

A Quadrantidák

Az újszpendő első napjaiban (január 3/4-én) következik be az év leggazdagabb meteorrajának maximuma, amelynek ZHR értéke 120 körül van és a decemberi Geminidák ZHR értékével vetekszik, továbbá meghaladja az augusztusi Perseidák óránkénti számát. Sajnos a raj vizuálisan alulészelt, ami több okra is visszavezethető. Az elsődleges ok nyilvánvalóan az, hogy a raj jelentkezésének idején az északi féltéken tél van, így a hideg időjárás sokakat elriaszt a raj tanulmányozásától. A másik tényező az, hogy a maximum igen gyors lefolyású, így a nem megfelelő földrajzi hosszúságokon észlelő megfigyelők nem látják a maximumot, továbbá a rajtagok többnyire halványak, így igen kedvező körülmények szükségesek a megfigyelésekhez. Derült időjárás esetén zavarhat a kedvezőtlen holdfázis, mivel égi kísérőnk fénye letörli a halvány rajtagok többségét.

A raj nevét a Fali Kvadráns (Quadrans Muralis) csillagképről kapta, amelyet a nagy francia csillagász, Joseph Jérôme de Lalande 1795-ben alkotott meg az Ökörhajcsár és Sárkány konstellációk között, és számos XIX. századi csillagatlásban szerepel. A csillagkép annak a műszernek a tiszteletére született, amelyet ő és unokatestvére Michel Lefrançois de Lalande (1766-1839) a csillagok helyzetének meghatározására használtak. Jean Fortin Atlas Céleste-ének 1795-ös kiadásában Le Mural néven szerepel, Johann Elert Bode híres, 1801-ben megjelent Uranographiájában már Quadrans Muralis néven fedezhetjük fel. A raj radiánsa a mai csillagtérképeken a Hercules, Bootes és a Draco csillagképek találkozásánál van.

A Quadrantidák első dokumentált észlelését Antonio Brucalassi (Olaszország) végezte 1825. január 2-án, amikor feltűnt neki az ezen az éjszakán jelentkező sok



A Quadrans Muralis csillagkép Bode 1801-ben megjelent Uranographiájában

hullócsillag. Az 1830-as években három különböző észlelésről van tudomásunk. E. Reynier (Svájc) 1838. január 2-án hajnalban váratlanul sok meteort látott, három évvel később, 1835-ben ugyanezen a hajnalon Louis Francois Wartmann (Svájc) szintén sok hullócsillagot figyelt meg. Wartmann ismerte Reynier észleléseit, azonban nem merült fel a raj esetleges éves visszatérése. A. Bravais Norvégiában 1839. január 2/3-án az északi fény észlelése közben figyelt fel a meteorok nagy számára.

A következtetésre, miszerint évente visszatérő rajról van szó Edward C. Herrick (New Haven, Connecticut) és Adolphe Quetelet (Brüsszel, Belgium) jött rá egymástól függetlenül 1838-ban, illetve 1839-ben. Az újonnan felfedezett meteorrajt azonban kevésbé észlelték a következő években. F. Duprez (Belgium) 1840. január 2/3-án helyi idő szerint 4 órától 6 óráig észlelt, és az első órában 27, a másodikban pedig 23 meteort látott, amely során feltűnt a meteorok kifejezett párhuzamossága, amelyből közös eredetre következtetett. Duprez olykor egy időben két meteort is látott ugyanazon kiindulási

pontból. Egészen 1863-ig nagyon keveset lehetett tudni a meteorrajról, azon kívül, hogy nagy számban jelentkeznek január első napjaiban. Stillman Masterman (Weld, USA) 1863. január 2-án hajnalban nyolc nagyon fényes meteort észlelt a nagy hideg és a holdfény ellenére a hajnali órákban, és meghatározta a radiáns helyzetét, amely szerinte: $\alpha = 238,0^\circ$, $\delta = +46,4^\circ$.

R. P. Greg (Prestwiche, Anglia) 1864. január 2-án este 10 órától hajnali 1 óráig 50 meteort látott az égbolton. Véleménye szerint az egyik radiáns az Ökörhajcsár csillagkép északi részén volt. Alexander Stewart Herschel (Hawkhurst, Anglia) este 10-től éjfélig szintén 50 meteort észlelt, amely szerint egy nagyon határozott radiáns van a Quadrans Muralis csillagképben. Greg az általa, valamint Herschel és mások által berajzolt pályák alapján meghatározta a radiáns helyzetét ($\alpha = 234,0^\circ$ és $\delta = +50,9^\circ$).

Daniel Kirkwood volt az első, aki részletesen elemezte a rajt. Szerinte az észlelésekből nem állapítható meg a csomópont vándorlása, így azzal a feltételezéssel élt, hogy ez megegyezik a Leonidák (november 14.) csomópontjának vándorlásával. Ebből arra a következtetésre jutott, hogy a Kr.u. 848. december 2-án észlelt meteorzápor is ettől a rajtól eredhet, csak a csomópont mozgása január 2-ára tolta a meteorraj maximumát. Az 1825-ös, 1835–1840, valamint az 1862–1865 közötti jelentkezésekből Kirkwood egy 13 éves periodicitást állapított meg, és szerinte a raj aphélium-távolsága 10,06 Csillagászati Egység. E. Weiss kimutatta, hogy a C/1860 U1 üstökös felszálló csomópontja nagyon közel van ahhoz a ponthoz, ahol a Föld keringése során január 3-án elhalad, így arra következtetett, hogy ez a kométa lehet a raj forrása, annak ellenére, hogy az üstököspálya helyzete nagyon bizonytalanul volt csak meghatározható, mivel három napi észlelésből álló ívből számolták ki.

T. W. Backhouse 1859 és 1883 közötti saját észleléseiből azt kapta, hogy a meteorzápor $280,1^\circ$ SL-nél kezdődik, $281,9^\circ$ SL-nél éri el

maximumát és $283,9^\circ$ SL-nél véget ér. A csúcsközei ZHR-t 51-nek adta meg, amely időpontban a radiáns $\alpha = 233^\circ$ és $\delta = +49^\circ$ koordinátájú pozícióban tartózkodik.

W. E. Besley a raj 1835 és 1897 közötti jelentkezéseit tanulmányozva kimutatta, hogy a meteorok száma évről évre változik, a legalacsonyabb jelentkezési ráta 4, míg a legmagasabb elérte a 60-as óránkénti darabszámot. Szerinte a 13 éves periodicitásnak az alátámasztására szolgáló bizonyítékok nem kielégítőek.

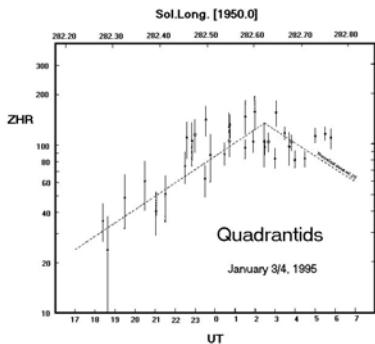
1909. január 2-án P. M. Ryves (Spanyolország) igen magas aktivitást tapasztalt, helyi idő szerint hajnali 4:50 és 6:00 között 210 meteort észlelt, amelyből 3 fényesebb volt a Vénusznál. Ryves hozzátette, hogy ilyen erős aktivitást a Perseidáknál soha nem látott.

W. J. Fischer a Harvard College Observatory (Massachusetts, USA) munkatársa egy átfogó listát készített a Quadrantidák 1835 és 1927 közötti jelentkezéseiről. A legmagasabb óránkénti meteorok száma 1864-ben (60), 1879-ben (>42), 1897-ben (64), 1909-ben (180) és 1922-ben (50) voltak, amiből egy 14,6 éves átlagos ciklust határozott meg.

1929. január 2/3-án a Harvard College Observatory rendszeres észlelési programja során 3 meteort fotózott le négy 8x10 hüvelykes fotólemeze. Valószínűleg ezek voltak az elsőként valaha lefényképezett quadrantidák. Fischer és M. Olsted alaposan megvizsgálták a meteorok nyomait, amelynek során kiderült, hogy két meteor nyoma olyannyira párhuzamos, hogy nehezen lehetett a metszéspontjukat meghatározni. Szerencsére a harmadik quadrantida nyoma szépen metszette a másik kettőt, így meg tudták adni a radiáns pozícióját. ($\alpha = 231,8^\circ$ és $\delta = +48,3^\circ$).

A Quadrantidák első radarviszhang-észleléseit a Jodrell Bank Kísérleti Állomás (Lower Withington, Cheshire, Anglia) munkatársai végezték. Az eredményeket G. S. Hawkins és M. Almond elemezte 1952-ben. Megjegyzendő, hogy 1947 és 1951 között minden évben detektálták a

meteorraj aktivitását. Számításaik szerint a súlyozott közepes radiánspozíció $\alpha = 231,2^\circ$ és $\delta = +9,0^\circ$, míg a radiáns átmérője 4 és 12 fok.



A Quadrantidák rövid ideig tartó 1995-ös maximumának ZHR profilja a Holland Meteoros Társaság észlelőinek megfigyelései alapján

J. P. M. Prentice 122 db 1864 és 1953 között végzett vizuális észlelést tanulmányozott, s megállapította, hogy a Quadrantidák normális ZHR értéke 45 körüli, számuk az egyes években jelentősen fluktuál, vannak évek, amelyeket magas értékek jellemeznek. Ilyen visszatérések voltak 1909-ben (ZHR=202), 1922-ben (79), míg rendkívül alacsony aktivitást mutattak 1901-ben (ZHR=17) és 1927-ben (20). Vizsgálatai alapján a maximumkor a Nap ekliptikai hosszúsága 282,9 fok, de érdemes még egyszer kihangsúlyozni, hogy ezek csak a vizuális észleléseket reprezentálják.

A korábban említett Jodrell Bank-i radar-észlelések a maximum közepes idejét olyan időpontra teszik, amikor a Föld heliocentrikus hosszúsága 282,5°. A különbség a vizuális és a radarvisszhang-mérések alapján meghatározott maximum-időpontok között a Poynting-Robertson hatás miatt létrejött diszperzióra vezethető vissza. Ennek alapján a kisebb tömegű részecskékre a napszél nagyobb fékezőerőt fejt ki, mint a nagyobb tömegű meteoroidtestekre, amelynek hatására a meteoroidok pályaperdületi különböző mértékben csökkennek, és a Nap felé tartó spirális

pályájuk is más lesz. K. B. Hindley (1971) szerint a szóródási tényező 68 perc magnitúdónként, így a radarral észlelhető maximum 6,3 órával a vizuális maximum előtt következik be.

Hindley 1972-ben egyéb részleteket is feltárt a Quadrantidákkal kapcsolatban a Brit Csillagászati Egyesület tagjainak 1965 és 1971 között végzett észlelései alapján. A maximumérték felénél magasabb aktivitás mindössze csak 16 óráig tart, továbbá 1971-ben számítógépes vizsgálatoknak vetette alá a teleszkopikus Quadrantida-észleléseket is, amelyből az látszott, hogy a normális radiánsátmérő 8 fokos, amely a maximum idején kevesebb, mint egy fok átmérőjűre zsugorodik, amely azt jelzi, hogy az áramlat egy diffúz és egy kompakt összetevőből áll.

Fotografikus és radarvisszhang adatok vizsgálata szerint a közepes radiáns az $\alpha = 229,5^\circ$ és $\delta = +49,4^\circ$ koordinátákon van. 1953-ban G. E. D. Alcock és Prentice rámutatott arra, hogy a Quadrantidák radiánsát mindig nehéz meghatározni. 1952-ben szimultán észlelésekből január 3-án 13 aktív radiánst észleltek, ami a terület komplexitását mutatja.

Egyéb tanulmányok kimutatták, hogy a terület még bonyolultabb, mivel ugyanazon radiáns nem szükségszerűen aktív minden évben. A legkorábbi erre vonatkozó említés 1918-ból származik, amikor W. F. Denning és F. Wilson meglepődve tapasztalták, hogy 1918 januárjában az aktív főradiáns a normális radiánstól nyolc fokkal északra helyezkedett el. Megjegyezték, hogy egy még északabbra lévő radiáns is gyanítható volt 1916 és 1917-ben, azonban az adatok erre vonatkozóan hiányosak. Az 1918-as radiáns helyzetét egymástól függetlenül angliai észlelők is megerősítették. Az aktív kisugárzási pontok évről évre történő változását valószínűleg a Jupiter rajra kifejtett perturbációs hatása okozza.

Egyébként a Jupiter nagy szerepet játszik a Quadrantidák történetében, a raj XIX. század eleji megjelenésében, valamint az időnkénti szabálytalan viselkedését is a

bolygó hatásának tulajdonítják. A perturbációk hatása a felszálló csomó lassú hátrálásában nyilvánul meg, amely 1958 és 1972 közötti négy tanulmány átlagértékét alapul véve $0,47^\circ/\text{évszázad}$ értéknek adódik.

S. E. Hamid és M. N. Youssef 1963-ban publikálták az első tanulmányt, amely a gázóriás rajra kifejtett hosszú távú gravitációs hatását vizsgálta. Hat 1954-ben szimultán fényképezett meteorra alkalmazták a Jupiter szekuláris (évszázados) perturbációját 5000 évre visszamenően. Megállapították, hogy a jelenlegi 72 fokos inklináció és 1 CSE perihéliumtávolság 1500 éve 13 fok, illetőleg $0,1$ CSE volt. 4000 esztendővel ezelőtt a két pályaelem értéke igen közel volt a mai értékekhez, az inklináció 76 fok, a perihéliumtávolság pedig 1 CSE. Annak kiderítésére, hogy a meteorraj miért áll legalább két részből, a szerzők megvizsgálták a raj Jupitertől való távolságának változását is. A mai $0,3$ CSE jupitertávolság 1500 évvel ezelőtt volt a legnagyobb, 4000 éve pedig csak $0,2$ CSE volt. A szerzők azt feltételezték, hogy a raj szülőüstökösét a bolygó 4000 évvel ezelőtt befogta és röviddel ezután jelentkeztek a meteorok a pálya mentén. Mivel nem kerültek többé közel az óriásbolygóhoz, a raj kompakt maradt.

1963-ban Hamid és Whipple azt javasolták, hogy a Quadrantidák és a Delta Aquaridák közös eredetűek, mert 1300–1400 évvel ezelőtt a pályásíkjaik és perihélium-távolságaik nagyon hasonlóak voltak. A közös eredetet valószínűsítheti, hogy a két rajhoz tartozó meteorok fényességmenetükből következő fizikai jellemzői hasonlóak.

I. P. Williams, C. D. Murray és D. W. Hughes (1979) lényegében megismételték a Hamid-Youssef modellezést. Ennek eredménye alapvetően megerősítette a korábbi megállapításokat egészen 1500 évvel ezelőttig, de azt találták, hogy a mai inklinációs érték és perihéliumtávolság csak 3000 éve volt azonos értékű. A szerzők szerint a szülőüstökös valószínűleg

két szétesésen ment keresztül 1300, illetve 1690 évvel ezelőtt. Ebben az 1979-es tanulmányban a Quadrantidák jövőjét is megvizsgálták. A szerzők szerint az inklináció 72 fok körül marad, azonban a perihéliumtávolság az idő előrehaladtával meghaladja az 1 CSE értéket, és a Föld 2400 után már nem fog találkozni a rajjal.

Peter Jenniskens és munkatársai (1997) szerint a Quadrantidák sokkal fiatalabban. A Holland Meteoros Társaság (Dutch Meteor Society) 35 szimultán fotografikus és 29 szimultán videometeoros adataiból pontosan meghatározták a quadrantidák pályáit. Az egyik meglepő eredmény a raj szerkezete volt. Korábbi eredmények a fél nagytengelyek nagy szóródását mutatták, de ezen friss eredmény kis szóródást mutatott. A legtöbb pálya a 2:1 és 2:3-as rezonanciák között mutatkozott a $a = 2,62$ és $a = 3,49$ értéknél.

Megállapításaik szerint a fotografikus adatok azt mutatták, hogy a pályák $71,2$ fok és $72,8$ fok körül csoportosultak. Amikor a legjobban meghatározott pályákat átlagolták, azt tapasztalták, hogy a $72,8$ fokos inklinációjú pályák a 2:3 rezonanciánál, a $71,9$ fokos pályák a 3:5-ös, a $71,4$ fokos pályák pedig a 2:1-es rezonanciánál vannak. Végül egy másik igen érdekes felfedezés a meteorok tömege és a radiáns helyzete közötti szisztematikus eltérés volt. A halványabb videometeorok radiánsai $0,5$ fokkal magasabb rektaszcenzióánál, és $0,4$ fokkal alacsonyabb deklinációánál vannak, mint a fényesebb fotografikus meteorok radiánsai. Jenniskens és munkatársai arra következtettek, hogy a fő csúcs egy kitörési komponens reprezentál, míg a háttérkomponens a hagyományos éves áramlatnak felel meg. Ezen észlelések nincsenek összhangban azokkal a modellekkel, amelyek szerint a kitörési poranyag több mint 500 évvel ezelőtt löködött ki a szülőobjektumból, így a korábban felmerült 96P/Machholz-üstököst kizárták, mint szülőégitestet. Megállapításaik szerint erre egy nagy inklinációjú pályán keringő aszteroidaszerű égitest az esélyes.

Évekig nem ismerték a Quadrantidák szülőégitestét. A Delta Aquaridákkal feltételezhető kapcsolat azt jelezte, hogy a szülőobjektum már nem létezett, vagy pedig a Jupiter egy különböző pályára kényszerítette, perturbálta. Az első feltételezett összefüggés a Quadrantidák és egy másik égitest között 1919-ből származik, amikor K. D. Pokrovsky és P. G. Shaine megállapítása szerint a 1860 I (C/1860 D1) Lias-üstökös radiánsa és a raj radiánsa nagyon közel vannak egymáshoz, habár elismerték, hogy az üstökös pályájából előre jelzett meteoraktivitás egy hónappal eltért a Quadrantidák észlelt maximumától.

I. Hasegawa 1979-ben 38 üstökösre új pályát számolt, és ezek szerint úgy tűnt, hogy valószínűleg a 1491 I (C/1490 Y1) üstökös a Quadrantidák szülőüstököse.

P. B. Babadzhanov és Y. V. Obruchov (1987) a Quadrantidák hosszú távú mozgását elemezte, és azt a következtetést vonta le, hogy nyolc elméleti meteoráramlat kapcsolható a rajhoz. Hat ezek közül ismert, úgymint: Quadrantidák, Ursidák, Északi Delta Aquaridák, Déli Delta Aquaridák, Nappali Arietidák, és Alfa Cetidák.

B. A. McIntosh (1990) egy újabb potenciális üstököst hozott kapcsolatba a Quadrantidákkal, a 96P/Machholz kométát. Észrevette, hogy az üstökös hosszú távú mozgása hasonló a Hamid és Youssef által korábban a Quadrantidákra számoltakkal. McIntosh továbbá megemlítette, hogy az üstökös perihéliumának hossza nagyon közel áll a Babadzhanov és Obruchov által említett meteorrajokéhoz, kiemelve, hogy a Delta Aquaridák és a Nappali Arietidák hasonló pályafejlődésen mentek keresztül. Szerinte a C/1490 Y1 is valószínűleg a Jupiter által kontrollált komplexumhoz tartozik. McIntosh szerint a 96P/Machholz nem feltétlenül a szülőégitest, de a Quadrantidákkal egyetemben tagjai egy nagyobb interplanetáris családnak.

Williams és S. J. Collander-Brown (1998) egy másik kapcsolatot is javasoltak. Észrevették, hogy az (5496) 1973 NA

kisbolygó inklinációja, perihélium-távolsága, excentricitása és pályájának fejlődése nagyon hasonló a Quadrantidákéhoz. A két kutató szerint a 96P/Machholz, a C/1490 Y1 és az (5496) 1973 NA aszteroida egyazon üstökös fragmentumai és egy másik (akkor még ismeretlen) töredék lehet a Quadrantidák szülőobjektuma.

2003. március 6-án a Lowell Observatory Near-Earth Object Search (LONEOS) teleszkópjával felfedezték a (196256) 2003 EH1 kisbolygót. Peter Jenniskens szerint a kisbolygó a legvalószínűbb jelölt a Quadrantidák szülőégitestének. Szerinte a jelenlegi elméleti radiáns és a maximum ideje a fotografikusan meghatározottakkal megegyez.

A kisbolygó pályája jól egyezik a Quadrantidák pályájával, a csomó és a perihéliumtávolság kis eltérése az 500 évvel ezelőtt kidobódott poranyag és az időnként aktív üstökös eltérő pályafejlődéséből fakad. A meteoráramlat nagy tömege ($\approx 10^{13}$ kg) akkor magyarázható meg, ha egy felbomlás során keletkezett. Az 1490/1491-ben a Távols-Keleten megfigyelt, és I. Hasegawa által már említett C/1490 Y1 üstökös pontosan ebbe az időablakba esik. A 2003 EH1 és a C/1490 Y1 azonosságának bizonyítása igen nehéz a nem gravitációs erők és a földközelségek gravitációs zavaró hatása miatt, így valószínűleg a jövő is tartogat még számos meglepetést eme roppant izgalmas meteorrajjal kapcsolatban.

Presits Péter

Források

Gary W. Kronk: Meteor Showers: An Annotated Catalog Second Edition

P. Jenniskens: 2003 EH1 is the Quadrantid Shower Parent Comet: The Astronomical Journal, 127:3018-3022, 2004 May

<http://www.ianridpath.com/startales/quadrans.htm>