

FARKAS ALEXANDRA–SZABÓ ÁDÁM–LANDY-GYEBNÁR MÓNIKA

# A légkörfénylés

## Hazai megfigyelések

A légkörfénylés (angolul: *airglow*, *nightglow*) – ez a magaslégköri kémiai folyamatok által befolyásolt, és az űrhajósok számára állandó látványt nyújtó légkörtitkai tünemény – különböző színű (leggyakrabban vörös vagy zöld) burrokként veszi körül Földünket. Ritka és szerencsés helyzetekben azonban sávjai a földfelszínről is megfigyelhetők. A horizonttól induló sávok átszelhetik az egész égboltot és összeköthetik az ég két legtávolabbi, átellenes pontját. A sávok párhuzamosak, a perspektivikus hatás miatt azonban összetartónak tűnnek. Cikkünkben bemutatjuk a légkörfénylés hátterében húzódó folyamatokat, megfigyelésének és fényképezésének lehetséges módszereit, valamint néhány sikeres hazai észleléséről is beszámolunk.

### A légkörfény kialakulása

A Napból érkező nagyenergiájú, 100–280 nm hullámhosszú UV-C (ultraibolya) sugárzás a 100 km feletti termoszférában lévő légköri oxigén- és nitrogénmolekulákat gerjesztett állapotba hozza, és atomjaira bonthatja. A magasabb energiaszintű atomok ritkán tudnak ütközni egymással, mivel a 80 km-nél magasabb légrétegekben igen ritka a levegő. Ha azonban egymással vagy más légköri részecskékkel találkoznak és reakcióba lépnek (például hidroxilgyökökké vagy nitrogén-monoxidá állnak össze), akkor a gerjesztett ál-

lapot fenntartó energia fény kisugárzásával távozik, kialakítva ezzel a légkörfényt.

A jelenség többféle színben is tündökölhet attól függően, hogy a légkör mely magasságában zajlik le a folyamat, illetve mely atomok és molekulák vesznek részt a kémiai reakciókban (**1. ábra**). A légkörfény legfényesebb és leggyakrabban megjelenő zöld (558 nm) sávjai a 90–100 km magasságban gerjesztett oxigénatomok fénykisugárzásának köszönhetően tűnnek fel az égbolton, míg a gyengébb vörös sávok kialakulásáért az ennél magasabban (150–300 km) lévő gerjesztett oxigénatomok felelősek. Kék légkörfényt hozhat létre 95 km magasságban a molekuláris oxigén, míg a sárga légkörfény kialakulásával a 92 km magasságban előforduló, meteoritokból származó nátrium hozható összefüggésbe. A gerjesztett hidroxilgyökök 86–87 km magasságban hozzák létre a vörös és infravörös légkörfényt. A légkörfénylés a légkör 86 km-nél alacsonyabb rétegeiben nem alakulhat ki, mivel az UV-C sugárzás a magaslégkörben felémésződik, az alacsonyabba is eljutó UV-B és UV-A sugárzás pedig olyan kis energiájú, hogy nem képes a fent bemutatott fotokémiai folyamatok megindítására (*Chamberlain 1961, Silverman 1970*).

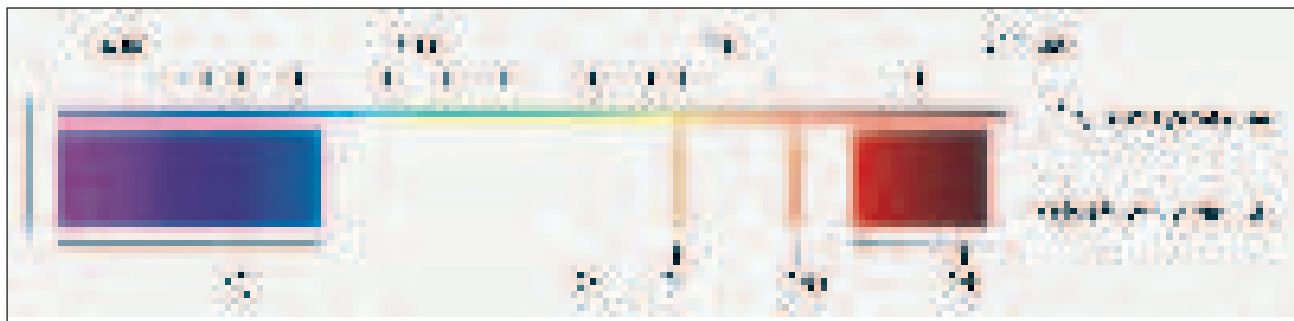
A légkörfény morfológiája változatos: kialakulhat egybefüggően, ám sávok és foltok is változatosabbá tehetik a látványt. A jelenség tehát hasonlít a sarki fényhez, ám kialakulásukban különbségek fedezhetők fel. A sarki fény okozói a Napból érkező elektromosan töltött

részecskeáramok, amelyek csak a Föld mágneses térszerkezete által megengedett helyeken (a pólusok körül húzódó gyűrűben) tudják elérni és gerjeszteni a felsőlégkör atomjait s molekuláit. A légkörfénylés előfeltétele viszont kizárólag az UV-sugárzás, ami Földünket folyamatosan (bár különböző erősséggel) mindenütt eléri. A sarki fény tehát uralkodóan a magasabb szélességek mentén figyelhető meg, ezzel szemben a légkörfény megfigyelése elvben nincs helyhez kötve. További különbség a két tünemény között, hogy fényerejük nagyban eltér: a légkörfény alig észrevehető, a sarki fény ugyanakkor gyakran igen feltűnő és formailag változatosabb.

Csakúgy, mint a sarki fényre, a légkörfény kialakulására is befolyást gyakorol a naptevékenység 11 éves periodikus változása. A napfoltmaximum idején erősödő UV-sugárzás miatt több légköri atom és molekula kerülhet gerjesztett állapotba, így ebben az időszakban nagyobb esély nyílik a légkörfény észlelésére.

Könnyen belátható, hogy a légkörfénylés mindig a Föld napsütötte oldalán a leglátványosabb, hiszen itt éri a legtöbb UV-sugárzás a légkört, így itt történik atomjainak és molekuláinak gerjesztése is. A nappali (angolul: *dayglow*) és szürkületi (*twilightglow*) légkörfénylés megfigyelése a nappali világosságban azonban nem lehetséges. Naplemente után az UV-sugárzás csökkenésével a jelenség elhalványul, a Föld éjszakai oldalán tehát kevéssé lesz látványos.

**1. ábra.** A légkörfény többféle színben is feltűnhet az égbolton, a fotokémiai reakciókban résztvevő atomoktól és molekuláktól függően. Spektrumát a 90–100 km magasságban lévő gerjesztett oxigén atomok révén kialakuló zöld (558 nm) fény uralja. A gyengébb vörös (630 és 636 nm) légkörfény sávokat az ennél magasabban lévő gerjesztett oxigénatomok okozzák. Ezekon kívül gerjesztett O<sub>2</sub> molekulák, hidroxilgyökök (OH) és nátrium (589 nm) közreműködésével is kialakulhat a jelenség (*atoptics.co.uk*)



## A légkörfénylés korlátozott megfigyelése

Az éjszakai csillagos égbolt a régmúlt időkben kétségtelenül pazar látványt nyújtott, napjainkban azonban világszerte megjelenő probléma a csillagászati fényszennyezés. A közvilágítás legfontosabb funkciója, hogy a közlekedéshez szükséges fényt biztosítsa, a lakosság biztonságérzetét pedig növelik a jól kivilágított utcák, épületek. Sok esetben azonban jócskán a valóságos igényeken felül bocsátunk ki fényt. A meg gondolatlanul elhelyezett és főlegesen üzemeltetett fényforrások számtalan káros hatást fejtenek ki az élővilágra (Joseph és társai 1991, Kriska Gy. és Horváth G. 2008, Malik P. és társai 2008, Horváth G. és társai 2009, Horváth G. 2012), és a zavaró fények nemcsak az éjszakai természeti környezetet károsítják, hanem annak megfigyelését is. Az éjszakai égbolt háttérfényessége a légkörből visszaszóródó felszíni eredetű mesterséges fények miatt folyamatosan emelkedik, elhomályosítva ezzel a csillagok és a légkörfény látványát. Arisztotelész a mi helyzetünkhöz mérten jóval nagyobb eséllyel figyelhetette meg a légkörfényt, ahogyan a vörös sávokban feltűnő szokatlan éjszakai tűneményről egyes kutatók szerint be is számolt (Silverman 1970).

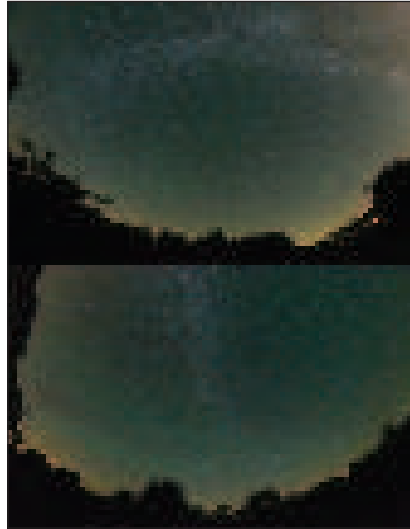
A XX. század elejéig számos feljegyzés készült a ragyogóan, fényesen mozgó sávokról, a légkörfény modern módszerekkel történő kutatása azonban csak az 1920-as években indult meg.

Ahogy az korábban említettük, a légkörfény a Földön mindenütt jelen van, a halvány tűnemény megfigyeléséhez és fényképezéséhez mégis nehéz megfelelő helyszínt találni. Csak a települések fényszennyezésétől távoli helyszíneken járhatunk sikerrel, ahol ugyanakkor megfelelő rálátás is szükséges a csillagos égbolt nagy részére. Mivel az emberi szem a zöld színre a legérzékenyebb, így a zöld légkörfény szabad szemmel történő észlelésére van főként esélyünk, a vörös légkörfény gyakorlatilag láthatatlan számunkra.

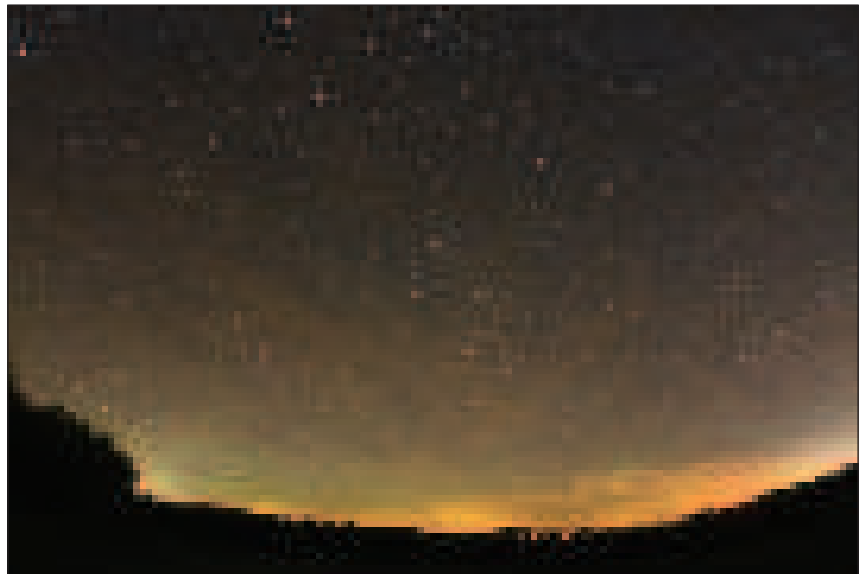
## Légkörfény-észlelések Magyarországról

Hazánkból már vélhetően többször is megfigyelték, megörökítették a légkörfénylést olyan helyekről, amelyek fényszennyezés szempontjából kevésbé veszélyeztetettek, de mindeddig úgy, hogy erről nem tudtak – vagy a jelenség nem kellően látványos volta miatt nem tudtak erről kétséget kizáróan meggyőződni. A közelmúltban azonban több ízben is sikerült bizonyosságot szerezni a jelenség sikeres hazai megfigyeléséről.

Szabó Ádám 2012. augusztus 14/15-én a Bajai Csillagvizsgálónál megrendezett meteor megfigyelő táborban észlelte



**2. ábra.** Zöld légkörfény Bajáról 2012 nyarán. Sávjai az egész égbolton jelen voltak, ám 23:40 táján a horizont közelében kifejezetten erőssé, szabad szemmel is láthatóvá váltak. A felső fotón vízszintesen, az alsó fotó közepén függőlegesen a Tejút sávja látható (2012. augusztus 14., 22:32 és 23:40 UT, Szabó Ádám felvételei)



**3. ábra.** Vörös légkörfény Kaposfőtől délre (2012. november 8., 19:10 UT, Schmall Rafael felvétele)

a jelenséget úgy, hogy eredetileg nem is számított rá. A jelentős meteorraj-aktivitás elmaradása miatt felvételeket készített a Tejútról, ám a képeket utólag a helyszínen átnézve azt tapasztalta, hogy az égbolt háttérfényessége képről képre változott, holt a Nikon D5100 fényképezőgép beállításai mindvégig ugyanazok voltak. Első ránézésre hibára gyanakodott, de néhány képet újra megvizsgálva jellegzetes inho-

mogenitásokra lett figyelmes az égbolton. Halszemoptika csatlakoztatása után jobb rálátást tudott nyerni a jelenség természetére, ekkor sikerült felismernie, hogy a légkörfény jellegzetes zöld sávjai tűntek fel. A jelenség nagyjából 20:30-kor (UT) vált felismerhetővé, 22:32-kor pedig már egyenletes eloszlással és intenzitással borította be az egész égboltot (2. ábra). Ez a mintázat hozzátétőlegesen az égbolt forgásának sebességével mozdult el az idő múlásával, de annak irányától eltérve. A később (23:40-kor) készített fényképek alapján (2. ábra) a légkörfény mintázata nemcsak elmozdult, hanem az egyes részek intenzitásarányai is megváltoztak. A Nagy Medve csillagkép környezetében lévő sávok kifejezetten erőssé váltak: a színük ugyan nem, de körvonalak szabad szemmel is megfigyelhető volt. Mindez a zavartalan meteorológiai körülmények (nyugodt levegő, felhőtlen égbolt) fennállása nélkül nem lett volna lehetséges. A legfényesebb sávok a 01:20-kor készült felvételeken is jól felismerhetők, ugyanakkor 23:40 után a jelenség egésze egyértelműen halványabbá vált.

Az augusztusi éjszakán kívül Szabó Ádámnak 2012. október 21-én is sikerült megörökítenie a légkörfénylést, de az csak

egyetlen 00:55-kor készült képen volt felfedezhető. A jelenség ekkor sokkal halványabb volt, szabad szemmel nem volt érzékelhető, de a fényképen néhány halvány, hosszú ferde sáv formájában azért kirajzolódott a horizont közelében.

Schmall Rafael a Zselic környékén két alkalommal is megörökítette a légkörfénylést: 2012. november 8-án (3. ábra) és 2013. február 7-én. Utóbbi alkalom-

mal Pintér András is lefényképezte a vörös légkörfény sávjait Mihályitól délre, ám a fényképezés elsődleges célja ezúttal is más (az állatövi fény) megörökítése volt.

Amint az az eddigiekből látható, a hazai légkörfény-észlelések minden esetben a szerencsés véletlenek voltak köszönhetőek. Az észlelők minden esetben más céllal készítettek fényképeket az éjszakai égboltról, a légkörfény az elkészített felvételeken (Szabó Ádám 2012. augusztusi észlelése kivételével) csak utólag volt észlelhető.

### Fényképezési lehetőségek

A légkörfénylés észlelésére derült, tiszta, holdfénymentes éjszakákon akadhat lehetőségünk, így a fényképezéséhez elengedhetetlen a fotóállvány és a távkioldó használata. Mivel a légkörfény halvány sávjai az égbolt bármely részén feltűnhetnek, érdemes a lehető legnagyobb látószögű objektívet, főként halszemoptikát használni. A rövidebb fókusz távolságú objektíveknel hosszabb (30 és 90 másodperc közötti) záridő is használható az éjszakai égbolt fotózásához, anélkül, hogy a csillagok zavaró mértékben elmozdulnának az elkészült képen. A halvány légkörfény sikeres megörökítéséhez célszerű a fényképezőgép érzékenységét magasra állítani, de ügyelni kell arra, hogy ez típustól függően megnövelheti az elkészült kép szemcsészettségét. Ha módunkban áll, készítsünk sorozatfelvételt ugyanazokkal a beállításokkal, így az elkészült képek utólagos feldolgozásával és esetleges animációk készítésével észrevehetjük a légkörfény sávjait, illetve azok mozgását. 📷

### Irodalom

- Chamberlain (1961) *Physics of the Aurora and Airglow*. Academic Press, p. 704.
- Horváth G. és társai (2009) Polarized light pollution: a new kind of ecological photopollution. *Frontiers in Ecology and the Environment* 7: 317-325.
- Horváth G. (2012) Polarized Light Pollution. In: Csanád M. és társai: *Environmental Physics Methods Laboratory Practices*. Typotex Kiadó, Budapest, 82-108.
- Joseph és társai (1991) Urban light pollution: the effect of atmospheric aerosols on astronomical observations at night. *Applied Optics* 30: 3047-3058.
- Kriska Gy., Horváth G. (2008) Fényszennyezés hidak Dunán. Sötét kilátások 2009-re? *Élet és Tudomány* 63: 621-623.
- Malik P. és társai (2008) Poláris fényszennyezés: A környezeti ártalmak egy új formája. *Fizikai Szemle* 58: 379-386.
- Silverman (1970) Night airglow phenomenology. *Space Science Reviews* 11: 341-379.

### CÍMKÉPÜNK: LÁTVÁNYOS CSILLAGHALMAZPOR-EGYÜTTES A DÉLI ÉGEN

Az NGC 2467 csillaghalma és kozmikus környezete a déli égbolton fekvő, így tőlünk soha nem látható Puppis (Hajófar) csillagképben található. A viszonylag fiatal képződmény legfeljebb néhány millió éves. Rendkívül aktív csillagbölcső, amelyben a hatalmas por- és gázfelhőkből folyamatosan keletkeznek az új csillagok. A színpompás kozmikus kísértetre vagy gigantikus égi majomra emlékeztető képen két nyílthalmaz is látható, a Haffner 18 (középen) és a Haffner 19 jobbra középen, a kisebbik rózsaszínű tartományban, a majom alsó szemét alkotva). A két halmazt ionizált gáz kiterjedt felhői veszik körül. A kép alsó részén, a legnagyobb rózsaszínű tartományban elhelyezkedő fényes csillag (HD 64315) nagy tömegű, fiatal égitest, amelynek erős sugárzása segít kirajzolni az egész ködös tartomány alakját. A köd jobb felső részén fényesen világító csillag (HD 64568) rendkívül nagy tömegű, kékfehér fősorozati csillag, az O3 V színképosztály prototípusa.

A kép közepén látható, mintegy 50 csillagot tartalmazó Haffner 18 nyílthalmaz a csillagfejlődés három fázisát jeleníti meg. Középen azoknak a kifejlett csillagoknak a csoportja látható, amelyek már eltávolodtak a ködtől, amelyben megszülettek, ennek megfelelően a közelmúltban lezajlott csillagszületés végtermékeit jelenítik meg. A halmaz közepétől kissé balra a nagyon fiatal, FM3060a jelű csillag éppen csak, hogy létrejött, még körülveszi a születésekor visszamaradt gázburok. A gázburok 2,5 fényév átmérőjű, tágulási sebessége körülbelül 20 m/s. Következésképpen a gázburoknak mintegy 40 ezer évvel ezelőtt kellett létrejönnie. Valamivel lejjebb a porfelhők aktív csillagkeletkezési magok, amelyekben a jövőben várható az újabb csillagok megszületése. A rendszer közepén sötét porsávok takarják el a kilátást.

Az egész NGC 2467 komplexumot jellegzetes alakja okán néha „Koponya és lábszárcsontok” néven is emlegetik. Az emissziós köd és csillaghalma együttese mintegy 13–17 ezer fényévre helyezkedik el tőlünk, az egész együttes 55,75 km/s sebességgel távolodik.

A felvétel az Európai Déli Observatórium (ESO, European Southern Observatory) 2,2 méter átmérőjű távcsövére szerelt nagy látószögű képalkotó kamerával (WFI, wide field imager) készült 2003 decemberében. Hat különböző optikai és ibolyántúli tartományba eső színképsávban készített, egy-, illetve kétórás expozíciós idejű 49 felvétel hamisszines egyesítésével állították elő a színpompás

képet. A piros árnyalat a hidrogén alfa vonalában mért sugárzást jeleníti meg, a kétszeresen ionizált oxigén zöld emissziós vonalai a hamisszines képen is zöldes árnyalatban jelennek meg. A felvételen észak jobbra, kelet pedig fölfelé van, az átfogott terület körülbelül 30 x 30 szögperces, vagyis akkora, mint a telihold.

A 2,2 méteres távcsövet a Max Planck Társaság adta kölcsön meghatározatlan időre az ESO-nak. A szervezet Chilében a La Silla Observatóriumban működteti a műszert. A villás szerelésű, Ritchey-Chrétien-féle optikai rendszerű távcsövet a Zeiss készítette, 1984 óta használják Chilében, 2335 méter tengerszint fölötti magasságban. A távcső három kiegészítő műszerének egyike a 67 megapixeles nagy látószögű képalkotó kamera.

Az ESO-t 1962-ben hozták létre arra, hogy az európai csillagászok saját, nagy távcsöveikkel vizsgálhassák a déli égbolt objektumait, jelenségeit. A szervezetnek jelenleg 15 tagállama van. Az ESO három nagy obszervatóriumot tart fenn, mindhárom Chilében, az Atacama-sivatag térségében, legrégebbi közülük a La Silla Observatórium. Az ESO működteti a világ számos jelentős távcsövét, de ambiciózus tervekben sincs hiány: ha elkészül a szervezet „európai extrém nagy távcső” nevű műszere (E-ELT, European Extremely Large Telescope), akkor az a maga 39 méteres átmérőjével a világ legnagyobb csillagászati távcsöve lesz.

Both Előd

### A KVAZÁROK FÉL ÉVSZÁZADA

Fél évszázaddal ezelőtt, 1963 márciusában számolt be a *Nature* hasábjain Marteen Schmidt holland–amerikai csillagász a 3C273 katalógusszámú objektum az első kvazár felfedezéséről. Ehhez hasonlót addig még nem láttak a csillagászok, az erős rádióforrás az optikai tartományban csillagszerű képet mutatott. Mibenlétéről fogalmuk sem volt, így nevét a látványa alapján kapta: csillagszerű rádióforrás, azaz *quasistellar radio source*, vagy röviden *quasar*, ami azután kvazárra „magyarosodott”. Optikai színekében a hidrogén Balmer-sorozatára hasonlító színeképvonalakat találtak, csak éppen ahhoz képest 16%-kal a vörös felé eltolódva. Két, akkoriban egyformán hajmeresztőnek hangzó magyarázat kínálkozott: az objektum vagy csillag és szédítő sebességgel repül kifelé a Tejútrendszerből, vagy vöröseltolódása alapján 2,4 milliárd fényév távolságban lévő, de szokatlanul fényes galaxismag. Két évtized alatt a csillagászok bebizonyították, hogy a kvazárok erős sugárzását valószínűleg az a gázkorong bocsátja ki, ame-