

A GALAKTIKUS KOZMIKUS SUGÁRZÁS, MINT FELSŐLÉGGÖRI INDEX
LÉTJOGOSULTSÁGÁNAK IGAZOLÁSA
SOKVÁLTOZÓS MATEMATIKAI STATISZTIKAI MÓDSZEREKKEL

Illés Erzsébet

MTA Csillagászati Kutató Intézete

Füstös László

MTA Szociológiai Kutató Intézete Értékszociológiai Műhely

Összefoglalás Négy mesterséges hold 1966-67-ben végrehajtott, nagy időfelbontású megfigyelései alapján sokváltozós matematikai statisztikai módszerekkel igazoltuk, hogy a galaktikus kozmikus sugárzás (C_{DR}) a felsőléggöri sűrűségváltozás szórájának további lényeges részét magyarázza. Célszerű tehát a C_{DR} -t a léggöri modellekbe eddig beépített paraméterekhez hozzávenni. Eredményünk egyben azt is jelzi, hogy hipotézisünk reális, amely szerint a magnetoszférán-ionoszférán keresztül a semleges felsőléggörbe lényeges energiabetáplálás történik akkor is, ha lökéshullámot még létre nem hozó gyorsabb napszélnyaláb érkezik a Föld környezetébe.

Bevezetés

60 mesterséges hold 7 évre vonatkozó fékeződési adataiból kapott eredményeinket magyar nyelven a IV., V. és VII. Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumon ismertettük [1], [2], [3]. Az észlelésekből levezetett sűrűségi adatok statisztiki-

kai vizsgálata alapján reális volt feltenni, hogy a Föld felsőlégköre számára az eddig elfogadott kétféle fűtési mechanizmuson túl létezik egy eddig figyelmen kívül hagyott harmadik energiabetáplálás is. Mint ismeretes, az eddig figyelembe vett fűtési források közül az egyik a Nap elektromágneses sugárzása az extrém ultraibolya tartományban (EUV), a másik a Nap flertevékenysége következtében jelentkező gyors napszél-nyalábok, amelyek magnetoszféra viharokat is kiváltanak. Az előbbit a Nap 2800 MHz-en mért rádiósugárzásával ($S_{10.7}$ vagy $F_{10.7}$ a jele), az utóbbit a planetáris geomágneses indexszel (K_p , a_p , A_p) jellemzik az aeronómiai számításoknál és a felsőlégköri modellekben.

Az eddig figyelembe nem vett fűtési mechanizmus energiaforrása hipotézisünk [3],[4],[5],[6] szerint korpuszkuláris, és pedig minden olyan napszélcsomag a Föld környezetében, amelynél lökéshullám nem fejlődött ki, és ezért a K_p planetáris geomágneses index nem ad számot létezéséről. Az energiát a napszélből a magnetoszféra, mint dinamó veszi fel, és továbbítja az ionoszférán keresztül a semleges légkör felé. Ennek a dinamónak a hatásfoka függ a körülötte lévő bolygóközi mágneses tér állapotától; minél nagyobb annak déli összetevője, annál nagyobb a magnetoszféra-dinamó hatásfoka. A gyorsabb napszél-nyalábok a környezetükben kialakuló mágneses irregularitások révén -- amelyek megváltoztatják a bolygóközi mágneses tér déli összetevőjének nagyságát -- modulálni képesek a magnetoszféra-dinamó hatásfokát. Ennek az energiaforrásnak tehát van egy viszonylag állandóan meglévő összetevője, a nyugodt napszél, és egy időben változó összetevője, az ak-

tív területek, a koronalyukakból származó gyorsabb napszél-nyalábok. Ezen utóbbiak miatt egy 27 napos periodicitású változás várható a felsőlégkör sűrűségében. A két poláris koronalyukból származó napszél által okozott két 27-napos hullám egymáshoz képest $27/2$ nap fázissal eltolva jelentkezik, és így látszólag egy 13-14 nap körüli periodicitást okoz [5]. Ez azonban nem egy két hetes, hanem két 27-napos hullám egymáshoz fél naprotációnyira eltolva.

A geomágneses viharok idején kívül a magnetoszférán keresztül beáramló energiamennyiség jellemzésére a galaktikus kozmikus sugárzás Deep Riverben mért kisenergiájú összetevőjét [7] javasoltuk (C_{DR}) [2], [4] a következő megfontolásból. Azon részecskék a kozmikus sugárzásban, amelyeknek a Larmor sugara a magnetoszféra méretével összemérhető, mielőtt a Föld felszínén a neutronmonitorokban felfogódnának, érzékelték a Föld környezetében az interplanetáris mágneses teret. Beütésszámuk csökkenése egyértelműen jelzi, hogy a magnetoszféra közelébe mágneses irregularitást szállított a napszél. A mágneses irregularitás nagy valószínűséggel megváltoztatja a Föld környezetében a bolygóközi mágneses tér déli összetevőjének nagyságát, tehát megváltoztatja a magnetoszféra-dinamó hatásfokát. A galaktikus kozmikus sugárzás csökkenései után tehát hőmérsékletváltozás várható a felsőlégkörben.

C_{DR} csökkenés geomágneses viharok esetén is van, azonban a lökéshullám által kiváltott magnetoszféra vihar idején a rövid idő alatt betáplált energiával ellentétben elképzelésünk szerint az új mechanizmus hosszabb időközéssel juttatja csak el az energiát a semleges komponensig. Korábbi statisztikai

vizsgálatainkból, amelyek 5 napos időfelbontást tettek lehetővé, csak annyit lehetett megállapítani, hogy 5-10 napnál nem hosszabb a késési idő [4].

A jelenséget az eddigi vizsgálatoknál valószínűleg azért nem vették észre, mert a munkahipotézisből hiányzott ez a fűtési mechanizmus. Miután például a 27-napos változást csak az EUV fűtéssel magyarázták, a modellekben használt együttható a kétféle fűtés közös hatását írja le. Ahol pedig a magneto-szféra-fűtés késett az EUV fűtéshez képest, ott az $S_{10.7}$ -EUV nem tökéletes korrelációjával magyarázták az eltérést. Mint-hogy nem álltak rendelkezésre EUV mérések, a hibás magyarázatot nem cáfolta semmi. A féléves effektus -- amelynek létrejöttében már csak geometriai okokból is szintén szerepe lehet a fenti fűtésnek -- más periódushosszu lévén, mint a többi változás, egyértelműen kiugrott, és magyarázata az EUV fűtéssel nehézségekbe is ütközött.

Megfigyelési anyag

A korábbi statisztikai módszerrel kapott eredményeink közvetlen kontrollálására kiválasztottuk azokat a mesterséges holdakat, ahol az észlelések gyakorisága lehetővé tette a sűrűségváltozások profiljának kirajzolását 2 napnál nem rosszabb időfelbontással. Ennek a követelménynek 4 hold 200-600 napos időintervallumbeli észlelése felelt csak meg 1966-67-ben. A holdakat, felszín feletti magasságukat (h), pályaeccentricitásukat (e), az időintervallumot napban és a levezetett sűrűségértékek számát (N) az I. táblázatunk tartalmazza.

A holdakat vizsgálatainkban egymástól függetlenül külön kezeltük, mert a hatáskeresztmetszetek nem kielégítő ismerete a zajszintet megnövelte volna.

Elfogadva Illés hipotéziséből, hogy a C_{DR} jelzi az új energiaforrás földközébe jutását, analízisünkben azt vizsgáltuk, hogy mennyire létjogosult a C_{DR} használata bizonyos felsőlégköri sűrűségváltozások indexeként. A matematikai statisztikai analízist Füstös programjaival [8], [9] végeztük.

Késésvizsgálat

Három hold esetében a mért sűrűségadatokra (φ) 4 illetve 5 paraméteres lineáris regressziós modellt illesztettünk először C_{DR} nélkül (4 paraméteres), majd C_{DR} -el együtt (5 paraméteres) úgy, hogy közben a C_{DR} -t időben rendre 0-11 nappal eltoltuk [10]. A négy paraméter a légköri modellek által használt négy fő paraméter volt: h , légköri dudortól (bulge) mért szögtávolság (Ψ_B vagy a derékszögű koordináták φ és LST), $S_{10.7}$, A_p . A többszörös korrelációs együtthatókat a három holdra Ψ_B illetve φ és LST esetére a II. táblázat tartalmazza. A legjobb együtthatót 1 napos késésnél kaptuk mindhárom holdra, bár ez inkább a többszörös korrelációs együttható változásának tendenciájából, mint a tényleges különbségből mondható ki.

A táblázatból az is látható -- megint csak tendenciában --, hogy jobbak az együtthatók φ és LST, mint Ψ_B esetén. Ezért a vizsgálatokból az a következtetés is levonható, hogy a φ és LST jobb paramétere a légköri dudor leírásának, mint a Ψ_B . Korábban mi tettünk javaslatot Ψ_B használatára

[12], amely szemléletesebb. A fő összefüggések áttekintésére természetesen nagyon jól használható továbbra is a Ψ_B , azonban fenti eredményünk alátámasztja azt a várakozást, hogy a légköri sűrűség a pólusok irányában 90° -ra nyilvánvalóan nem azonos azzal, amit K-re vagy Ny-ra mérnénk 90° távolságban: nem tételezhető fel a szigorú dudor irányú tengelyszimmetria.

Többváltozós lineáris regresszió-elemzés

Mind a négy hold esetében illesztettünk többváltozós lineáris regressziós modellt annak vizsgálatára, hogy a lényeges paraméterektől elindulva egyre tovább növelve a paraméterek számát hogyan javul a többszörös korrelációs együttható a modellekbe már beépített paraméterek esetén, és vajjon további javulást ad-e, ha a C_{DR} új paramétert csatlakoztatjuk az előző négy paraméterhez. A magassággal, mint leglényegesebb paraméterrel kezdtük. A III. táblázat első sora a mért sűrűségeknek a magassággal való egyszerű korrelációs együtthatóját adja. A második sorban már többszörös korrelációs együttható szerepel abban az esetben, ha két paramétert használtunk a lineáris regressziós modellben; a magassághoz a dudortól mért Ψ_B szögtávolságot is hozzávettük. A harmadik sorban három-, a negyedik sorban négy-paraméteres lineáris regressziós modell illesztésével kapott többszörös korrelációs együtthatók szerepelnek. Az együttható növekedése az ötödik sorban is folytatódik, amikor is a légköri modellekben eddig is használt négy paraméterhez hozzávettük az általunk javasolt C_{DR} -t. A növekedés mutatja, hogy a sűrűség szórásának magyarázatához a C_{DR} valóban további lényeges adalékot

szolgáltatót.

A IV. táblázat első sorában látható, hogy a varianciából hány százalékot magyarázott meg együtt összesen ez az 5 paraméter. A további sorok azt mutatják, hogy hány százalékot magyaráz külön a h , az $S_{10.7}$ és a C_{DR} . A C_{DR} önmaga minden esetben nagyobb részét magyarázza meg a ξ varianciájának, mint az $S_{10.7}$. Tehát megállapíthatjuk, hogy a C_{DR} önmagában jobb indexe a változásnak, mint az $S_{10.7}$.

Parciális korreláció elemzés

A mért sűrűségértékekből levonva a modellekbe már beépített paraméterekkel párhuzamosan fellépő változásokat V. táblázatunk mutatja, hogy C_{DR} - el a parciális korrelációs együttható mind a négy hold esetében szignifikáns; 95 % - os szignifikancia szinten biztosan, de 3 hold esetében még 99.9 % - os szignifikancia szinten is.

Faktorelemzés

Miután a C_{DR} és $S_{10.7}$ közötti korrelációs együttható egy 2400 napos időintervallumon 0.54 [10], nyilvánvaló, hogy az $S_{10.7}$ és a C_{DR} a sűrűség szórásának nem független részét magyarázza. Faktorelemzést végeztünk tehát a holdakra külön-külön, és az egy holdon belül a sztandardizált sűrűség- adatokra kapott együtthatókat közepeltük.

$$\rho_{obs_{st}} = \begin{matrix} -0.504 & h & -0.175 & \psi_B & +0.187 & S_{10.7} & +0.103 & A_P & -0.206 & C_{DR} \\ (0.186) & & (0.211) & & (0.123) & & (0.098) & & (0.084) & \end{matrix}$$

együtt-
ható/hiba

2.7	0.83	1.52	1.05	2.45
-----	------	------	------	------

Az egyenlet erre a rövid időintervallumra nyilvánvalóan nem

adhat elfogadható légköri modellt. A megadott hibák sem tekinthetők normál hibának, miután nem ugyanazon sokaságból vett négy mintavételről van szó (a különböző holdakkal végrehajtott mérések különböző szisztematikus hibákkal vannak terhelve). Az egyenlet együtthatói azonban mutatják a tendenciát, a paraméterek fontosságát jelzik a változások leírásában. Az együtthatók nagysága azt mutatja, hogy a magasság után a C_{DR} a legfontosabb paraméter; fontosabb, mint az $S_{10.7}$. A hibák nagysága alapján pedig azt állíthatjuk, hogy az öt közül a C_{DR} a legstabilabb paraméter.

További terveink a C_{DR} kontrolljára

Az összes hold megfigyelésén alapuló mért sűrűségadatokat (az egyes holdakra vonatkozó összes mérést a hold saját átlagával leosztva) egy közös vizsgálatnak kívánjuk alávetni. Ennél azonban a vizsgálatokba bevonjuk a hosszabb időintervallum alatt jelentkező változások paramétereit, így a féléves és 11 éves fázisokat is, továbbá a napszél-paramétereket, legfőképpen a bolygóközi mágneses tér paramétereit és az ionoszfé-ra-magnetoszféra csatolást jelző paramétereket. Ezen utóbbi kutatásokat más intézetek, így az ELTE Geofizikai Tanszék, ELTE Csillagászati Tanszék és az MTA Geodéziai és Geofizikai Intézete kutatóival együttműködésben kívánjuk elvégezni.

A szerzők egyike (Illés) szeretné köszönetét kifejezni Szemerédy Pálnak és Bencze Pálnak a hasznos konzultációkért, Tóth Károlynak a számítástechnikában, Nagy Máriának és Decsy Pálnak a megfigyelési anyag feldolgozásában nyújtott önzetlen segítségéért.

I. táblázat

Megfigyelési anyag

holdak	h_{per} (km)	e	idő intervallum (MJD)	N
6595A	220	0.13	39108-469	282
6595B	220	0.12	39107-468	302
6258A	210	0.20	39104-638	311
6511A	270	0.09	39291-466	173

II. táblázat

Késésvizsgálat ζ és C_{DR} között

C_{DR} eltolása napokban	többszörös korrelációs együttható					
	$h, S_{10.7}, A_p, C_{DR}$ és Ψ_B esetén			$h, S_{10.7}, A_p, C_{DR}$ és ζ és LST esetén		
	6595A	6595B	6258A	6595A	6595B	6258A
C_{DR} nélkül	0.748	0.727	0.840	0.751	0.728	0.871
0 nap késés	0.861	0.837	0.856	0.862	0.847	0.912
1 " "	0.872	0.843	0.862	0.877	0.858	0.921
2 " "	0.866	0.837	0.860	0.872	0.853	0.918
3 " "	0.860	0.824	0.858	0.868	0.840	0.914
4 " "	0.855	0.818	0.858	0.864	0.835	0.914
5 " "	0.852	0.815	0.858	0.861	0.832	0.913
6 " "	0.851	0.814	0.857	0.860	0.831	0.912
7 " "	0.852	0.813	0.857	0.861	0.830	0.912
8 " "	0.854	0.812	0.857	0.863	0.830	0.911
9 " "	0.857	0.813	0.857	0.866	0.832	0.911
10 " "	0.858	0.813	0.857	0.867	0.831	0.912
11 " "	0.858	0.812	0.858	0.867	0.831	0.913

III. táblázat

Lineáris regressziós modellben ahol a paraméterek	a többszörös korrelációs együtthatók			
	6595A	6595B	6258A	6511A
h	0.660	0.584	0.829	0.862
h, Ψ_B	0.716	0.637	0.832	0.864
h, Ψ_B , $S_{10.7}$	0.813	0.747	0.839	0.870
h, Ψ_B , $S_{10.7}$, A_p	0.838	0.785	0.854	0.874
h, Ψ_B , $S_{10.7}$, A_p , C_{DR}	0.872	0.836	0.860	0.901

IV. táblázat

A varianciának hány %-át magyarázza egy lineáris regressziós modellben	6595A	6595B	6258A	6511A
h, Ψ_B , $S_{10.7}$, A_p , C_{DR} együtt	77%	74%	85%	84%
egyedül h	27%	23%	62%	54%
egyedül $S_{10.7}$	9%	8%	5%	1%
egyedül C_{DR}	25%	27%	11%	9%

V. táblázat

h, Ψ_B , $S_{10.7}$, A_p hatását levonva a sűrűség és C_{DR} között a	6595A	6595B	6258A	6511A
parciális korrelációs együttható	-0.317	-0.361	-0.179	-0.389
Student t	5.60	6.70	3.20	5.45
t a 95%-os szignifikancia szinthez			1.97	
t a 99.9%-os szignifikancia szinthez			3.30	

Irodalom

1. Illés Erzsébet: A felsőlégkör sűrűségének 27 napos változása 1971 őszén 22 mesterséges hold fékeződése alapján. Ionoszféra és magnetoszféra fizika IV., 31-38. old., Baja, 1975., KASz, Budapest, 1977.
2. Illés Erzsébet: A felsőlégköri sűrűségváltozás 27 napos fluktuációja. Ionoszféra és magnetoszféra fizika V., Szentendre, 1976.
3. Illés Erzsébet: A sűrűségváltozás 27 napos fluktuációja és a galaktikus kozmikus sugárzás intenzitáscsökkenései. Ionoszféra és magnetoszféra fizika VII., 109-125. o., Harkány, 1978., KFKI Budapest, 1979.
4. E. Illés-Almár: Analiz izmenyenyija plotnosztyi verhnyej atmoszferi sz 27-dnyevnim ciklom. Nablugyenyija ISZ. 17., 1977., 89-103. old., KASz Budapest, 1980.
5. E. Illés-Almár: Investigation of the 27-day periodicity in thermospheric density fluctuation. Space Research XIX., 207-210. old., Pergamon Press Oxford and New York, 1979.
6. E. Illés-Almár: Ponyizsenyija intenzivnosztyi galaktyicseszkih koszmicseszkih lucsej i fluktuácii plotnosztyi verhnyej atmoszferi Zemli. Nabljugyenyija ISZ 18, 513-522. old. Warszawa, 1978.
7. Solar Geophysical Data NOAA, Boulder, Colorado, 1965-72.
8. Füstös László: Szociológiai kutatások sokváltozós matematikai statisztikai módszerei. MTA Szociológiai Kutató Intézete Kiadványai. Budapest, 1977.

9. Füstös László, Manchin Róbert, Tóth Károly: SZOCPROG 1.3 verzió, Társadalomstatisztikai Programrendszer. MTA Szociológiai Kutató Intézete Módszertani Füzetek 1978/1.
10. E. Illés: Cosmic ray intensity as a new index of density variations in the upper atmosphere. Nabljugyenyija ISzZ 20, nyomtatás alatt, Budapest, 1982.
11. E. Illés-Almár: Correlation between upper atmospheric density and intensity of galactic cosmic radiation. Nabljugyenyija ISzZ 21, nyomtatás alatt, Moszkva, 1982.
12. Almár Iván, Illés Erzsébet, Horváth András: A felsőlégkör globális viselkedése geomágneses viharok idején. Ionoszféra és magnetoszféra fizika IV. 3-8. old., KASz, Budapest, 1977.