

4. félévi beszámoló  
**Zsidi Gabriella** (gabriella.zsidi@gmail.com)  
Részecskefizika és csillagászat PhD program  
Témavezető: Kóspál Ágnes

A dolgozat címe: A csillagkörüli anyag szerkezete és időfüggő tömegbefogás fiatal csillagokban

## Bevezetés

A születőfélben lévő csillagok még körül vannak véve egy porból és gázból álló koronggal, melyből anyag hullik a csillagra, így építve fel azt. Az tömegbefogás folyamata (akkréció) alapvető fontosságú a csillagkeletkezés szempontjából, valamint a csillag és a korong kölcsönhatása fontos szerepet játszik csillagkörüli korong fizikai tulajdonságaink alakításában, mely korong a jövőben esetlegesen kialakuló bolygók szülőhelyéül szolgál. A legegyszerűbb modellek szerint a korong szerkezete szimmetrikus és a tömegbefogás (akkréció) időben állandó. A megfigyelések azonban azt mutatják, hogy a korong inhomogén szerkezetű és az akkréció időben változik. A kutatásom célja az időben változó tömegbefogás vizsgálata fiatal csillagokban fotometriai, spektroszkópiai és spektropolarimetriai módszerekkel. A következőkben röviden bemutatom a rendszereket, amelyeket a doktori munkám során eddig vizsgáltam, és minden alfejezet végén kiemelem az aktuális félévben végzett munkát (amennyiben volt ilyen az adott rendszerre).

## Az eddig elért eredmények és az aktuális félévben elvégzett kutatások ismertetése

### *A V582 Aurigae Fuor típusú csillag fotometriai vizsgálata*

A V582 Aur FU Orionis típusú fiatal eruptív csillag viselkedését vizsgáltam a Pizskéztetői Observatórium  $B$ ,  $V$ ,  $R$  és  $I$  szűrőkkel készült, a Telescopio Carlos Sanchez (TCS)  $J$ ,  $H$  és  $K$  sávbeli, valamint a WISE műszer közép infravörös tartománybeli méréseit felhasználva. A V582 Aur viselkedését a 2018 január és 2019 február közötti időszakban tanulmányoztam. A megfigyelések szerint a forrás jelentős változékonyságot mutat optikai és közeli infravörös tartományban, amely a látóirányú extinkció változásával magyarázható. A jelen kutatásban feldolgozott mérések szerint a 2016-ban kezdődött minimum még jelenleg is tart. Amennyiben ezt az elhalványodást ugyanaz a porfelhő okozza, mint az Ábrahám et al. (2018) cikkben említett  $\sim 5$  éves periódussal keringő felhő, akkor az a porfelhő viszkózus szétterülésére utal. Ugyanakkor a jelenlegi minimumot okozhatja egy, a rendszer belső régióját megközelítő, majd elhagyó porstruktúra is. A hosszú távú adatok elemzése utalhat a csillag általános halványodására is. Ebben az esetben a forrás  $\sim 80$  éven belül visszatér a nyugalmi állapotába. Az eredményeket a *The Astrophysical Journal* folyóiratban 2019-ben megjelent szakcikk foglalja össze „The weakening outburst of V582 Aur” címmel (ld. publikációk).

### *A DR Tau nagy akkréciójú fiatal csillag vizsgálata*

A DR Tau egy T Tauri típusú fiatal csillag, amely erőteljes akkréciót mutat. Az akkréciós folyamatot mind fotometriai, mind spektroszkópiai szempontból vizsgálom egy összetett adatsort elemezve. A fotometriai vizsgálathoz felhasználom a Kepler űrtávcső megfigyeléseit, valamint a vele egyidejűleg Pizskéztetőn készült  $B$ ,  $V$ ,  $R$  és  $I$  méréseket és a Spitzer űrtávcső adatait. Ezek a mérések napos-órás időskálán is mutatnak változékonyságot 1,4 magnitúdós maximális amplitúdóval. A többszínfotometria segítségével a megállapítható, hogy a fénygörbék alakja hasonló, azonban a változás amplitúdója a hosszabb hullámhosszak felé haladva csökken.

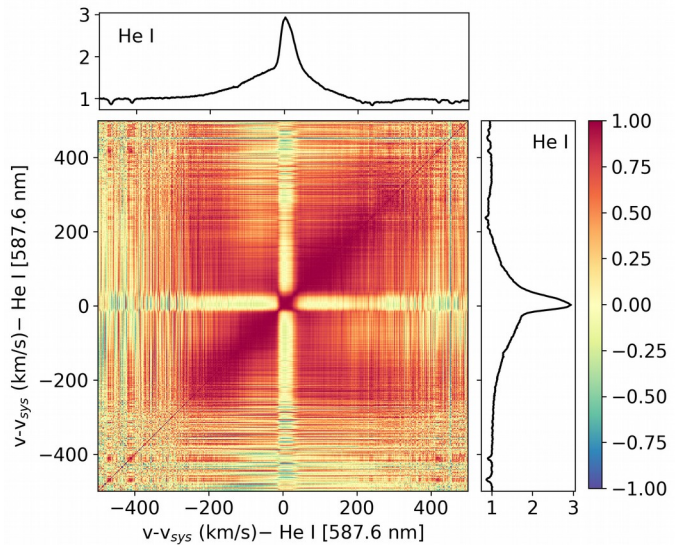
A spektroszkópiai vizsgálathoz a CFHT/ESPaDONs spektropolarimetriai műszerrel készült monitorozó adatsort használom, amely egy francia együttműködés révén áll a rendelkezésemre. A csillag spektrumában számos emissziós vonal található (pl. hidrogén Balmer- és Paschen-sorozat,

He I, He II, Ca II, Fe I, Fe II, O I, [O I], stb.), amelyek arról a komplex régióról hordoznak információt, ahol a csillag magnetoszférája és az akkréciós korong kölcsönhat. Ezen vonalak változását és morfológiai fejlődését vizsgálom.

*Aktuális félévben végzett kutatások:*

Az emissziós vonalak részletesebb vizsgálatát a korábbi félévekben a H $\alpha$ , H $\beta$ , He I és Ca II vonalakkal, mint fő akkréciós nyomjelzőkkel kezdtem; ezt most kiterjesztettem a spektrumban található többi emissziós vonalra is. Az elemzett vonalakra kétdimenziós ön- és keresztkorrelációs diagramokat készítettem annak vizsgálata érdekében, hogy két spektrumvonal változásai korrelálnak-e egymással (1. ábra). A vonalprofil változása mellett a morfológiai fejlődést is elemeztem, az emissziós vonalakat komponensekre bontottam, és az egyes vonalkomponensek egymáshoz való viszonyát korrelációs analízissel vizsgáltam.

Ezen kívül meghatároztam a csillag fizikai paramétereit (pl.  $T_{\text{eff}}$ ,  $v_{\text{rad}}$ ,  $v \cdot \sin i$ , veiling) az átlagos spektrum alapján a ZEEMAN kódot használva. Mivel azonban a csillag erősen akkretál, azt várjuk, hogy a veiling éjszakáról éjszakára változik. Ennek vizsgálatára a csillagparamétereket az összes éjszakára egyenként meg fogom határozni. A vizsgálat eredményeiből egy szacikk előkészületben van. A kézirat előrehaladott állapotban van, azonban a polarimetriai adatsor elemzése és a csillag mágneses térképének elkészítése még hiányzik belőle. Ezt a hiányzó analízist a nyár folyamán szeretném hozzátenni.



1. ábra. A DR Tau He I vonalának kétdimenziós önkorrelációs mátrixa. A He I vonal nagyobb sebességekig kiterjedő széles komponense erős korrelációt mutat önmagával, míg a keskeny komponens nem mutat korrelációt a széles komponenssel.

### ***Az akkréciós változékonyság vizsgálata a Chamaeleon I csillagkeletkezési régióban***

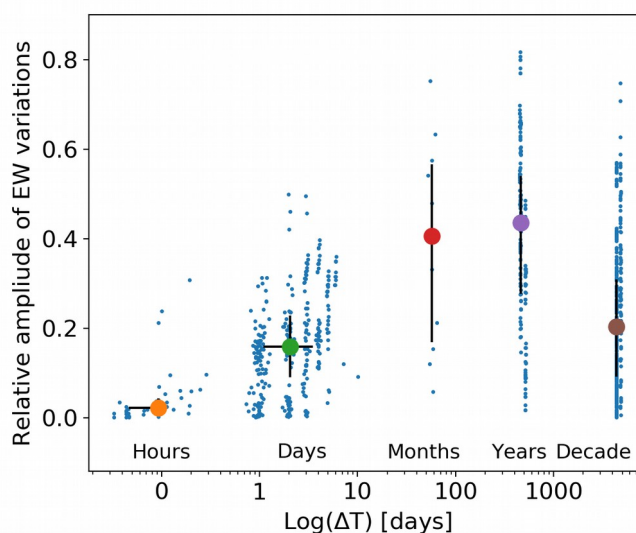
A projekt célja a Chamaeleon I csillagkeletkezési régió néhány objektumának vizsgálata fotometriai és spektroszkópiai eszközökkel az akkréciós változékonyság szempontjából. A projekt során elemezzük a VLT/ESPRESSO és a FEROS műszerek nagy felbontású optikai spektrumait, a TESS űrtávcső optikai fotometriai méréseit, valamint a SMARTS távcső *I*, *J*, *H* és *K* sávbeli méréseit. Ezen összetett adatsor lehetővé teszi az akkréciós változékonyság kinematikai vizsgálatát, a szél és a jetek hatásának detektálását a tiltott és a megengedett emissziós vonalak részletes vizsgálatával. Ezen felül a fotometriai adatsoron periódus analízist végezek az esetlegesen előforduló periodikus változások megtalálása érdekében, a többszínfotometria segítségével pedig a csillag fényességváltozásának lehetséges okait vizsgáltam.

#### *a) CR Cha*

A 2019-2020-as tanév során a nyertes ESO Studentship pályázatomban köszönhetően a fentebb említett adatsoron kezdtem el dolgozni CR Cha rendszerre koncentrálni, melyre korábbi évekből származó spektropolarimetriai mérések is rendelkezésemre állnak (HARPS mérések 2018-ból és AAT adatok 2006-ból).

### *Aktuális félévben végzett kutatások:*

A félév során az eddigi eredmények szakcikkekben való összefoglalásán dolgoztam. A kézirat előrehaladott állapotban van, jelenleg a témavezetőktől kapott megjegyzéseken és javaslatokon dolgozom. Emellett a fotometriai periódus analízist a detektált emissziós vonalakra készített kétdimenziós periodogrammal egészítettem ki. Továbbá a rendelkezésre álló adatsor lehetővé teszi, hogy a csillag változékonyságát órától egy évtizedig terjedő időskálán is vizsgáljuk. Ennek érdekében a  $H\alpha$  vonal ekvivalens szélességének változását vizsgáltam az elérhető összes időskálán (2. ábra). Az eredményeink azt mutatják, hogy a változékonyság amplitúdója csak a napos-hetes időskáláig növekszik. Az egyelőre nyitott kérdés, hogy az évtizedes időskálánál észlelt amplitúdó csökkenésnek fizikai oka van, vagy csak a kevesebb rendelkezésre álló adat okozta effektussal állunk szemben. Többek közt ennek, és a Chamaeleon I minta csillagainak a különböző (hónapos-éves) időskálákon megfigyelhető spektroszkópiai változásainak a vizsgálata céljából nyújtottunk be egy távcsőidő pályázatot az ESO P108 felhívására. A pályázat jelenleg bírálat alatt áll.



2. ábra. A CR Cha  $H\alpha$  vonal ekvivalens szélességének változása különböző időskálákon.

### *b) VW Cha, WX Cha*

A Chamaeleon I minta többi csillagának vizsgálatát témavezetőm kutatócsoportjának egyik tagjával együttműködve végzem, jelenleg a VW Cha és a WX Cha rendszerekre fókuszálva.

*Aktuális félévben végzett kutatások:* A T Tauri csillagok spektrumához gyakran hozzáadódik egy további kontinuum emisszió, ami az akkréció által fűtött gáztól származik – ez az úgynevezett veiling. A spektrumok abszorpciós vonalai közül először a Li I vonal alapján számoltam veilinget. Majd elkészítettem a spektrumok vörös oldalán lévő abszorpciós vonalak alapján egy átlagos vonalprofilt a "Least Squares Deconvolution" módszert alkalmazva, és ez alapján is meghatároztuk a veilinget minden éjszakára. Ezen kívül megvizsgáltam, hogy az azonos éjszakán készült spektrumok mutatnak-e változást. Az azonos műszerrel, néhány perces különbséggel készült mérések azonosak, így a következő vizsgálatokhoz már ezek átlagolt spektrumait fogjuk használni jobb jel/zaj arány elérése érdekében. A két különböző műszertől származó, azonos éjszakán néhány óra különbséggel készült mérések viszont némiképp eltérnek, így megvizsgálom, hogy a különbségnek valódi fizikai, vagy csak instrumentális oka van.

### *V555 Ori*

A Gaia űrtávcső teljes égbolt felmérést végez, mely során mintegy 1,5 milliárd csillag pozícióját, hőmérsékletét, fényességét méri. A felmérés Gaii Alert programjának lényege, hogy a nagyon különös viselkedést mutató csillagok esetén riasztást tesz közzé. Ilyen riasztást történt 2017 januárjában a V555 Ori (Gaia 17afn) esetén is, amikor a csillag ~1,4 magnitúdós felfényesedést mutatott. Ennek vizsgálatára indult egy „follow-up” program, melynek során a Piszkestetői Observatórium méréseinek egy részének felvételében és feldolgozásában vettem részt. A Szegedi-Elek Elza és Nagy Zsófia által vezetett projekt kiegészült további optikai és infravörös fotometriai mérésekkel (SMARTS/CTIO2 1.3 m távcső, Chile) és nagy felbontású optikai spektrumokkal (FEROS), illetve archív adatokkal. A tanulmányt 2021-ben publikálták az MNRAS folyóiratban.

## ***Piszkéstetői Obszervatórium***

Részt veszek a Piszkéstetői Obszervatóriumban folyó munkában, ahol a saját kutatásomhoz szükséges mérések egy részének elvégzése mellett lehetőségem van más projektekkel kapcsolatos észlelésekben is segédkezni, illetve az adatok feldolgozásához szükséges kalibrációs képek elkészítésében is közreműködök. Megegyezés alapján a piszkéstetői észlelők is társszerzők közé kerülnek az általuk készített méréseket felhasználó publikációkban, így kerültem néhány szupernóvával foglalkozó szakcikk társszerzői közé.

## **Pályázati tevékenység a félévben**

- Első szerzője voltam az ESO P108 felhívására a VLT/ESPRESSO műszerre „Examining the intermediate timescale variations in young Chamaeleon I stars” címmel benyújtott távcsőidő pályázatunknak. A pályázat jelenleg bírálat alatt áll.
- Szabó Zsófiával elkészítettük kutatócsoportunk 2021. május 6 – szeptember 2. időszakra szóló távcsőidő pályázatát a Piszkéstetői Obszervatórium műszereire.

## **Tanulmányi tevékenység a félévben**

- Radio Astronomy II. (6 kredit)
- Irányított kutatómunka (18 kredit)
- Astrobiology (6 kredit, külföldön elvégzett tanegység elfogadtatva)

## **Konferenciák a félévben**

- 20.5 Cool Stars Conference (2021. március 2-4., virtuális), „*Probing accretion variability in CR Cha with TESS and high-resolution spectroscopy*” (poszter)
- TESS Science Conference II (2021. augusztus 2-6., virtuális), „*Photometric and spectroscopic study of the mass accretion in the T Tauri system VW Cha*”, (benyújtott absztrakt, visszajelzés június elején várható)

## **Szakmai közéleti tevékenység a félévben**

- 2021.02.14., 2021.02.21., 2021.05.02: Online ismeretterjesztő előadások a Svábhegyi Csillagvizsgáló szervezésében (cím: Extrém csillagok: törpék, óriáscsillagok és csillagtetemek; Csillagkeletkezési régiók, nyílthalmazok és gömbthalmazok; Tabuk és városi legendák a csillagászatban – kérdések és válaszok égen-földön)
- Ismeretterjesztő cikkek a Svábhegyi Csillagvizsgáló honlapján „73 másodperc a levegőben – Az 1986-os Challenger katasztrófa” és „Kisbolygó vadászatra fel! (63) Ausonia, (3) Juno, (30) Urania és (5) Astraea oppozícióban” címeikkel
- Csatlakoztam a Svábhegyi Csillagvizsgáló előadóihoz, akikkel távcsöves bemutatókat tartunk.

## **Elismerések**

- Sikeres ÚNKP Felsőoktatási Doktori Hallgatói, Doktorjelölti Kutatói Ösztöndíj pályázat a 2020/21-es tanévre

## Publikációk a képzés alatt

- Nagy, Zs.; ...; Zsidi, G.; ... „*Dipper-like variability of the Gaia alerted young star V555 Ori*”; MNRAS, Volume 504, Issue 1, pp.185-198 (2021)
- Manara, C. F.; ... Zsidi, G.; ... „*PENELLOPE: the ESO data legacy program to complement the Hubble UV Legacy Library of Young Stars (ULLYSES) I. Survey presentation and accretion properties of Orion OB1 and  $\sigma$ -Orionis*”, A&A (elfogadva)
- Zhang, J.; ... Zsidi, G.; ... „*SN 2018zd: an unusual stellar explosion as part of the diverse Type II Supernova landscape*”, MNRAS, Volume 498, Issue 1, pp.84-100 (2020)
- Könyves-Tóth, R.; ... Zsidi, G.; ... “*Constraints on the Physical Properties of SNe Ia from photometry*”, The Astrophysical Journal, Volume 892, Issue 2, id. 121 (2020)
- Zsidi, G.; Ábrahám, P.; Acosta-Pulido, J. A; Kóspál Á., Kun M.; Szabó Zs. M.; Bódi A.; Cseh B.; Castro Segura, N.; Hanyecz O.; Ignác B.; Kalup Cs.; Kriskovics L.; Mészáros L.; Ordasi A.; Pál A.; Sárneczky K.; Seli B.; Sódor Á.; Szakáts R., “*The weakening outburst of the young eruptive star V582 Aur*, The Astrophysical Journal, Volume 873, Issue 2, article id. 130, 6 pp. (2019)
- Szalai, T.; ... Zsidi, G.; ... , “*The Type II-P Supernova 2017eaw: From Explosion to the Nebular Phase*”, The Astrophysical Journal, Volume 876, Issue 1, article id. 19, 24 pp. (2019)
- Li, W. ; ... Zsidi, G.; ... , „*Photometric and Spectroscopic Properties of Type Ia Supernova 2018oh with Early Excess Emission from the Kepler 2 Observations*”, The Astrophysical Journal, Volume 870, Issue 1, (2019) article id. 12, 33 pp.
- Dimitriadis, G.; ... Zsidi, G.; ... , „*K2 Observations of SN 2018oh Reveal a Two-component Rising Light Curve for a Type Ia Supernova*”, The Astrophysical Journal Letters, Volume 870, Issue 1, article id. L1, 16 pp. (2019)

## Konferencia kiadvány

- „Probing accretion variability in CR Cha with TESS and high-resolution spectroscopy”, Zsidi, G.; Hussain, G.; Manara, C.; Ábrahám, P.; Kóspál, Á.; The 20.5th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun (CS20.5), virtually anywhere, March 2-4, 2021. Online at <http://coolstars20.cfa.harvard.edu/cs20half>, id.239
- Brightness variations of young Sun-like stars from ground-based and space telescopes, Zsidi, G.; Kóspál, Á.; Ábrahám, P.; Szabó, R.; Cseh, B.; Sárneczky, K.; Sódor, Á.; Szakáts, R.; Vida, K.; Vinkó, J., 2020, Origins: From the Protosun to the First Steps of Life. Proceedings of the International Astronomical Union, Volume 345, pp. 380-382
- Spots, flares, accretion, and obscuration in the pre-main sequence binary DQ Tau, Kóspál, Á.; Ábrahám, P.; Zsidi, G.; Vida, K.; Szabó, R.; Moór, A.; Pál, A., 2020, Origins: From the Protosun to the First Steps of Life. Proceedings of the International Astronomical Union, Volume 345, pp. 314-315
- An UXor among FUors: extinction-related brightness variations of the young eruptive star V582 Aur, Ábrahám, P.; Kóspál, Á.; Kun, M.; Fehér, O.; Zsidi, G.; Acosta-Pulido, J. A., 2020, Origins: From the Protosun to the First Steps of Life. Proceedings of the International Astronomical Union, Volume 345, pp. 390-392