

Előzetes eredmények a Leonidák 1998-as jelentkezéséről

Szerte a világban számos megfigyelő várta az 1998-ra előrejelzett Leonida-kitörést. Az eredmények arra utalnak, hogy a szokásos maximumot jóval meghaladó, ZHR=250 nagyságú aktivitást láttak a szerencsés észlelők.

A Leonidák 1799 óta ismert raj (bár a krónikákban 899-ig visszamenőleg lehet fellelni Leonidák tevékenységére utaló adatokat). Kitörésüket figyelték meg 1799-ben, 1833-ban, 1866-ban, 1898-ban, 1901-ben, 1903-ban, 1966-ban és 1969-ben. (E kitörések ZHR= 250–17 000 értékkel következtek be.) Az 1990-es évek második felében minden évben sokkal nagyobb aktivitást produkáltak a Leonidák, mint a normális ZHR= 40 érték, ami erősítette a várakozásokat egy jelentős méretű meteorzápor megfigyelésének esélyére.

A Leonidák igen bonyolult szerkezetű, komplex raj. 1366-ban kínai csillagászok megfigyelték a Tempel–Tuttle-üstökös — a Leonidák szülőégitestje — kettészakadását. Az üstökös 1865/66-os visszatérése kapcsán alaposabb vizsgálat alá vették a Leonida meteorrajt is. A rajt úgy képzelik el, hogy benne 17 csomósodás található. Ezeket római számokkal jelölik I-től XVII-ig. 1998-ra az V. csoport jelentkezését várták, amely 33,089 év alatt kerüli meg a Napot, és 0,0026 Cs.E.-re (390 000 km-re) haladt el a Föld mellett. E csoport 1998. szeptember 20-án volt napközben, az általa okozott kitörés előrejelzett időpontja 1998. november 17-én, 19,7 UT lett volna.

Bár a meteorraj világuírbeli pályája a Kepler-törvényekből számolható, a meteoroidok kis tömege miatt figyelembe kellene venni a napszél hatását, a bolygóközi poron való fékeződést, sőt a Nap fénynyomását is, amelyek együttesen a meteoroidokat a Naptól távolabbi pályára kényszeríti. Emiatt igen nehezen számolhatók a meteorrajok Földdel történő ütközésének időpontjai. Előrejelzés csak több óra (általában 12–36 óra) pontossággal tehető, ami magában foglalja azt is, hogy a Föld már odébb jár, amikor a raj legsűrűbb része keresztezi a földpályát. Épp ezért az előrejelzés értékelésénél számításba kell venni ezt a jelenséget is (l. Meteor 1995/11, 32–34. oldal).

Földünket szüntelenül bombázzák makroszkopikus méretű kozmikus részecskék (meteoroidok). A meteoroidok a műholdakra meglehetősen nagy veszélyt jelenthetnek (1993-ban egy, a Perseidákhoz tartozó meteor valószínűleg eltalálta az Olympus távközlési műholdat és rövidzárlatot okozott, l. Meteor csillagászati évkönyv 1998, 122. o.), különösen akkor, ha egy-egy áramlat sűrűbb részeivel találkozunk. A vizuális észlelésekből utólag meg lehetett állapítani, hogy a valóságban mekkora volt ez a veszély. (És ennek már gazdasági, vagyis anyagi vonzatai is vannak!) Ezért a Leonidák térbeli sűrűségére is ki fogunk térni a későbbiekben, hogy lássuk, mekkora is ez a veszély.

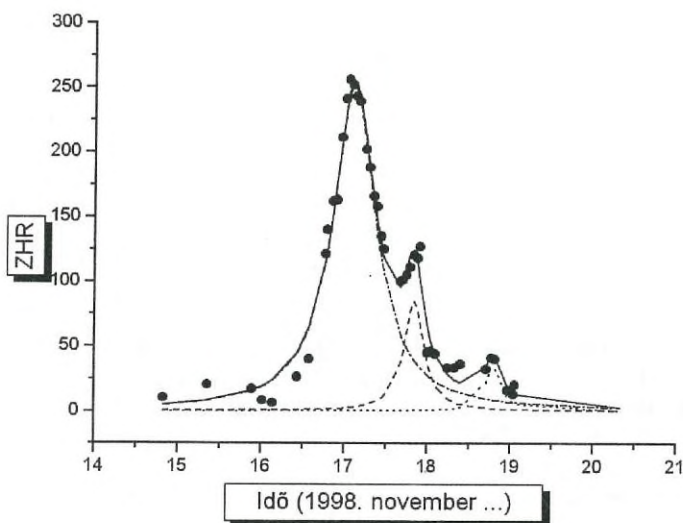
Eredmények

A magyar észleléseket részben közvetlenül, részben Tepliczky Istvántól kaptam meg, amelyekből meghatároztam a populációs indexet és a ZHR-t. A külföldi észlelésekből levezetett r- és ZHR-értékeket (ezeket R. Arlt számította) az IMO-tól szereztem be. A hazai és külföldi megfigyelésekből számított ZHR-értékeket az 1. ábra, a populációs index változásait a 2. ábra mutatja be.

Egy érdekes körülményre feltétlenül fel kell hívni az olvasó figyelmét. Tordai Tamás Budapestről +4,5 határmagnitúdójú égen, 65%-os takartság (!) mellett számolta hosszú időn, órákon keresztül a meteorokat. Ebből a hihetetlenül rossz körülmények között készült észlelésből kísérletképpen meghatároztam a ZHR-t, ami azonban — legnagyobb meglepetésemre — jól illeszkedett a „korrektebb” körülmények között végzett megfigyelésekhez. Ezért a továbbiakban Tordai Tamás észlelését is jónak minősítettem, és felhasználtam ebben az előzetes feldolgozásban.

(Az esetnek mindenképpen van tanulsága. Nagy aktivitás idején városból is lehet meteorozni. De valójában 20%-osnál kisebb takartság és hmg= 5 körüli ég már elegendő is.)

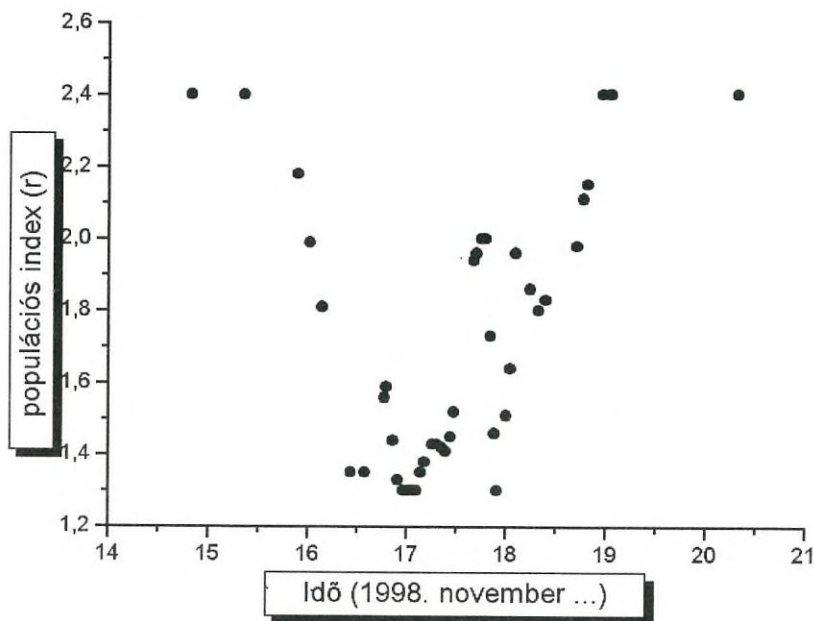
A ZHR és a populációs index változásaiból meghatározható a raj fluxusa és térbeli sűrűsége is. A fluxus megmondja, hogy a rajra merőleges 1000 km² felületen egy óra alatt hány darab, a rajhoz tartozó olyan meteor haladt át, amely a légkörben képes +6,5 magnitúdós vagy annál fényesebb felvillanást produkálni. Értékéből könnyen kiszámítható a térbeli sűrűség, amely igen szemléletes adata egy áramlatnak: megmondja, hogy egy 1000·1000·1000 km-es kockában hány darab, +6,5 magnitúdós vagy fényesebb felvillanást okozó rajmeteor található. (E kocka térfogata egymilliárd köbkilométer!) Természetesen a térbeli sűrűség is változik a raj különböző részeivel való találkozás során. A térbeli sűrűség változásait a 3. ábra mutatja.



1. ábra. A Leonidák ZHR-profilja az idő függvényében. A nagy pontok a megfigyeléseket jelentik. A három maximum szembetűnő: nov. 15. délelőtt esetleg volt egy lapos mellékmaximum, de a kevés észlelés miatt ez nagyon bizonytalanul gyanítható csak. A folytonos vonalak az egyes csomókból származó aktivitásának összegét mutatja, és nagyon jól illeszkedik az észlelésekre

Itt is érdemes végiggondolni azt, hogy még a legnagyobb sűrűségű résszel való találkozás idején is csak 88,217 meteor volt található egymilliárd köbkilométer-

renként. (I. még Meteor, 1991/10., 22–27. o.). Ez azt jelenti, hogy a raj legsűrűbb részében is csak minden 11 millió köbkilométerben volt egy darab — vizuálisan elvileg látható — meteoroid. Ebből még azt a becslést is megtehetjük, hogy két szomszédos Leonida-meteor között a távolság mindössze 139 km volt. Ilyen érték esetén aligha jelenthetjük ki, hogy egy meteorraj „sűrű”, vagy hogy jobban különbözik a vákuumtól... Rendkívül érdekes, hogy egy ilyen ritka „porfelhő” mekkora hullást képes produkálni. (Az is igaz, hogy ezt a 139 km-t egy Leonida 3,3 másodperc alatt befutja, tehát a Leonidák naprendszerbeli sebességénél (42 km/s) gyors egymásutánban találkozunk egy-egy rajtaggal.)



2. ábra. A Leonidák populációs indexének változása 1998-ban. A főmaximum idején $r=1,3$ körüli értéket vett fel, ami alacsony érték, és jelzi, hogy a raj gazdag fényes meteorokban. A könnyebb áttekinthetőség végett a 2., 3., és 4. ábrákon nem tüntetjük fel a hibahatárokat

A maximum időpontja

Az 1. ábrából világosan kitűnik, hogy három maximum volt (és esetleg még egy lapos, elnyúló maximum $SL=232,7^\circ$ körül). A ZHR-profil legjobban három darab ún. Lorentz-függvénnyel írható le. A Lorentz-függvény egyenlete:

$$ZHR = \frac{2 \cdot ZHR_{\max} \cdot w}{\pi \cdot [(w)^2 + 4 \cdot (SL - SL_{\max})^2]}$$

és ebből van szükségünk háromra, amelyek összege írja le a teljes ZHR-profilt.

Az egyenletben szereplő konstansok értékei (a maximum időpontját SL helyett UT-ben megadva):

$$\begin{aligned}ZHR_{\max 1} &= 248 \pm 9 \\w_1 &= 0,630 \pm 0,029 \\ \text{Maximum: nov. 17,120} &\pm 0,008 \text{ UT}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ZHR_{\max 2} &= 36 \pm 6 \\w_2 &= 0,267 \pm 0,053 \\ \text{Maximum: nov. 17,850} &\pm 0,018 \text{ UT}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}ZHR_{\max 3} &= 17 \pm 10 \\w_3 &= 0,403 \pm 0,313 \\ \text{Maximum: nov. 18,75} &\pm 0,12 \text{ UT}\end{aligned}$$

A második mellékmaximumot a Leonidák „normális”, évi jelentkezésű komponense okozta. A $ZHR=40$ jelentkezés, a hibahatárt is figyelembevéve megegyezik a $ZHR=40$ korábbi értékkel, ez tehát semmi különlegeset nem jelent. Időpontja november 17-én 20,4 UT óra. Az évi maximumra ráakódott még a kitörés leszálló ága, ez okozza, hogy a második maximum leszálló ága nagyon meredek: a meteoraktivitás hirtelen, drámai visszaesését nyugat-magyarországi megfigyelők (Hegyhát-sál, Zalaegerszeg) tapasztalták is. Nov. 17-én 22 UT-kor még $ZHR=127$ (több, mint a Perseidáké) volt a maximum, de két óra múlva, nov. 18-án, 0,2 UT-kor a ZHR 65%-kal kisebb volt, már csak 45 értéket vett fel (kisebb, mint az Éta Aquaridáké)! Az aktivitás negyedóránként közel 8%-kal csökkent, ami igen éles változás.

Az első maximum volt a kitörés, ami $ZHR=248\pm 9$ értékkel következett be november 17-én 2,88 óra UT-kor; ez megegyezik Rainer Arlt eredményével. Magyarországi megfigyelők (Tata) ekkor 3,6 óra alatt közel 2300 meteort láttak (Meteor 1998/12.), ami a várakozásoknak megfelelő. A harmadik maximum oka előttem még ismeretlen. Ez mindössze 17 db/óra nagyságú aktivitást produkált maximumakor, november 18-án, 18,0 óra UT-kor.

Maga a teljes ZHR -profil a három maximumhoz tartozó Lorentz-profil összegével nagyon jól közelíthető, amint ezt az 1. ábrára berajzolt folytonos vonal is mutatja. A Leonidák esetében is sikertült tehát matematikailag leírni a ZHR időbeli változásait, bár az eredmények ellentétben állnak a Jenniskens-törvénnyel, amely egyszerű exponenciális függvényként írja le a ZHR -profilját. (A Jenniskens-törvényt azonban nem lehetett alkalmazni a Leonidák 1998-as ZHR -profiljára.)

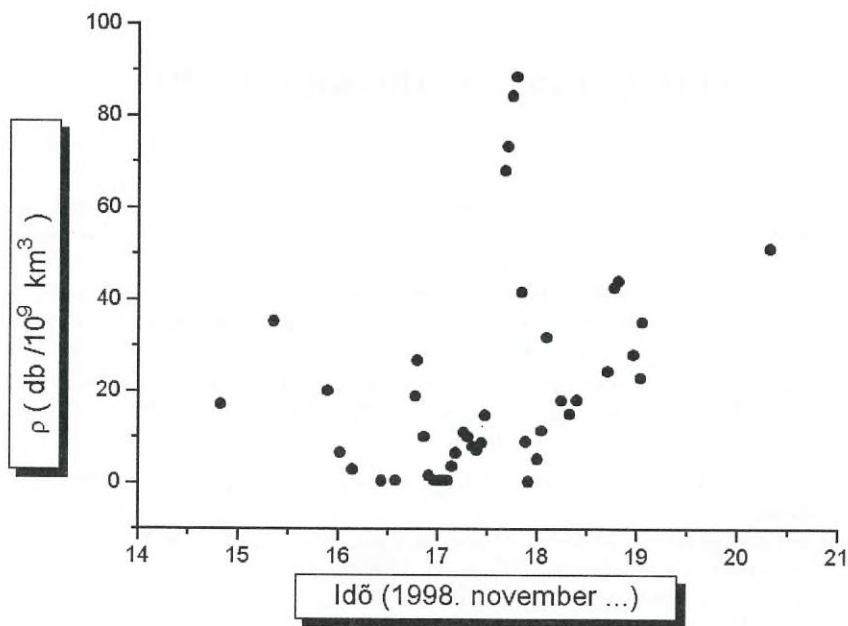
Előrejelzés kontra megfigyelés

Az évi maximumra vonatkozó maximum-előrejelzés jó, a kitörés időpontjára tett becslés nem. A kitörés várt időpontja nov. 17. 19,7 UT volt, ehelyett nov. 17-én 2,88 UT-kor következett be, vagyis az előrejelzettnél 16,8 órával korábban. Ilyen nagyságrendű eltérésre az 1960-as években már volt példa (Meteor, 1995/11., 32–34. o.).

Hány meteor érte a HST-t?

Tegyük fel, hogy a HST 2,4 méter átmérőjű tükrevel pontosan szembe fordul a rajjal. Maximálisan 22,54 db meteor érte óránként és 1000 négyzetkilométerenként. Mivel a tükör felülete eszerint $4,5 \cdot 10^{-6} \text{ km}^2$, következik, hogy egy óra alatt a tükröt $1,019 \cdot 10^{-4}$ db meteor érthette. (Természetesen a Hubble Űrteleszkóp irányítói e lehetőségre gondolva megtették a szükséges óvintézkedéseket.)

Annak kockázata, hogy egy amerikai polgár síbalesetben hal meg, nagyon kicsi, bár minden negyvenzredik síelővel előfordul. Ugyanakkor a síbaleset esélyének négyyszerese volt a HST-re leselkedő veszély! Az amerikai törvények tízezred résznél nagyobb veszélyre már fel kell hívni a figyelmet, amit a csillagászok meg is tettek.



3. ábra. A Leonidák térbeli sűrűsége az idő függvényében

Mi várható 1999-ben?

A Hold 1999. 11. 18-án kilenc napos lesz (első negyed utáni), így — elméletben — a maximum látható, különösképp, mert az előrejelzés 1999. november 18-án, 2 UT-re szól. 1999-re egyébként a VIII-as, VII-es, VI-os és a XI-es csoport visszatérését várják:

Csoport	Perihélium	Δ
VIII	1999. 01. 15,5 UT	510 000 km
VII	1999. 03. 15,6 UT	450 000 km
VI	1999. 03. 18,8 UT	405 000 km
XI	1999. 10. 27,3 UT	1 170 000 km

(Δ : a legkisebb földtávolság 1999-ben).

A maximum 0,7–1,5 óra alatt lezajlik, a fényességeloszlás -12 -től $+10$ magnitúdóig terjed. A legjobb láthatóság Európából és Észak-Afrikából lesz (lásd Tuboly Vince honlapját: <http://www.kiskapu.hu/users/tuboly>).

Persze, ezeket az előrejelzéseket a már említett, szokásos bizonytalanságokkal kell kezelni...

CSIZMADIA SZILÁRD