

# Változócsillagok

## Az RV Tauri változók periódusváltozásai

### Bevezetés

Az RV Tauri csillagok pulzáló sárga szuperóriások. Fénygörbéjük igen jellegzetes: a minimumok hol mélyek, hol sekélyek. Jelenleg sem e változások oka, sem az RV Tauri csillagok fejlődési állapota nem világos.

A minimumok alternálására a két legnépszerűbb elképzelés:

- (1) a 2:1 rezonancia az alapl módus és az első felharmonikus között és
- (2) az alacsony dimenziójú káosz.

Az evolúciós állapottal kapcsolatban az a leggyakoribb feltételezés, hogy ezek a csillagok éppen elhagyták az aszimptotikus óriáságot — a bizonyítékok erre azonban nagyon gyengék.

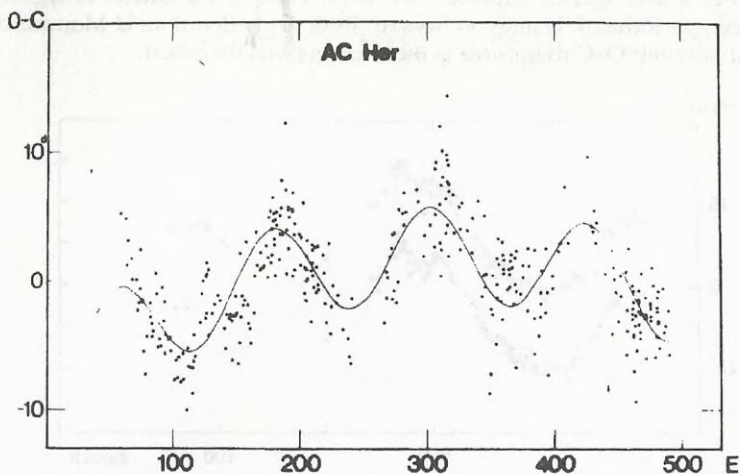
A változócsillagok periódusa nem szükségszerűen állandó. Mivel a pulzációs és fejlődési modellek megjósolják a periódusváltozás mértékét, ezek megfigyelése lehetővé teszi az elméletek ellenőrzését. Az RV Tauri csillagok periódusa sem állandó, ezért vizsgálatuk sokat segíthet e változók viselkedésének megértésében.

Bár már régóta ismert, hogy az RV Tauri csillagok periódusa változik, az első komolyabb, sok csillagot felhasználó munka csak 1971-ben készült el. Értékét némileg csökkentik, hogy a szerző, G. Erleksova, csak egyeneseket illesztett az O-C diagramokhoz, és a már publikált észleléseknek csak egy kis hányadát használta. Rajta kívül azonban jó ideig senki sem foglalkozott az RV Tauri csillagok periódusváltozásával.

### Az O-C diagramok

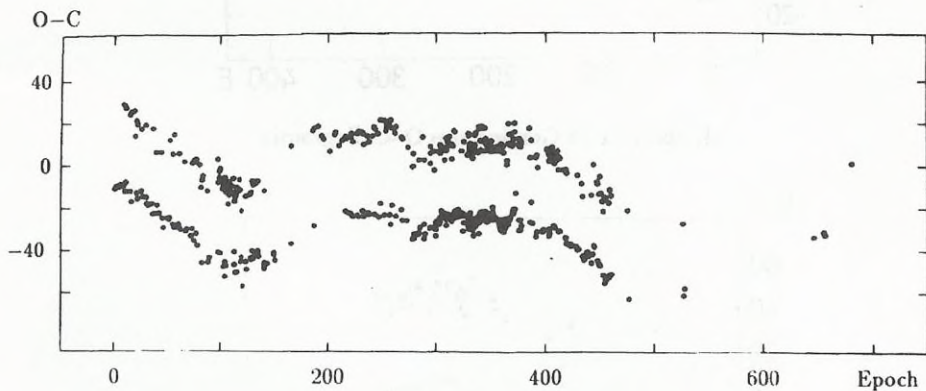
A változócsillagok periódusváltozásának vizsgálatához leggyakrabban az O-C diagramot használjuk. Ez az észlelt („Observed”) és a feltételezett periódus alapján számolt („Calculated”) maximum (vagy minimum) különbsége az epocha (ciklusszám) függvényében. Ha állandó és jó a periódusunk, akkor az O-C értékek egy, az x tengellyel párhuzamos egyenest adnak. Ha a periódus állandó, de rossz, akkor továbbra is egyenest kapunk, de lesz valamilyen meredeksége. Ha viszont a periódus nem állandó, akkor a változástól függően különböző ábrákat kaphatunk. Ha a változás mértéke állandó, akkor az O-C értékek egy parabolát adnak.

Az első RV Tauri csillag, melynek az O-C diagramját elkészítettem, az AC Herculis volt (1. ábra). Mint kiderült, ez a csillag rendelkezik a legérdekesebb O-C diagrammal. Jól látható az 1. ábrán, hogy egy 7,5 napos amplitúdójú, 9320 napos periódusú hullám ráakódik egy másik változásra, mely lehet szinuszgörbe vagy negatív parabola.



1. ábra. Az AC Herculis O-C diagramja

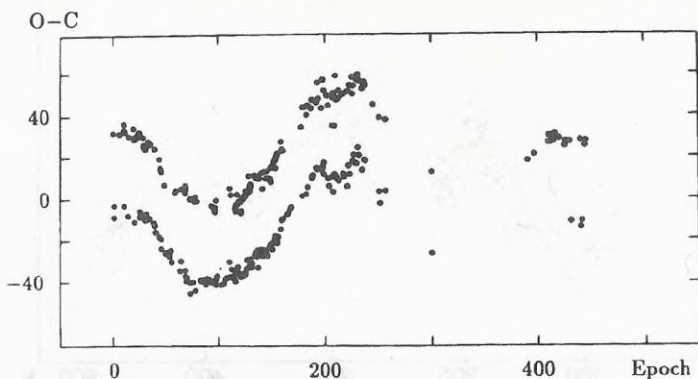
Az AC Herculiszal szerencsés helyzetben voltam, mert a csillag az egyik legjobban észlelt változó az RV Tauri csillagok között. A többinél már távolról sem ilyen folyamatos az O-C diagram. Ennek ellenére szép ábrákat lehet kapni az R Sagittae-ről (2. ábra), a V Vulpeculae-ről (3. ábra), az SS Geminorumról (4. ábra), a TW Camelopardalisról (5. ábra) és az EP Lyrae-ről (6. ábra). Az AC Herculis kivételével mindenhol felhasználtam a mellékminimumokat is, a többi ábra ezért „dupla”.



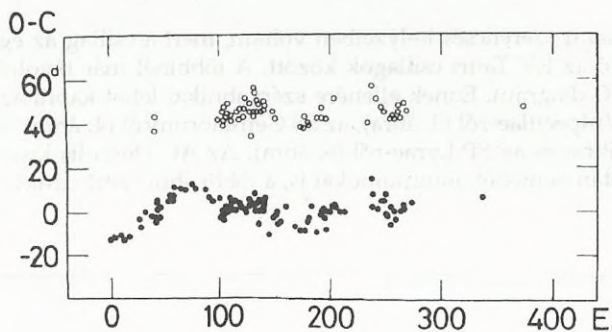
2. ábra. Az R Sagittae O-C diagramja

Az első pillantásra meg lehet állapítani, hogy a csillagok többsége ciklikus O-C diagrammal rendelkezik, az egyetlen kivétel az EP Lyrae. Az irodalomban még két másik csillagról van modern O-C diagram: az R Scutiról és az U Monocerotisról.

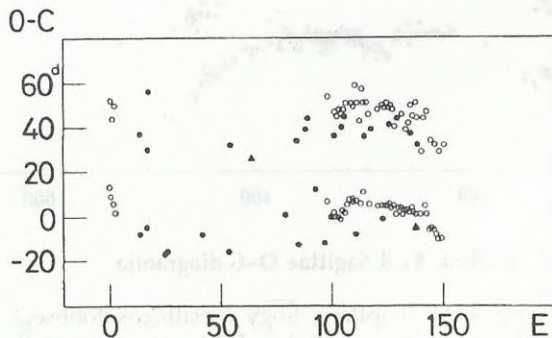
Azonban egyik sem igazán „tipikus” RV Tauri változó: mindkettő fénygörbéje erősen változik, periódusuk is nagyon hosszú. Ettől függetlenül az U Monocerotis John Percy által készített O–C diagramja is mutatott kis oszcillációkat.



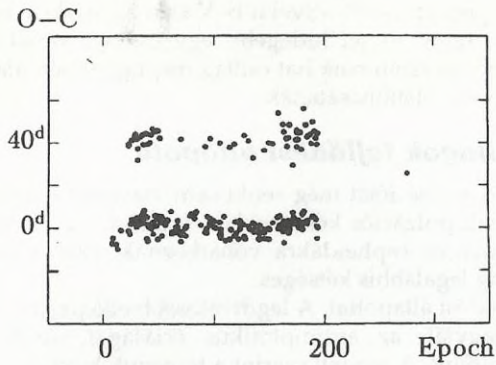
3. ábra. A V Vulpeculae O–C diagramja



4. ábra. Az SS Geminorum O–C diagramja



5. ábra. A TW Camelopardalis O–C diagramja

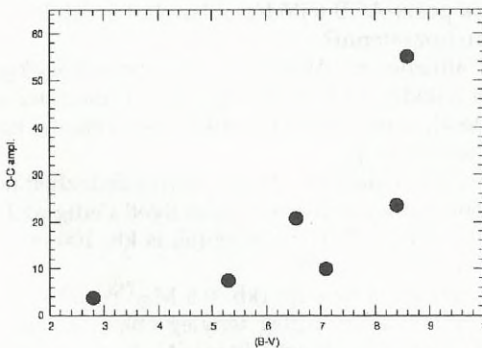


6. ábra: Az EP Lyrae O-C diagramja

### A modellek

Mi okozza ezeket a hullámokat az O-C diagramokon? Mint sok más kérdésre az RV Tauri csillagokkal kapcsolatban, erre sincs megnyugtató válasz. Az egyik elképzelés szerint a hullámok oka a véletlenszerű fluktuációk összegződése. John Percy szimulált O-C diagramokat állított elő, melyek hasonló szerkezetet mutattak, mint a megfigyelt minimumokból számoltak. A baj ezzel a modellel az, hogy semmit sem mond a fluktuációk eredetéről.

Egy másik lehetőséget Douglas Hall vetett fel néhány évvel ezelőtt. Hall szerint minden meg nem magyarázott ciklikus jelenség oka a csillag mágneses tere lehet. A mágneses tér kétségtelenül megváltoztatja a periódust, így elvileg egy periodikusan változó mágneses tér (mint a Napé) periodikusan változó periódust tud okozni. Azonban mágneses tér jelenlétére egyelőre semmi bizonyítékunk sincs, igaz, senki sem kereste még.



7. ábra. Összefüggés az O-C diagramon található hullámok amplitúdója és a változók színe között

Egy érdekes jelenség figyelhető meg: úgy tűnik, hogy az O-C diagramon a hullámok amplitúdója összefüggésben van a csillag színével (l. 7. ábra). Az EP Lyrae esetében (ahol gyakorlatilag nincs periódusváltozás) a B-V szín  $0^m28$ , míg a V

Vulpeculae-nél a szín  $0^m,86$ , az amplitúdó pedig 55 nap. Ez az összefüggés teljesen független a csillagok periódusától! Mivel a B–V szín az effektív hőmérséklettel kapcsolatos, úgy látszik, hogy minél hidegebb egy csillag, annál jobban változik a periódusa. Ez a reláció azonban csak hat csillag megfigyelésén alapszik, nem biztos, hogy további észlelések is alátámasztanák.

## **Az RV Tauri csillagok fejlődési állapota**

Az RV Tauri csillagok pulzációját még senki sem vizsgálta elméletileg, így az O–C diagramok nem tudnak pulzációs kérdésekben segíteni. Az irodalomban talált modellek mind II. populációs cepheidákra vonatkoznak, ezek alkalmazhatósága RV Tauri változókra pedig legalábbis kétséges.

Más a helyzet a fejlődési állapottal. A legdivatosabb elképzelés szerint az RV Tauri csillagok éppen elhagyták az aszimptotikus óriáságot (AGB-t), és feltehetően planetáris köd lesz belőlük. A modell szerint a tömegük kicsi, kb.  $0,6 M_{\odot}$ . Az alábbi észlelések miatt tételezik fel ezt a modellt:

- Sok csillag magas galaktikus szélességen van, ahol már nem keletkezhet csillag. Így e csillagoknak kis tömegű, öreg objektumoknak kell lenniük.
- Soknak infravörös excessusa van. Ezt a csillagkörüli por okozhatja, ami az aszimptotikus óriáságon bekövetkező erős csillagszélből jött létre.
- E csillagok fémszegények.

Ez a három megfigyelési tény elég meggyőzőnek látszik első pillantásra. Alaposabb vizsgálat azonban megmutatja, hogy egyik sem döntő jelentőségű, mivel:

- Magas galaktikus szélességen található normális fémtartalmú kék csillagok. Ezek közül néhány olyan messze van a galaktikus síktól, hogy ott semmiképpen sem keletkezhetett (sokkal több idő lenne szükséges jelenlegi pozíciójának eléréséhez, mint amennyit a csillag élt). Így a magas szélesség önmagában semmit sem jelent.
- Infravörös excessusa fiatal, nagy tömegű csillagoknak is van (pl. cepheidáknak és egyéb szuperóriásoknak). Másrészt nincs mindegyik RV Tauri csillagnak excessusa (pl. SS Geminorum). Az excessus jelenléte egyáltalán nem teszi szükségessé a fenti interpretációt.
- A fémtartalom meghatározása elég bizonytalan. A fémszegénység azonban nem egyenlő a kis tömeggel. Látható, hogy a poszt-AGB fejlődési állapottal gondok vannak. Mit tud ehhez az O–C diagram hozzátenni?

A csillagfejlődési modellek szerint az átmenet az AGB-től a planetáris ködökig igen gyors, csak néhány ezer év. Mivel a fejlődés a Hertzsprung–Russell diagramon jobbról balra történik (a csillag forróbb lesz), a periódusnak csökkennie kellene. Ez az O–C diagramon negatív parabolaként jelenik meg.

Nagy örömünkre szolgálhat, hogy az AC Herculis O–C diagramján felfedezhetjük a negatív parabolát. De ezzel vége is, a többi csillag már nem mutat ilyet! Pedig az R Sagittae-nél a diagram majdnem 150 évet fed le, a V Vulpeculae-nél is kb. 100 évet. Ez szintén gyengíti az AGB utáni fejlődési állapot esélyeit.

Meg kell jegyezni, hogy ellenvetéseim csak a kis tömegű (kb.  $0,6 M_{\odot}$ ) poszt-AGB interpretáció ellen irányulnak. Bár néhány RV Tauri csillag tényleg ebben az evolúciós állapotban lehet, az összesről, mint egy osztályról ezt állítani még igen korai.

ZSOLDOS ENDRE

## Újjáéledt a Sonnebergi Csillagvizsgáló

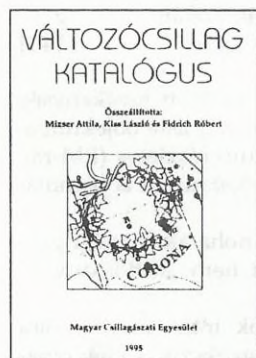
Miként már arról korábban beszámoltunk (Meteor 1994/2, 36. o.), az annak idején 11 ezer új változócsillag felfedezéséhez „otthont” adó Sonnebergi Csillagvizsgáló 1993 végén végveszélybe került. Az egykori NDK tudományos intézményrendszerének átszervezése után nem maradt keret a sonnebergi munka folytatásához, így a bezárás árnyéka borult két évvel ezelőtt a csillagvizsgálóra. Ekkor alapították meg a Sonnebergi Csillagvizsgáló Barátainak Körét, amely a túléléshez kereste a lehetséges módokat, sajnos sokáig látszólag sikertelenül, mert 1994. dec. 31-én bezárták Sonneberget.

A BAV Rundbrief 1995/4-es számában jelent meg Werner Braune örvendetes tényeket ismertető beszámolója a csillagvizsgáló 1995. okt. 1-jei (újra)megnyitásáról. Az intézmény vezetője a már eddig is impozáns tudományos karriert befutó dr. Constanze la Dous lett. Természetesen szakmai profilja a változócsillagok területéhez kötődik, eddigi munkássága során bejárta Európa és az Egyesült Államok több fontos csillagászati kutatóhelyét.

A Sonnebergi Observatórium fénykorában az égbolt folyamatos felügyelete történt fotografikus úton. Így fedezték fel a már említett változócsillagok túlnyomó többségét. Az újjáélesztett csillagvizsgáló ezt a munkát kívánja folytatni, csak már a modern technika eszköztárával felfegyverkezve. Néhány németországi egyetemmel és főiskolával (Ilmenau, Tübingen) együttműködve egy folytonos égboltfigyelő hálózatot szeretnének kiépíteni és irányítani, csak a fotolemezek helyét CCD kamerák vennék át. Az egész tudományos program az ASPA (All-Sky Patrol Astrophysics) nemzetközi munkacsoportra támaszkodik.

Szerencsére a szép tervek mellett a szükséges anyagi háttér is rendelkezésre áll, főleg bajorországi, városi és járási forrásokból fedezve. A neves csillagászati intézmény életében így egy ígéretes új korszak kezdődött, amely talán példaértékű lehet más, jelentős történelmi múlttal rendelkező és nehéz anyagi helyzetben levő csillagvizsgálók számára is.

(BAV Rundbrief, 1995/4, Cia)



Katalógusunk most megjelent — bővített és javított — második kiadása a Magyar Csillagászati Egyesület Változócsillag Szakcsoportja programját tartalmazza, összesen 942 db változócsillag adatai találhatóak meg benne. Közöljük a GCVS néhány, általunk is észlelt érdekesebb változóval kapcsolatos megjegyzéseit, ismertetjük a változócsillag típusokat, 15 jellegzetes fénygörbén keresztül mutatjuk be a hazai amatőrök által hagyományosan jól észlelt változócsillag típusokat. Kiadványunkat rövid észlelési útnutató zárja. A *Változócsillag katalógus* az MCSE-től rendelhető meg (1461 Budapest, Pf. 219.), rózsaszín postautalványon, 134 Ft befizetésével.