



# Változócsillagok

## Mira, a ' Tzethal' Tsudása

### Kezdeti megfigyelések

A változócsillagok (az üstökösökkel együtt) igen nagy szerepet játszottak az arisztotelészi világkép megdöntésében. Amikor Tycho Brahe (1546–1601) 1572-ben észrevett egy új csillagot, mérései meggyőzték arról, hogy az mindenképpen a Hold felett található, azaz az égben. Viszont Arisztotelész filozófiája szerint az ég változhatatlan. Egy új objektum megjelenése az égen ezt a felfogást igen nehéz helyzetbe hozta.

Ráadásul rövid időn belül több ilyen „új” csillagot is felfedeztek. 1600-ban a Cygnusban láttak egyet (Willem Janszoon Blaeu (1571–1638), holland térképész, ez volt a P Cygni), 1604-ben Kepler (1571–1630) az Ophiuchusban vett észre egy másikat (V843 Ophiuchi), majd 1670-ben Voituret Anthelme (ca. 1618–1683) francia karthauzi szerzetes ismét az akkori Cygnusban (mai neve CK Vulpeculae) fedezett fel egy addig ott nem látott objektumot.

Az eddig felsorolt „új csillagok” mind nóvák/szupernóvák voltak. Azonban volt még egy objektum, melyet 1596-ban láttak először (az, hogy felfedezték-e ekkor, erősen kétséges, de erről majd később). Ez az „új csillag” a *Mira Ceti*.

A csillagászat-történet legendái szerint felfedezője David Fabricius (1564–1617) volt. Az eseményről így írt Fabricius Tycho Brahenak a szóban forgó évben:

*„A fenti évben augusztus 3-án reggel a Jupitert készítettem megfigyelni, távolságát megmérni a nevezetesebb szomszédos csillagoktól (melyek a nyári légkör és a hajnalpír miatt ... alig látszóttak), amikor délen, a Cet csillagképben egy szokatlan, és azelőtt e helyen e magnitudoval nem látott csillagot vettem észre, melyet pozíciója és megjelenése miatt üstökösnek gyanítottam. Ezután megnéztem az éggömbömet, átnéztem a Porosz táblázatokat, vajon esetleg ilyen fényes csillag van-e benne, de semmit se találtam, ami a pozícióhoz és a látott nagysághoz többé-kevésbé illett volna.”*

Ez a levél csak a múlt században jelent meg, a kortársak Kepler műveiből (Ad Vitellionem paralipomena és De stella nova) szereztek tudomást az új objektumról. Bár Fabricius, mint írja, először üstökösre gyanakodott, hamar kiderült, hogy az nem lehet. Elkönyvelték hát „új csillagnak” az 1572-es Tycho-féle új csillag mintájára, és lassan feledésbe merült a dolog. Nem is hitte el mindenki a létezését. Giovanni Battista Riccioli (1598–1671) jezsuita szerzetes kiváló *Almagestum novum* c. munkájában, ahol az addig ismert, ill. feltételezett új csillagokat felsorolja, Fabricius objektumát a kétségesek közé teszi.

Miért nem egyértelmű Fabricius felfedezősege? A kortársak nemigen vettek tudomást róla (l. előbb), Wilhelm Schickard (1592–1635) német csillagász lehetett az egyetlen, aki Fabricius (helyesebben Kepler) közlése alapján végzett „megfigyeléseket”. 1638-ban aztán Johannes Phocylides Holwarda (1618–1651), a franekeri egyetem tanára ismét felfedezett egy „új csillagot” a Cetben. Bár tudott Fabricius csilla-

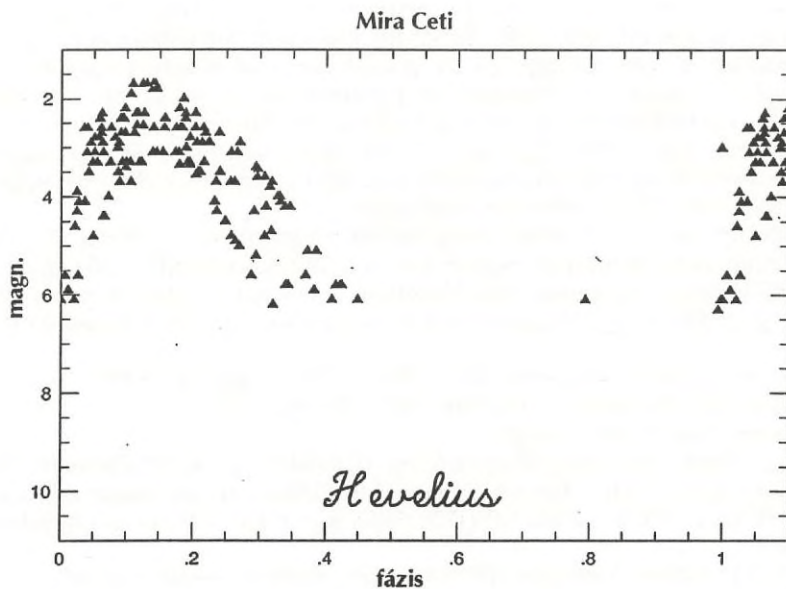
gáról, azt különbözőnek tartotta sajátjától! Riccioli szintén két különböző objektumnak tartotta őket: Fabricius csillaga a 11., Holwardaé pedig a 17. a listáján. A későbbiekben Flamsteed nem is említi Fabriciust, és még a 19. század közepén is Argelander Holwardát adja meg felfedezőnek. Ebben az esetben ugyanaz a probléma, mint 1885-ben volt az S Andromedaenél: aki először észrevette a jelenséget, nem tudta, mit lát. A felfedezés „dicsősége” viszont azé, aki rájött arra, hogy valami különlegeset lát (az S And esetében ez Hartwig volt, a Miránál pedig Holwarda).

Holwarda felfedezése nemcsak a csillag megpillantásából állt. Bár már felvetették annak a lehetőségét, hogy az „új csillagok” periodikusan megjelennek majd eltűnnek (Cyprianus Leoviticus, 1524–1574), ez volt az első alkalom, hogy bizonyíthatóan ugyanaz a csillag jelent meg eltűnése után.

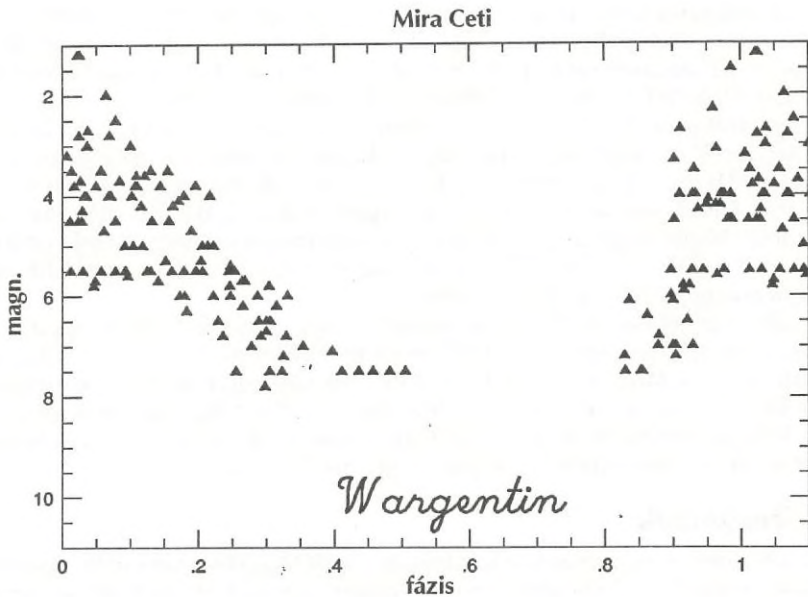
Ezek után már többen észlelték (az észlelés itt nem ugyanazt jelenti, mint ma) a csillagot. Johannes Hevelius (1611–1687) nevezte el *Mirának*, és ő volt az, aki végül észrevette, hogy a Mira mily közel van Fabricius nővájához és Bayer o Cetijéhez. Néhány évvel később Ismael Bullialdus (Boulliaud, 1605–1694), Holwarda megfigyeléseit is felhasználva rájött, hogy a csillagnak 333 napos periódusa van, és a csillagászati történetében először meg tudott jósolni egy maximumot.

## Korai fénygörbék

Az első 300 évben a magnitúdóskála sok kívánnivalót hagyott maga után. Gyakorlatilag minden észlelő más skálát használt (a sajátját), így az észlelések összehasonlítása nem különösebben értelmes feladat. Mivel azonban a Mira amplitúdója hatalmas, esetünkben az ilyen különbségek nem számítanak.



1. ábra. Hevelius Mira észlelései



2. ábra. Wargentín Mira észlelései

Komolyabb gondot okozott viszont a halvány magnitúdók hiánya. A magnitúdó-skálát (is) a görögöktől örököltük, ők pedig távcsövek hiányában csak szabad szemmel tudták az eget megfigyelni. A szabad szemmel látható csillagokat hat nagyságrendbe (magnitúdó) osztották, és gyakorlatilag azóta is ezt használjuk (persze kissé megváltoztatva). A 17–19. században is ezt használták, és továbbra is csak 1–6 magnitúdók léteztek. Így, bár volt már távcsövük, minimumokat nagyon sokáig nem észleltek, ez csak akkor kezdődött, amikor a *Bonner Durchmusterung* gal magnitúdóskálát kb.  $10^m$ -ig definiálta Argelander.

Illusztrációként az 1. és 2. ábrák fénygörbéket mutatnak. Az 1. ábrán Hevelius észlelései (Argelander redukciója) vannak fázis szerint felrajzolva ( $P = 330$  nap).

A ábrán jól látható, hogy minimumot Hevelius nem észlelt. Szintén jól észrevehető a Mira fénygörbéjének egy jellegzetes tulajdonsága: a maximumbeli fényesség nem állandó.

A 2. ábra Pehr Wilhelm Wargentín (1717–1783) svéd csillagász Mira észleléseit mutatja (Nordenmark redukciója). A periódus itt  $P = 332$  nap volt.

Minimum ebben az esetben se volt.

Senki se gondolja, hogy az észlelés ezekben az időkben ugyanazt jelentette, mint manapság. Az észlelésekhez használtak összehasonlítókat, de az eljárás elég elnagyolt volt. Például William Herschel (1738–1822) így írta le 1780-as megfigyeléseit (részletek):

„Sept. 19. A periodikus Csillag jelentősen fényesedett, majdnem egyenlő  $\delta$  Cetiivel.

Sept. 24. o Ceti megegyezik a  $\delta$ -val.

Sept. 30. o Ceti nem fényesedett érzékelhetően, még mindig olyan, mint a  $\delta$ .”

Itt a megfigyelésekben Herschel szünetet tartott, mivel érdektelennek tartotta a maximum észlelését!! Panaszkodott is, hogy nem számított arra, ami bekövetkezett:

Nov. 7. *A periodikus csillag alig éri el a  $\delta$  fényét.*

Nov. 24. *A periodikus csillag halványabb, mint volt, ahelyett, hogy fényesedett volna, mint vártam.*

Dec. 15. *o Ceti halványodott mióta láttam.*

Dec. 17. *o Ceti alig látható szabad szemmel, bár a  $\delta$  épp elég fényes.*

Dec. 23. *Nem találok a periodikus csillagot."*

A gyakorlat ez marad Argelander idejéig, aki majd ezt a módszert jelentősen tovább fejleszti.

## A Mira Magyarországon

Magyarországon a Mira felfedezésének kora nem volt a legkedvezőbb a csillagászat számára. Az „új csillagok” híre eljutott ide, amit a nagyszombati kalendárium is igazol. Az 1675-ös kiadásban olvashatjuk az alábbi részletet:

„Honnan veszik az »új csillagok« eredetüket? Válasz: Az »új csillagok« a Nap és más csillagok kipárolgásaiból és kiáramlásaiból származnak. Ezek a kiáramlások ugyanis, ahol összesűrűsödnek és a Nap megvilágítja őket, az »új csillagok« képében jelennek meg."

De száz évvel később már nyoma sincs a skolasztikusoknak. Molnár János (1728–1804) 1777-ben kiadott A' természetiekről, Nevvton tanítványinak nyomdoka szerint hat könyv című munkájában már tudja, hogy

„Az álló Tsillagok, úgy tetszik, mind azokkal a' tulajdonságokkal birnak, mellyekkel maga a' Nap; 's így (a' többi között) nem költsönözött, hanem magokból eredő világossággal tündöklenek." Ismeri az „új csillagokat", de a Mirát nem említi.

A helyzet változik néhány évtizeddel később. Katona Mihály (1764–1822) 1814-ben adta ki A' Föld mathematica leírása. A' világ' alkotmányával együtt című könyvét, melyből megtudhatjuk, hogy „Ezek felett balra tündöklenek különböző szembetűnő Tsillagok, a' Tzethalnak, vagy ennek a' Tengeri Tsudának Fején, a' mellyek közzül egy Menkár; a' mellytől alá felé esik egy nevezetes Tsillag a' Tzethal nyakán, a' melly változtatja Nagyságát, és nem mindenkor látható; innen Mira a' Neve." Itt még csak a csillagkép leírását adja meg, de később szóba kerülnek a változócsillagok: „Némelly álló Tsillagok, a' mellyek Tsudálatos vagy változó Tsillagoknak neveztetnek, bizonyos idő szakaszokban, bizonyos változást szenvednek az ő fényekben; úgy hogy most kissébb, majd nagyobb fényvel tündökölnek; néha egy ideig egészen-is eltűnnek. .... Illyen van három a' Hattyúban; egy a' Tzethal' nyakán, a' melly 11. Hónapok alatt, harmadik nagyságú Tsillagból egészen elenyészik egy ideig." A kor hivatásos csillagásza se tudtak lényegesen többet a Miráról ebben az időben.

A Tudománytár negyedik kötetében (1835) jelent meg Schedel (a későbbiekben Toldy) Ferencz (1805–1875) írása A' Világegyetem' alkotása, 's mathematicai mozgása címmel. Ebben megemlékezik csillagunkról is: „Omicron' csillaga, melly a' czethal' csillagképében helyezhetetik, tizenegy esztendő alatt csak tizenkétszer látható; 's akkor 14 napig teljes fényében; azon túl, valami három hónapig mind inkább és inkább fogy, míg végre tökéletesen elenyészik. öt hónapi köz után újra föltetszik, 's fénye újra öregbedik egész három hónapig." Schedel (a német eredeti nyomán) a változás okát fedésben adja meg.

Az 1860-as években megszapordtak az ismeretterjesztő művek. Hollósy Jusztinián (1819–1900) benedekrendi áldozár Népszerű csillagászat c. könyvét a Magyar Tudományos Akadémia a Magyar Hölgyek Díjával koszorúzta. Bizonyára megérdemelte, márcsak mondatai hosszúsága miatt is:

„Fabricius Dávid vala az első ki 1596-dik évben e tüneményt a Cethal O csillagán vevé észre; augusztus 13-dikán ő e csillagot harmad-nagyságúnak látta, de ugyanazon évi október hónapában már nem vala látható, 1639-ben Holwarda, franekeri tanár, fényhatályosságának változatait időszakiaknak találta; tudniillik a szóban forgó csillag, mely eme nevezetes sajátja miatt a Cethal Csodásának nevezetik, hatod nagyságúvá, vagyis szabad szemmel láthatóvá válván, fényhatályossága középleg mintegy 50 napig növekedik, mire azután fogyni kezd s 69 nap mulva ismét hatodnagyságúvá lesz, de fényhatályossága emez időn tul is még kisebbdedvén, miután legkisebb értékét eléré, ismét növekedni kezd, hogy ismét hatod nagyságúvá váljék; mind eme változaton a Cethal Csodása 331 nap- és 20 óra alatt megy keresztül; s középleg mintegy 4 hónapig, de valódilig némelykor 3-, némelykor 5 hónapig szabad szemmel látható; legnagyobb fényében néha mint másod-, néha csak mind negyed-nagyságu csillag látszik, s fényhatályosságának legkisebb voltában már 11-, vagy 12-ed nagyságúnak is mutatkozott, máskor meg távcsövel sem vala látható.”

Hollósy már a fényváltozás lehetséges okairól is ír. Egy kalap alá veszi a periodikus és az „új” csillagokat, és lényegében a csillagokban lezajló fizikai folyamatokban (de általa nem ismertekben) keresi az okot, bár nem tart elképzelhetetlennek külső hatásokat se, pl. sötét felhő a csillag és köztünk.

Egy évvel később egy újabb áldozár, a pécsmegyei Molnár József (1825–?) publikált egy könyvet *Népszerű csillagászat* címmel. A Miráról nagyon szűkszavúan nyilatkozik, éppen csak megemlíti létezését, de érdekes, amit a fényváltozás lehetséges okairól ír:

„Mi okozhatja a változékonyságot? nem tudhatjuk; s különféleképp értelmezhetjük. Vagy csak egyik oldala, vagy pedig még sokkal csekélyebb része világít a csillagnak, és ezen esetben a változás időszakát forgási ideje képezné; vagy pedig egy nagy bolygó kering körülötte, melynek pályája síkja épen köztünk és a csillag közt megy el, és amely azt e szerint átmenetekor nagyrészben vagy egészen eltakarhatja tőlünk; vagy pedig végre a csillag fölületén, v. fénykörében változások történnek, melyek nincsenek bizonyos időszakhoz kötve, mint péld. Napunk fénykörnyén a foltok.”

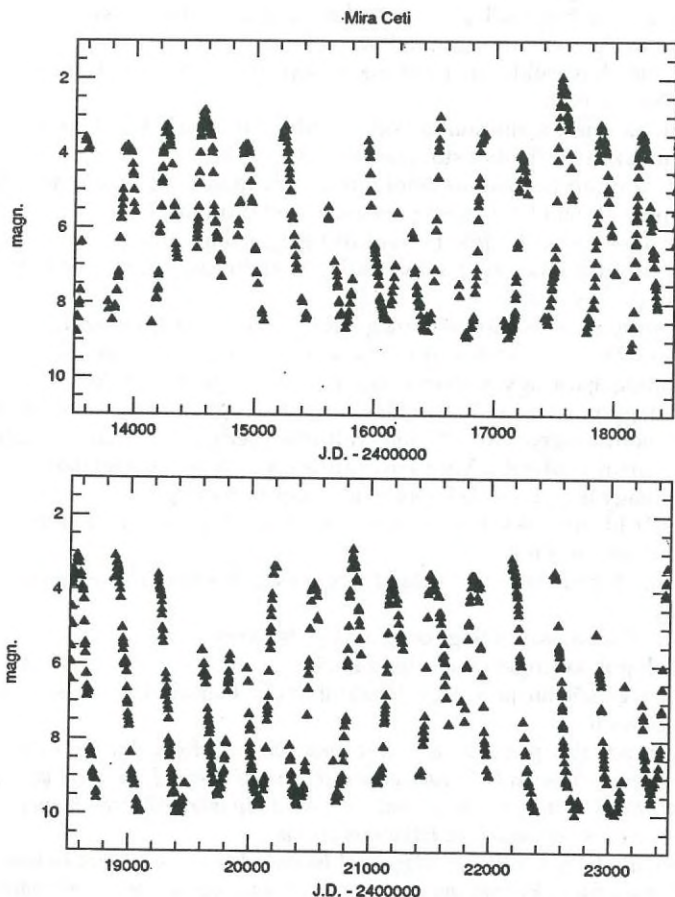
Császár Károly (1842–1891) *A csillagos ég* c. munkája az előzőekhez képest nem nyújt újat. Ő is beszámol a Mira felfedezéséről, és a fényváltozás lehetséges okairól.

Ebben az időben alapította Konkoly Thege Miklós (1842–1916) ógyallai obszervatóriumát, amivel megkezdődött a csillagászat legújabbkori történelme Magyarországon.

## A múlt század

A 18. század végén kezdődött a változócsillagászat első „aranykora”. Eleinte az angolok érdeklődtek irántuk komolyabban (Herschel, természetesen, de Edward Pigott (1753–1825) és John Goodricke (1764–1786) jelentősebb munkát végzett). A 19. század elején sok német csillagász is figyelt meg változócsillagokat. Az érdeklődés felkeltését jól szolgálta Johann Friedrich Wurm (1760–1833) hosszú cikke a *Miráról a Zeitschrift für Astronomie* c. folyóirat 1816. márciusi számában. Wurm ebben egy történeti összefoglaló után számba veszi az addigi észleléseket, meghatározza a csillag periódusát és vizsgálja annak változásait, majd a fényváltozás lehetséges okait is megemlíti. Ebből az időből sajnos kevés megfigyelés maradt fent, holott sokan (Heinrich Wilhelm Matthöus Olbers (1758–1840), Johann Elert Bode (1747–1826), Karl Ludwig Harding (1765–1834), Wurm, Johann Friedrich Westphal (1794–1831)) észleltek változókat. De, mint Argelander megjegyezte, „az asztalfiókban levő észlelések nem létező észlelések”.

A huszas évek után egy hosszabb szünet következett (meghaltak az észlelők), majd 1844-ben jelent meg Friedrich Wilhelm August Argelander (1799–1875) alapvető cikke Schumacher évkönyvében. Ebben (többek között) változócsillag-észlelésre szólítja fel fel az amatőröket, és megadja a később Argelander-módszernek nevezett megfigyelési eljárás alapjait is. A cikk tartalmaz egy változócsillag-katalógust, az addig ismert csillagok leírását, és megad összehasonlító csillagokat is.



3. ábra. Nijland Mira észlelései

Egyre többen kezdtek változócsillagokat (köztük a Mirát is) észlelni. A kor legjelentősebb csillagászati folyóirata, az *Astronomische Nachrichten* is rendszeresen közölt megfigyeléseket. A század végére pedig kialakult a csillagászok között egy csoport, mely elsősorban változókkal foglalkozott. Hosszú észlelési sorozatokat publikáltak, a 3. ábra egy ilyet mutat be. A. A. Nijland (1868–1936) gyakorlatilag évente publikál-

ta ezeket az észleléseket 1895 és 1923 között. Itt már szó sincs a minimumok hiányáról, amíg csak lehetett, Nijland észlelte a csillagot.

A század végén egyre elterjedtebbé vált a fényképezés csillagászati felhasználása. Ezzel megkezdődött a nagyüzemi csillagászat, ami azóta is tart.

## Régi Mira-magyarázatok

Tycho Brahe „új csillaga” komoly feladatot jelentett a skolasztikus filozófusoknak. Ha az „új csillag” valóban csillag, azaz a Holdon túl található, akkor az igen nehéz helyzetbe hozza az ég megváltoztathatatlanságának tételét.

Mi volt a reakció? Egy példát már láttunk a nagyszombati kalendáriumból, de még több más lehetőség is volt:

- Ami történt, az mind szublimáris volt. Minden, amit láttak, a légkör tisztátalanságából, a műszerek hibáiból stb. eredtek.
- Amit láttak, az mind Isten akaratából történt, így akár történhetett az égben is, ettől még a megváltoztathatatlanság nem szenved csorbát.
- Fel lehetett tételezni különféle bonyolult mozgásokat, amelyek eredményeképp már létező, de eddig még nem látott csillagok előbukkanhattak, vagy több csillag került igen közel egymáshoz.

Riccioli az *Almagestum novum*ban még több hasonló magyarázatot említ. John Flamsteed (1646–1719), az első Királyi Csillagász már egészen más véleményen volt. A napfoltok analógiájára úgy képzelte, hogy a Mira felszínének kétharmadát (mert különben csak nagyon rövid időre tűnne el a csillag) egy vastag kéreg borítja, ami a csillag fényét nem engedi át. A fényváltozás pedig a csillag tengely körüli forgásának eredménye. Mivel a Mira fényváltozása eléggé szabálytalan volt, ez lett a legnépszerűbb magyarázat a pulzációelmélet megszületéséig.

Argelander már idézett cikkében szintén részletesen foglalkozik a változás lehetséges okaival. Hármat sorol fel:

- A már idézett „foltmodell”. A csillag forog a tengelye körül, és a felszín nem egyformán fényes.
- Nagyon deformált alakú csillag forog a tengelye körül.
- Hatalmas bolygók keringenek a csillag körül.

Argelander a legelsőként tartja a legvalószínűbbnek. Herschel és mások vizsgálatai szerint (írja Argelander):

*„...a Nap egy egyenetlen felszínű sötét test, ami főleg az Egyenlítő környékén tele van hegyláncokkal, magas csúcsokkal. Fénylő atmoszféra veszi körül [...] a fénylő atmoszféra, mint a Földé, jelentősen el tud mozdulni, ami esetenként oly mértékű lehet, hogy a csúcsok alá kényszerül, amik aztán sötét foltokként láthatóvá válnak.*

*Ha most feltesszük, hogy a változócsillagoknál hasonló körülmények uralkodnak, azt is fel kell tételeznünk, hogy vannak olyan magas és kiterjedt magaslatok, melyek állandóan a fénylő atmoszféra fölé érnek. Ha most, a tengely körüli forgás miatt a csillag azt az oldalát fordítja felénk ahol ezek a magaslatok találhatóak teljes létszámban vagy csak nagy számban, és ahol így a sugárzó felszín jelentősen kisebb, mint a másik oldalon, halványabbnak fog látszódni, mintha azt az oldalát fordítaná felénk, ahol kevesebb magaslat van. Minden csillag fényváltozására könnyen találhatunk sötét foltok olyan elrendezését, amivel teljesen meg lehet magyarázni a fénygörbe tetszőleges fázisát...”*

A Mira fénygörbéje elég szabálytalan, de a hegyek és az atmoszféra mozgásával Argelander szerint mindent meg tudunk magyarázni.

Argelander a Mira periódusváltozását is vizsgálta. A fénygörbe alakjához hasonlóan a periódus is látszólag szabálytalan változásokat mutat. Argelander sokat küzdött, hogy egy képlettel megjósolhatóvá tegye a csillag maximumát:

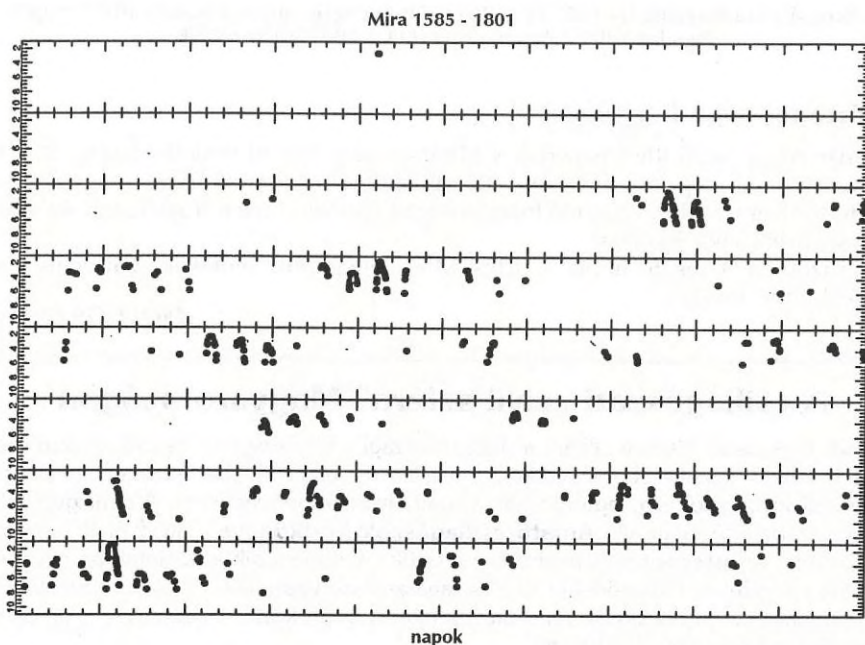
$$1751.\text{szept. } .9,76 + 331,3363^d E + 10,48^d \sin\left(\frac{360^\circ}{11} E + 86^\circ 23'\right) + \\ 18,16^d \sin\left(\frac{45^\circ}{11} E + 231^\circ 42'\right) + 33,90^d \sin\left(\frac{45^\circ}{22} E + 170^\circ 19'\right) + 65,31^d \sin\left(\frac{15^\circ}{11} E + 6^\circ 37'\right).$$

Ez a képlet sokáig használatban volt (bár nem működött), a század változócsillag-katalógusai rendszeresen idézték.

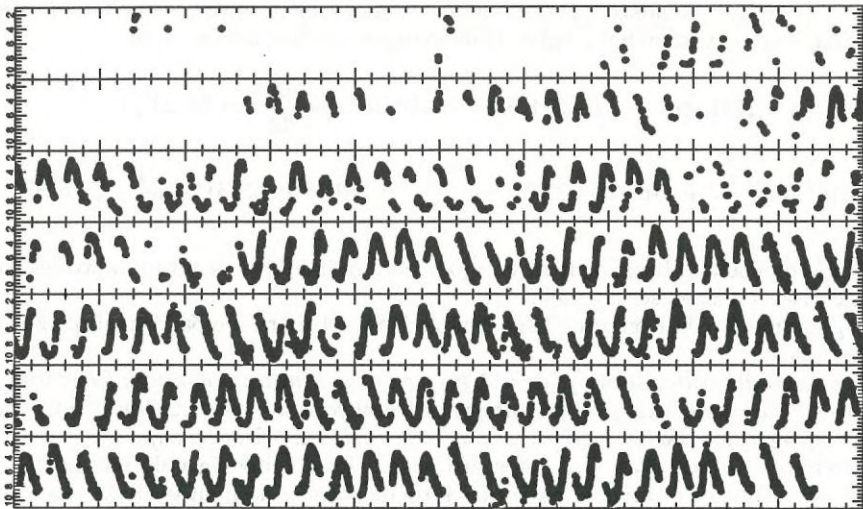
Megemlíthető még Konkoly Thege Miklós 1886. február 5-i előadása, ahol az alábbiakat írja:

*„... míg lassúbb változásoknál felvethető, hogy a csillag felületén óriási nagy foltok vannak, jobban mondva óriási sötét felületek, melyek ha tengelyforgásuk következtében felénk fordulnak, a csillag fénye sokkal gyengébb lesz mint akkor, midőn izzó felületét látjuk.”*

A foltmodellen kívül a másik népszerű elképzelés a kettősség volt. Bár az 1910-es és 20-as években a pulzációelmélet már közismert (még ha nem is általánosan elfogadott) volt, 1925-ben James Jeans (1877–1946) még kettősként képzelte el a Mirát és a cepheidákat.



4. ábra. A Mira fénygörbéje 1596 és 1801 között. Az egyes ablakok hossza 10 000 nap, a legfelső 1585. január 31-én (J.D. 2 300 000) kezdődik



napok

5. ábra. A Mira fénygörbéje 1807 és 1994 között. Az egyes ablakok hossza 10 000 nap, a legfelső 1804. február 13-án (J.D. 2 380 000) kezdődik

## A történet vége (egyelőre)

Bár már elég hosszú ideje ismerjük a Mirát, és elég hosszú észlelési anyag áll rendelkezésünkre, még mindig nem mondhatjuk el, hogy akárcsak nagyjából is egyetértés lenne a Mira alapvető tulajdonságait illetően. Ennek részletezése azonban már egy másik cikk feladata.

Búcsúzóul a 4. és 5. ábrák a *teljes* Mira fénygörbét mutatják, Fabricius első „észleléseitől” kezdve.

ZSOLDOS ENDRE

## A csillagászati „civil szféra” Magyarországon

Egyesületünk össze kívánja állítani a magyarországi csillagvizsgálók és csillagászati szervezetek lehető legteljesebb jegyzékét. Egyesületek, alapítványok, szakkörök, klubok, magáncsillagvizsgálók stb. legfontosabb adatait kívánjuk összegyűjteni. A címjegyzéket a jelenleg szerkesztés alatt álló **Amatőrcsillagászok kézikönyve** c. kiadványban közöljük, továbbá az **Interneten** is elérhetővé tesszük. A címjegyzék közzétételével egyaránt kívánjuk szolgálni az érdeklődőket és a csillagászati szervezeteket. Felkérjük szövbajóhető partnereinket, hogy bocsássák rendelkezésünkre a listán közlésre szánt adataikat (elnevezés, cím, telefonszám, E-mail stb).

A csillagászati címlistával kapcsolatban Mizser Attila főtítkárt kérjük megkeresni (Magyar Csillagászati Egyesület, 1461 Budapest, Pf. 219., Tel.: 386-2313, E-mail: mizser@mcse.hu)