

Magyar Asztronautikai Társaság

ŰRTAN Évkönyv
2012

Asztronautikai Tájékoztató
64. szám

Szerkesztette: Dr. Frey Sándor

Kiadja a Magyar Asztronautikai Társaság
1044 Budapest, Ipari park u. 10.
www.mant.hu

Felelős kiadó: Dr. Bacsárdi László főtitkár

A nyomdai előkészítő munkálatokat az A-terv Kft. végezte

kézirat gyanánt

HU ISSN 1788-7771

Készült 400 példányban

Szemelvények a felsőlégköri elektro-optikai emissziókkal kapcsolatos kutatások utóbbi eredményeiből

Dr. Bór József, Barta Veronika, Dr. Sántori Gabriella

MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Geodéziai és Geofizikai Intézet,
Sopron

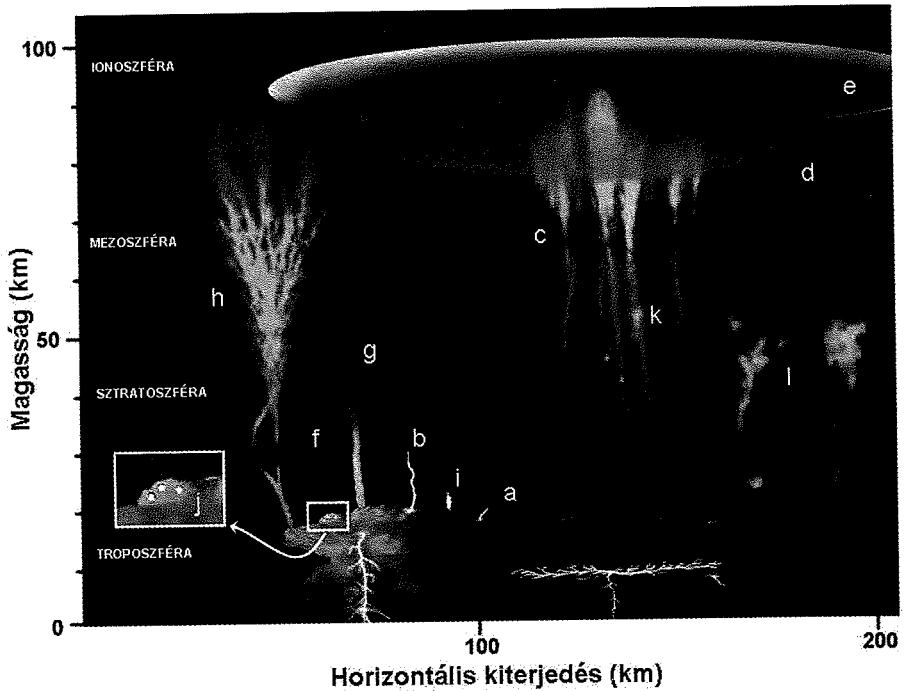
Az előadás a felsőlégköri elektro-optikai emissziókkal (FEOEM-ek) kapcsolatos kutatások néhány, a legutóbbi szeminárium (2010) óta eltelt időben publikált eredményét ismertette, amelyek többségének elérésében intézetünk munkatársai is aktívan közreműködtek. A főbb érintett témák a vörös lidércек polaritás paradoxona, alaktani sajátosságaik és optikai élettartamuk, a nyalábjelenségek, különös tekintettel az óriás nyalábokra, valamint a másodlagos FEOEM-ek.

1. A vörös lidércек polaritás paradoxona

A vörös lidérc (*red sprite*) (1. ábra) a mezoszférában bekövetkező elektromos kisüléseket kísérő, legfeljebb néhány századmásodpercig tartó fényjelenség [6]. A felsőlégköri kisüléshez szükséges elektromos tér legtöbbször felhő–föld villámok után épül fel a zivatarfelhőben maradó töltéscentrum és az éjszakai ionoszféra kb. 90 km-es magasságban húzódó alsó határretege között. E tér erősségét a felhőben maradó többlettöltés mennyisége és a töltéscentrum magassága együttesen határozza meg, így a térerősség a két mennyiség szorzatával jellemezhető. Ez a szorzat jól közelíthető a másik töltéscentrumot kisülő villám vertikális töltésmomentum-változásával (TMV), ami a kisülési csatorna magasságának és a benne áramlott töltésmennyiségnek a szorzata, és amely a villámkisülés extrém alacsony frekvenciás (ELF, 3–3000 Hz) elektromágneses sugárzása alapján távoli észlelések feldolgozása után becsülhető [4, 3, 7].

A TMV statisztika szerint 1000 db, vörös lidérc megjelenését nagy valószínűséggel kiváltani képes villám közül kb. 100 db (10 %) negatív polarítású. Ezzel szemben a 2007-ig rendelkezésre álló megfigyelésekben 1000 vörös lidércből alig 1 megjelenését okozta igazoltan negatív polarítású forrásvillám [10]. Ez a vörös lidércек polaritás paradoxona. (A villámkisülés polaritása a kisülő töltéscentrumok közül a magasabban elhelyezkedő töltésének az előjelével egyezik meg.)

A vizsgálatok szerint a nagy TMV értékű negatív polarítású villámok után nagyobb valószínűséggel jelenik meg egy másik FEOEM típus, az ún. lidércudvar (*sprite halo*) (1. ábra). A lidércudvar kialakulásához gyorsan felépülő, különösen erős elektromos térre van szükség. Ez a dinamika negatív polarítású villámokra jellemzőbb. A vörös lidérc típusú felsőlégköri kisülés létrejöttéhez fontosabb, hogy az elektromos tér fennálljon a kvázi önfenntartó kisülési frontok (*streamerek*) kialakulásához szükséges ideig. Ez a feltétel viszont túlnyomó részben csak nagyobb pozitív polarítású villámok esetén teljesül. A lidércudvarok észlelése a vörös lidércекке képest kisebb fényességűk és rövidebb optikai élettartamuk (2–4 ms) miatt nehezebb, ami magyarázza a látszólagos ellentmondást a megfigyelések számát illetően [11].

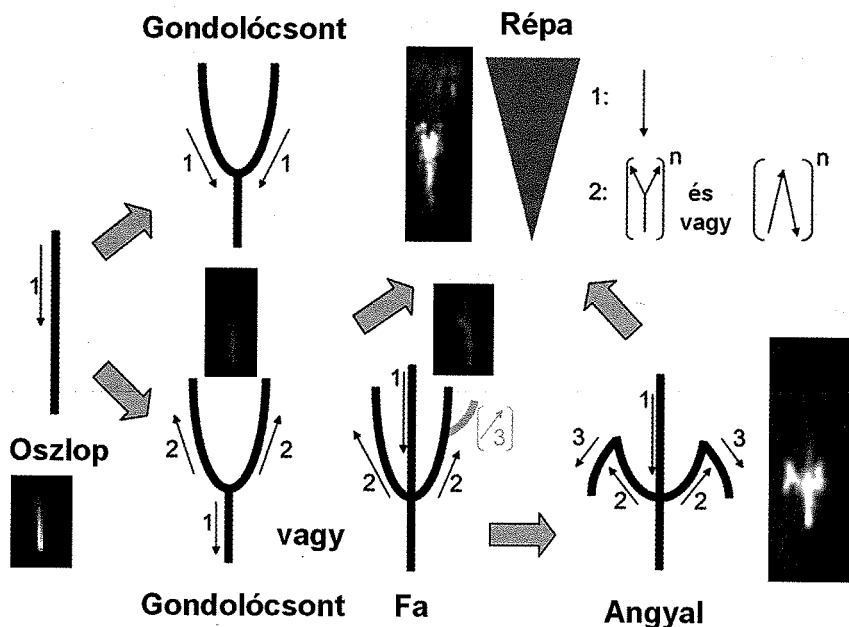


1. ábra A felsőlégköri elektro-optikai emissziók ismert típusai. (a) közönséges felfelé irányuló villámkisülés (upward flash); (b) felfelé irányuló óriás kisülés (upward superbolt); (c) vörös lidérc (sprite); (d) lidércudvar (sprite halo); (e) gyűrűlidérc (ELVES); (f) kis kék nyaláb (blue starter); (g) kék nyaláb (blue jet); (h) óriás nyaláb (gigantic jet); (i) törpe (gnome); (j) tündérek (pixies); (k) TROLL; (l) pálma lidérc (palm trees).

2. A vörös lidérek alakitani sajátosságai és optikai élettartamuk

Közép-Európában 2007 és 2009 között közel félezer vörös lidércet rögzített a Sopronban elhelyezett kamera. A nagyszámú észlelés a vörös lidérek közvetlenül megfigyelhető tulajdonságainak statisztikus elemzését tette lehetővé.

A vörös lidérceket a legfényesebb részeik formája szerinti alakitani osztályokba lehetett sorolni. A leggyakoribb alakzatok az oszlop, gondolócsont (Y), fa, angyal és répa. Ezek az alakok a vörös lidérek időbeli fejlődésének a jellemző stádiumait is mutatják (2. ábra). A különböző alakoknál hasonló sajátosságok figyelhetők meg, amelyek viszont nem mindig jelennek meg: elágazó indák, kifényesedések az indák mentén és a testben (gyöngyök), ezekhez hasonló, fényes foltok közvetlenül a lidérc teste alatt, magasabban elhelyezkedő diffúz emissziók (puffok) és a lidérc testét körbevevő szintén diffúzabb fénylések (ragyogások).



2. ábra Vörös lidércek alakutani osztályai és fejlődése. A vékony nyilak és sorszámok a kisülési frontok terjedésének irányait és egymáshoz viszonyított időbeni sorrendjét jelölik.



Kiderült, hogy a lidércek többsége (91%) csoportban jelenik meg és a csoportok nagyobb része (55%) többféle alakú elemet tartalmaz. Két különleges csoportot lehetett megkülönböztetni jellemző jegyek alapján. A medúzákra (3. ábra) a fényes, sűrű és mélyre nyúló indarendszer és a test körüli erőteljes ragyogás egyidejű megléte a jellemző. A táncoló lidércek esetében a csoport tagjai nem nagyjából egyszerre, hanem elkülönülten egymás után jelennek meg.

3. ábra Sopronból fényképezett medúza típusú vörös lidérccsoport

A jelenségek teljes optikai élettartamát tekintve 60–80 ms-os értékek voltak a legjellemzőbbek. A medúza típusú események ettől karakterisztikusan rövidebb (20–40 ms-nyi) életűek. Érdekes eredmény, hogy az egyfajta alakú lidércet szerepeltető emissziók között kevesebb a nagyon hosszú (>80 ms) élettartamú, ugyanakkor a vegyes csoportok között a nagyon rövid (<40 ms) élettartamúak ritkábbak [1]. Ezeknek a tapasztalatoknak az megmagyarázása a jövőbeli kutatások feladata.

3. Nyalábjelenségek (*blue starter*, *blue jet*), óriás nyalábok (*gigantic jet*)

A különböző nyalábok (1. ábra) kialakulását jelenleg két elmélet magyarázza. Az első szerint intenzív töltésszétválasztás esetén, a felhő tetején levő (általában pozitív) töltésgócból spontán is elindulhat felfelé egy kisülési front (*streamer*). A másik modellben egy felhőn belüli kisülés során az alsó negatív töltéscentrumból elektronok juthatnak ki a magasabban

levő töltések között és tovább haladhatnak az pozitív töltésű alsó ionoszféra felé. Óriás nyalábok esetén ezek a felfelé haladó töltések el is érhetik az ionoszféra alját.

Az óriás nyalábok két osztálya [2] megfeleltethető az egyes keletkezési modelleknek, egy harmadik osztályba tartozó események keletkezési mechanizmusa azonban még nem ismeretes. Az óriás nyalábok jellemző közös tulajdonsága a jellegzetes időbeni fejlődésük: egy vezető nyalábból (*leading jet*) fejlődik ki a teljes nyaláb (*fully developed jet*), amit egy második, lassabb kislézési szakasz követ (utó-nyaláb, *trailing jet*).

Elsősorban a második mechanizmus szerint keletkező óriás nyalábokra jellemző ELF sugárzást kibocsátása, amely globálisan is észlelhető. A Széchenyi István Geofizikai Observatóriumban működő ELF mérőrendszer rögzítette a 2010-ben Réunion sziget partjainál megfigyelt öt óriás nyaláb jeleit, amelyek segítségével sikerült megállapítani, hogy negatív töltést szállítottak az ionoszférába. A legintenzívebb óriás nyaláb esetében a szállított töltésmennyiség meghaladta a 100 C-ot [8].

Egy másik esetben Olaszországból figyeltek meg egy különleges óriás nyalábot 2009-ben Korzikától nyugatra. Ez a jelenség több szempontból is különleges volt: alacsony felhőzetű (6,5 km) zivatarban keletkezett, pozitív töltést szállított az alsó ionoszférába, ennek ellenére jól észlelhető alacsony frekvenciás hullámokat sugárzott. A nagyeceni mérőrendszer olyan 2–3 Hz frekvenciájú jeleket rögzített, amelyek az ionoszféra magasabb rétegeiben gerjesztett ún. ionoszférikus Alfvén-rezonanciajelenségre utalnak [9].

4. Másodlagos FEOEM-ek

Néhány felsőlégköri emisszió másodlagosnak nevezhető abban az értelemben, hogy önmagukban nem jelennek meg, csak más – ilyen értelemben elsődleges – felsőlégköri emissziók után. Ilyen például a felhőtetőből „kinövő” ún. pálmalidérc, vagy a korábbi nagyobb vörös lidércnek indáin látszólagosan felfelé „kapaszkodó” troll (1. ábra). A troll lényegében egy másodlagos nyalábjelenség. Műholdas megfigyelések szerint előfordulhatnak másodlagos óriás nyalábok is. Ezeknek a jelenségeknek a létrejötte és jellemzői jól magyarázhatók azzal, hogy az elsődleges FEOEM (többnyire vörös lidérc) helyileg módosítja, gyakorlatilag lejjebb szállítja az ionoszféra alsó határát. A különböző másodlagos emissziók megjelenési formája így attól függ, hogy milyen a módosult alsó ionoszféra és a felhőbeli töltéscentrumok egymáshoz viszonyított konfigurációja [5].

Köszönetnyilvánítás

A FEOEM-ekkel kapcsolatos kutatómunkát az OTKA támogatta (K72474). A nemzetközi együttműködések megvalósulásában az ESF „*Thunderstorm effects on the atmosphere-ionosphere system*” (TEA-IS) című kutatási hálózat programja játszott szerepet. Ez a tanulmány a TÁMOP-4.2.2.C–11/1/KONV-2012-0015 számú (Föld-rendszer) projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

- [1] Bór J. (2013): Optically perceptible characteristics of sprites observed in Central Europe in 2007–2009. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, Vol. 92, pp. 151–177
- [2] Chou J.K., et al. (2010): Gigantic jets with negative and positive polarity streamers. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, A00E45

- [3] Cummer S.A., Inan U.S. (2000): Modeling ELF radio atmospheric propagation and extracting lightning currents from ELF observations. *Radio Science*, Vol. 35, pp. 385–394
- [4] Huang E., et al. (1999): Criteria for sprites and elves based on Schumann resonance observations. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 104 (D14), pp. 16943–16964
- [5] Lee L.-J., et al. (2012): Characteristics and generation of secondary jets and secondary gigantic jets. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 117, A06317
- [6] Pasko V.P., et al. (2011): Lightning related transient luminous events at high altitude in the Earth's atmosphere: phenomenology, mechanisms and effects. *Space Science Reviews*, Vol. 168, pp. 475–516
- [7] Satori G., et al. (2013): An Overview of Thunderstorm-Related Research on the Atmospheric Electric Field, Schumann Resonances, Sprites, and the Ionosphere at Sopron, Hungary. *Surveys in Geophysics*, in press
- [8] Soula S., et al. (2011): Gigantic jets produced by an isolated tropical thunderstorm near Réunion Island. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 116, D19103
- [9] van der Velde O.A., et al. (2010): Multi-instrumental observations of a positive gigantic jet produced by a winter thunderstorm in Europe. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 115, D24301
- [10] Williams E., et al. (2007): Polarity asymmetry of sprite-producing lightning: A paradox? *Radio Science*, Vol. 42, RS2S17
- [11] Williams E., et al. (2012): Resolution of the sprite polarity paradox: The role of halos. *Radio Science*, Vol. 47, RS2002