meg kissé szakszerűbben a kérdést! A Nap sugárzása majdnem párhuzamos nyalábként érekezik a Földhöz és légköréhez. A Föld körül keringő műholdakon elhelyezett műszerekkel a napsugárzás által hozzánk szállított energiát 1979 óta csaknem megszakítás nélkül mérjük. Ugyancsak műholdak-

kal mérjük a légkör és a felszín által a bolygóközi térbe visszavert napsugárzási energiát. A mérések alapján a szakemberek közel egyhangúlag elfogadják, hogy ez a visszavert energia a beérkező energiának időben jelentéktelenül ingadozó része, és 30%-ot tesz ki. Ez az egész Földre vonatkozó, többéves átlagérték. A Föld egyes részei (pl. derült és felhős területek) különböző mértékben verik vissza a napsugárzást, azonban az egész Földet és teljes éveket tekintve minden mérési sorozat a 30%-hoz igen közeli értéket szolgáltat.

Az elmondottakból következik, hogy a Föld felszíne és légköre együttesen az ideérkező napsugárzási energia 70%-át nyeli el. Tehát a pontosított kérdésünk úgy hangzik: a Föld-légkör rendszerben maradó 70%-nyi napsugárzási energiából mekkora rész jut a légkörnek, és mekkora rész jut a felszínnek?

Válaszok

Válaszok kétféle módszerrel adhatók. A mérési eljárás abból áll, hogy nemcsak a légkör felső határán, hanem az alsó határán (azaz a felszínen) is méréseket végzünk a beérkező és a visszavert napsugárzási energia megállapítására, és ami nem a felszínen nyelődött el a 70%-ból, az jutott a légkörnek. A számítási eljárás azon alapul, hogy ismert légköri összetétel mellett kiszámítható az áthaladó napsugárzásból az egyes légköri alkotórészek által elnyelt napsugárzás, tehát ami ezen kívül marad a 70%-ból, az jut a felszínnek.

1970 óta több műhold méréseiből és a velük egy időben végzett felszíni mérések adataiból határozta meg a légkörben és a felszínen elnyelt, az egész Földre vonatkozó részarányokat, tehát válaszaim a mérési eljárással adódtak, és az 1. táblázatban található, az Aa és az As fejlécű oszlopokban. (Az R fejlécű oszlopokban szereplő számokat a műholdas kísérletet végző tudományos közösségek határozták meg.)

A NIMBUS-3 volt az első műhold, amely pásztázó (*scanner*) műszerrel mérte a felszín-légkör rendszer által visszavert napsugárzást és a rendszer saját kisugárzását. A pásztázás lehetővé tette a jobb földrajzi felbontást. (Korábban a műholdak a magasságukból látható teljes Föld-részletről származó sugárzást mérték, a nagyobb felbontású földrajzi eloszlást a műhold mozgásából adódó különbségekből kellett kiszámítani, elég sok előzetes feltevés mellett.) A NIMBUS-3 fellövése után hamarosan kiderült, hogy az energiaellátó rendszere a tervezettnél kevesebb elektromosságot szolgáltat, ezért a sugárzásházartást mérő műszer az év folyamán mindössze négyszer, nagyjából 2-2 hétre volt bekapcsolva. A bekapcsolt állapot a legmagasabb és a legalacsonyabb napállás, valamint a két napéjgyenlőség idején volt, így az éves átlagot, ha elég bizonytalanul is, de becsülni lehetett (Major, 1967).

A visszavert (R), a légkörben elnyelt (Aa) és a felszínen elnyelt (As) napsugárzás globális éves átlagai a beérkező napsugárzás százalékában

Mérés	Megjelenés éve	R	Aa	As
NIMBUS-3 1969–1970	1976	29	29	42
NIMBUS-7 Erbe-1 st 1979–1980	1989	33	28	39
ERBE 1985–1990	1996	30	28	42
Műholdas felszíni 1967–1970	1998	–	–	43
ScaRaB 1994–1995	–	29,8	27,5	42,7

A NIMBUS-7 műhold ingázó műszere 5 éven át mérte a Föld sugárzásház-tartásának összetevőit. A mérési sort kétféle módon dolgozták fel a műszer építői, én az első feldolgozás egyévnnyi adatsorával dolgoztam. A táblázatban szereplő 33% visszaverési arány a korábban mondottak szerint túlzottan nagy érték, ezért is volt szükség a második feldolgozásra (Major, 1989). Mire ez a feldolgozás elkészült, már folytak a jóval nagyobb pontosságot ígérő következő kísérlet mérései, így az újabb feldolgozás adatait nem használtam.

Az ERBE-kísérlet volt az eddig legteljesebb sugárzásház-tartási mérés: 3 műhold 61 hónapon át szolgáltatta pásztázó műszerrel a sugárzásház-tartás összes összetevőjének adatait, így – a későbbi mérések ellenére – a táblázat 3. sorában szereplő értékek tekinthetők a legjobban megalapozottaknak (Major, 1996). A korábbi méréseknél hosszabb és megbízhatóbb adatsor lehetővé tette pl. az El Niño-jelenség energetikai vizsgálatát.

1994-ben robbant ki a szakmai vita a már mintegy 40 éve ismert ellentmondás körül: a mérések rendszerint több légkörben elnyelt napsugárzást adnak, mint a számítások. A mérések szerint a légköri abszorpció értéke 28% körüli, míg a számítások 24%-nál nagyobb értéket a legnagyobb jóindulattal sem tudnak produkálni. Korábban a kérdést azzal intézték el, hogy a mérések száma kevés, a számítások sem elég pontosak, ezért nem érdemes a közöttük mutatkozó szisztematikus eltérésre magyarázatot keresni. A teljes ERBE-adatsor közzététele után már nem lehetett a mérések lényegi hiányosságaira hivatkozni, a számítások alapjául szolgáló modellek készítői is elég pontosnak ítélték eredményeiket, így a sugárzással foglalkozó meteorológusok nagy lendülettel kezdtek keresni az eltérés okait. Magyarázat még ma (1999) sincs, tehát ennek az eltérésnek a nagysága jellemzi a mai ismereteink megbízhatóságát.

Ohmura és Gilgen (1993) csupán felszíni mérésekből a felszíni abszorpció értékére 42%-ot kapott. A felhasznált adatokat egyrészt pontosan meg nem

adott módon szűrték, másrészt a Föld felszínén nagyon egyenlőtlenül elhelyezkedő állomások adataiból az egész Földre vonatkozó átlag kiszámításának módját sem írták le. Eredményüket ellenőrzendő, kollégáimmal úgy döntöttünk, hogy támaszkodva egy korábbi munkánkra (Major et al., 1981), megnézzük a felszínen elnyelt napsugárzási energia részarányát. Az 1970-es évekbeli olajárrobannás abban az időben ismét előtérbe hozta (egy jó évtizednyi időszakra) a napenergia-hasznosítást. Ennek megfelelően a Meteorológiai Világszervezet (WMO) fel akarta mérni a Föld teljes felszínén az elérhető napsugárzási energia mennyiségét. A feladat megoldására magyar szakemberekből álló csapat kapott lehetőséget. Tudtuk, hogy a felszíni állomásoktól távoli területekre csak akkor tudunk megbízható értékeket előállítani, ha műholdas adatokat is bevonunk a munkába, mert a műholdas megfigyelések a Föld minden pontjára kiterjednek. Az 1967–1970 közötti négy évről rendelkezésre álltak az átlagos havi műholdas felhőfényességi adatok. Ugyanezen évekre az északi féltekén 227 felszíni állomás, a délin 42 állomás szolgáltatott folyamatos mérési sort. Az állomások adatait a műholdas adatok segítségével interpoláltuk a köztes területekre, ily módon felszíni napsugárzási térképeket állítottunk elő. 1997-ben elővettük az 1981-ben elkészült térképsorozatból az évi értékek térképét, ennek segítségével meghatároztuk a felszínen elnyelt napsugárzás részarányát, amelyet 43%-nak találtunk (Major, 1998). Ez jól egyezik Ohmura és Gilgen 42%-ával, tehát az általuk le nem írt módszertani lépéseket hiányolhatjuk, de nem vitathatjuk.

A ScaRaB-kísérlet a leginkább nemzetközi jellegű az eddig ismertettek közül. A műszer francia, hitelesítése német kollégák munkája, orosz meteorológiai műholdról hajtotta végre a méréseket, amelyek hasznosítása nyolc ország kutatóit illeti. A tervezett két év helyett a műszer csak 1994 márciusa és 1995 februárja között működött, a 12 hónapból az októberi mérések használhatatlanok. Szerencsére október közel van a napéjegyenlőség idejéhez, így a 11 hónapnyi adatsorból az éves érték jól közelíthető. Az eredmények a táblázat utolsó sorában láthatók, jól egyeznek az ERBE-kísérlet öt éves méréseiből kapott eredményekkel.

Összefoglalás

1. A mérések alapján legvalószínűbb, hogy a Föld–légkör rendszer a ráeső napsugárzásból elnyel 70%-ot úgy, hogy ebből 28%-ot a légkör és 42%-ot a Föld felszíne nyel el. Modellszámítások szerint a légkör és a felszín közötti megoszlás 24% és 46%. A kétféle módon kapott eredmény eltérésére eddig meggyőző magyarázat nem született.

2. A műholdas sugárzásháztartási mérések bizonytalanságát mutatja az a tény, hogy a Föld–légkör rendszer teljes sugárzási egyenlege (amelyben nemcsak az elnyelt és visszavert napsugárzást, hanem a saját hőmérsékleti sugárzással leadott energiát is figyelembe vesszük) 1979 óta, amióta egyfolytában mérjük, minden évben pozitív, mind a NIMBUS-7-, mind az ERBE-, mind pedig a ScaRaB-mérések szerint. Egyensúlyban az éves értékeknek zérusnak kellene lenniük, tehát megalapozottnak tűnik az a feltevés, hogy a méréseknek azonos előjelű szisztematikus hibája van. Ez a hiba eltűnne, ha a Föld–légkör rendszer 70% helyett csak 69%-ot nyelne el a napsugárzásból, ekkor a légkörre a 28% helyett csak 27% jutna.

3. A felszíni mérések bizonytalanságára utal az, hogy a táblázat utolsó két sora szerint a 43% érték a jellemző a korábbi 42% helyett. Ha ezt elfogadnánk, akkor már csak 26% jutna a légkörnek, tehát a mérések eredménye ismét közelítene a számított értékhez.

4. A mérések bizonytalansága nem enged meg nagyobb közelítést a számítások eredményéhez, ezért jobb egyezést a számítási és mérési eredmények között már csak a számítások módosításától várhatunk. Véleményem szerint ez a módosulás bekövetkezhet, ha jobban megismerjük a légkörben lévő ún. areroszol-részecskék tényleges méretét és napsugárzás-elnyelési tulajdonságait.

Irodalom

- Major, G. [1976]: On the absorption of solar radiation by the Earth's atmosphere. *Beitr. Phys. Atmos.*, 49, 212–215.
- Major, G. [1989]: The surface and atmospheric absorption of solar radiation derived from NIMBUS-7 measurements. *Adv. Space. Res.*, 9, No. 7, 185–194.
- Major, G. [1996]: On the atmosphere absorbed fraction of the incoming solar radiation. In W. L. Smith and K. Stamnes (eds): *IRS'96: Current problems in atmospheric radiation*. Deepak Publishing, Hampton, Virginia, USA, 1029–1032.
- Major, G., Miskolczi, F., Putsay, M., Rimóczi-Paál, A., Takács, O., Tárkányi, Zs. [1981]: World Maps of Relative Global Radiation. In *Annex to WMO Technical Note No. 172: Meteorological Aspects of the Utilization of Solar Radiation as an Energy Source*. WMO, Geneva.
- Major, G. [1998]: On surface absorbed solar radiation. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79, No. 1, 92–93.
- Ohmura, A. and Gilgen, H. [1993]: Re-evaluation of the global energy balance. In *Interactions Between Global Subsystems: The Legacy of Hann*. Geophys. Monogr., Vol. 75, AGU, 93–110.

SZÉKFOGLALÓK

A MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIAI 1995–1998

I–II. KÖTET

- Bartók Mihály: Térkémi tényezők szerepe a fémkatalízisben
Bárdossy György: A radioaktív hulladék hazai elhelyezésének földtudományi alapjai
Farkas Tibor: Membránfoszfolipidek molekuláris összetétele és a testhőmérséklet
Ferge Zsuzsa: A civilizációs folyamat fenyegetettsége
Freund Tamás: Agykérgi neuronhálózatok szerkezete és működése
Görög Sándor: A gyógyszeranalitika szépségei
Hanák Péter: Modernizáció és antikapitalizmus Magyarországon
Horváth József: Növényvírusok in vivo
Ihász Mihály: A pepticus fekélyek korszerű sebészi kezelése
Kákossy László: Théba a Ptolemaiosz- és a római korban
Kálmán Alajos: Barangolások kristályrácokban
Kulcsár Szabó Ernő: Költészet és dialógus
Kunos György: Opio-melanokortin peptidok szerepe a vérkeringés agyi szabályozásában
Lipták András: Fehérje-szénhidrát kölcsönhatások
Makkai Mihály: A kategóriaelmélet szerepe a matematika megalapozásában
Marosi Sándor: A földrajzi táj kutatások összetettsége és alkalmazhatósága
Meskó Attila: Környezettudomány, környezeti geofizika
Méhész Károly: Régi és új módszerek az orvosi genetikában
Palánkai Tibor: Az integráció mérésének néhány elméleti-stratégiai kérdése
Pálincás Gábor: Molekuláris oldatkémia
Palkovits Miklós: Agypályák – idegi hálózatok
Reményi Károly: Paradoxonok a tüzeléstechnikában
Rézler Gyula: Az arbitráció szociológiája
Róna-Tas András: Honfoglalás és népalakulás a középkori Euráziában
Sajó András: A jogosultságok lehetősége
Sárközy András: Híbrid problémák a számelméletben
Solymos Rezső: Az erdészeti, fatermesési és erdőnevelési kutatások eredményei és alkalmazásuk az erdőgazdasági gyakorlatban (1958–1998)
Somfai László: Kottakép és műalkotás
Szabadvány Ferenc: Magyar tudománytörténeti tabló, előtérben a kémia
Szakály Ferenc: Török kori történelmünk kritikus kérdései
Teplán István: Antitumor aktivitású peptidok
Terplán Zénó: A gépszervezetről
Töke László: Szupramolekuláris kémia; koronaéterek
Venetianer Pál: A génszabályozás eszközei: a restrikciós-modifikációs enzimek
Vékás Lajos: A szerződési szabadság alkotmányos korlátai
Viczek Tamás: A természet geometriája
Zimányi József: A maganyagtól a kvarkanyagig a nehézion-fizikában

SZÉKFOGLALÓK 1995–1998, III–V. kötet

- Arka Péter: A regionalis metamorfózis és jelentősége a Kárpát-medence kéregfejlődésében
Bauer Gyözo: Az oxidatív stressz és az antioxidánsok hatása a simaizomszövetekre
Berces Tibor: A gyökreakciók sokszínű világa: a reakciók kinetikája és termokémiája
Brassai Zoltán: Végtagkeringési zavarok új kezelési lehetőségei
Csányi Vilmos: Viselkedés, környezet, genek – etológiai tanulmányok
Dohy János: Biotechnológia és állattenyésztés – új eredmények, kihívások, kilátások
Fonyó Zsolt: Integrált vegyipari rendszerek folyamatszintézise
Friedrich Péter: Fehérjék, enzimek, emlékezet
Gáspár Zsolt: A számítógépek hatása a tartószerkezetek mechanikájára
Géczy Barnabás: Kontinuitás, krízis, katasztrófa az ammoniteszek törzsfejlődésében
Grätzer György: Hálóelméleti függetlenségi tételek
Harmathy Attila: A magyar polgári jogról 1999-ben
Haszpra Ottó: Néhány hidraulikai probléma a vízépítésben
Hatuani László: Differenciálegyenletek megoldásainak stabilitási tulajdonságai
Heszky László: Morfogenezis haploid és szomatikus sejtekből in vitro
Hollósi Miklós: Kiroptikai spektroszkópia: változatok egy témára
Honti László: Az uráli/finnugor „ösnyelv”-ről
Horváth János: Disztribúciók és topológikus vektorterek
Kiss Lajos: Az új európai víznyomtatás
Kosa László: A magyar néprajz 1945 után
Kristó Gyula: Előd
Lámfalussy Sándor: Szerkezeti változások az európai pénzpiacban
Lőrincz Lajos: Összehasonlítás a közigazgatás kutatásában
Major György: Napsugárzás a légkörben és a felszínen
Nagy Béla: A háziállatok enterális colibacillosisai
Nagy Elemér: A klasszikus fizikától az anyagtudományig
Nagy István: Változó struktúrájú nemlineáris rendszerek
Nagy-Fóth Ferenc: Fényhatásvizsgálat egysejtű zöldmoszatokon
Náray-Szabó Gábor: Elektrosztatikus katalízis
Németh Judit: A nehezion-fizika és asztrofizikai alkalmazásai
Orbán Miklós: Kémiai periodicitás időben és térben
Pápay József: Föld alatti gáztárolás porózus kőzetekben
Papp László: A legyek ritkaságáról
Péter Mihály: Néhány gomba- és baktériumfaj viselkedése a létfeltételek alsó határára
Petrányi Gyözo: A szuppresszív immunreguláció alkalmazása a transzplantáció és a reprodukció immunológia klinikai gyakorlatában
Pléh Csaba: A relativizmus kérdései és a mai pszicholingvisztika
Salamon Miklós: Kőzetmechanika fejlődése – egyéni szemszögből
Sitkei György: A talaj-kerek kapcsolat néhány elméleti kérdése
Spát András: A kalcium-jel és a mitokondrium működése
Szabad György: A parlamentáris kormányzati rendszer megteremtése, védelmezése és kockáztatása Magyarországon (1848–1867)
Szabó András: Alkotmány és büntetőjog
Szabó Miklós: Tumultus Gallicus
Szegegy Mészák Mihály: A Nyugat és a világirodalom
Szentes Tamás: Fejlődés, rendszerváltás és versenyképesség a globalizációs korban
Tóth Klára: Szelektív érzékelők jelentősége a kémiai analízisben
Uray Zoltán: Sugárserülések mérséklése kémiai és biológiai anyagokkal
Varallyay György: Talajfolyamatok szabályozásának tudományos megalapozása
Varga János: Földeskü
Vaskovics László: Társadalmi modernizáció és a szülői szerepváltozás összefüggései
Vétes Attila: Fullerénvegyületek Mössbauer-spektroszkópiája
Vizkelety András: A Leuveni Kódex magyar scriptorai
Zalai Ernő: Neumann János: klasszikus vagy neoklasszikus?