

A dolgozat címe: Spektroszkópiai égboltfelmérő programok közötti összehasonlítás és validáció

1. Bevezetés

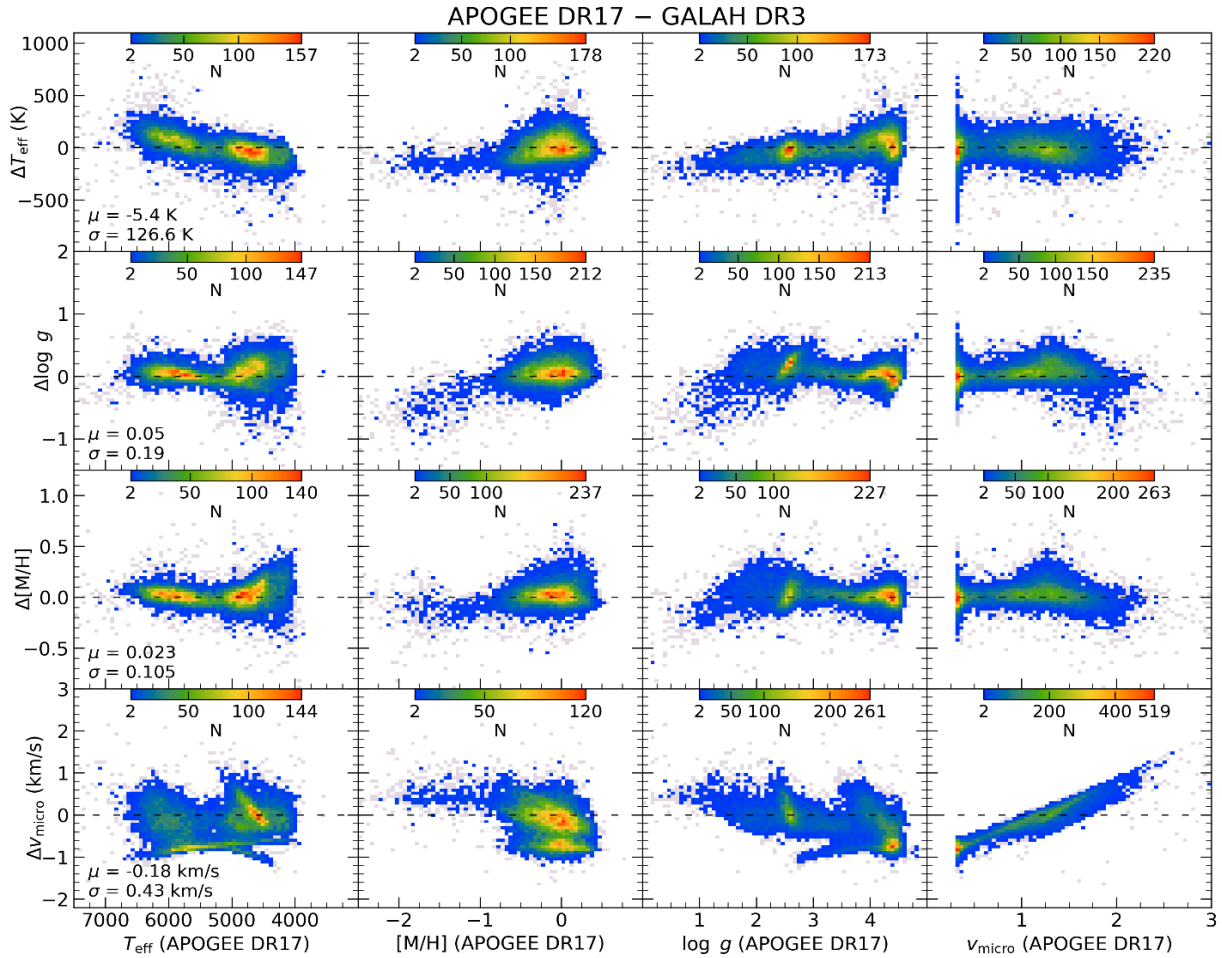
A Tejútrendszer jelenlegi struktúráját részleteiben bár ismerjük, a múltbeli eseményekre és ezáltal kialakulásának folyamatára számos módon következtethetünk. Ezért döntő jelentőségű Galaxisunk minél pontosabb és precízebb kemodinamikai feltérképezése, amihez fotometriai mérések és spektroszkópia szolgáltatja a szükséges információt. Az APOGEE (Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment; Majewski et al. 2017, AJ, 154, 94) közel 700 ezer csillagról készített nagyfelbontású, közeli infravörösben spektrumot, a GALAH (Galactic Archeology with HERMES; De Silva et al. 2015, MNRAS, 449, 2604) ezzel szemben 600 ezer csillagról rögzített szintén nagyfelbontású optikai színeképet, a GES-nek (Gaia-ESO Survey; Gilmore et al. 2012, The Messenger, 147, 25) pedig szintén 100 ezernél több célobjektuma volt, az észlelés pedig a látható színeképekben történt.

A Tejútrendszer feltérképezésénél alapvető probléma, hogy a különböző égboltfelmérő programok más-más adatokkal szolgálnak. Egyik legfontosabb kérdés tehát az, hogy a Tejútrendszer kémiai térképe hogyan változik a szisztematikus különbségek figyelembevételével. A spektroszkópiai eredmények szisztematikus eltéréseinek oka pedig abban keresendő, hogy ezen programok (APOGEE, GALAH, GES) különböző elméleti modelleket alkalmaznak a csillagok kémiai összetételének meghatározásakor, emiatt a fizikai paramétereik modellfüggők. Célom volt tehát a mérési eredmények kombinálása és összehasonlítása, majd az eltérések közötti korreláció megállapítása, valamint azok magyarázatának felállítása. A legfontosabb volt, hogy a kémiai elemek gyakoriságát vizsgáljam, a kémiai elemgyakoriságokat abszolút skálára hozzam, és ezáltal az egymástól független mérési eredményeket könnyebben tárgyalhattam. Összességében pedig eredményeimmel a Tejútrendszer kémiai térképének pontosításához járulhattam hozzá.

2021 szeptemberétől kezdődően a Dr. Mészáros Szabolcs által vezetett MTA-ELTE Lendület Tejútrendszer Kutatócsoport tagja vagyok, és ennek keretein belül végeztem el az APOGEE, GALAH és GES nagyszabású spektroszkópiai programok adatainak összehasonlító analízisét, amelyből elsőszerzős referált publikáció, valamint konferencia előadások születtek.

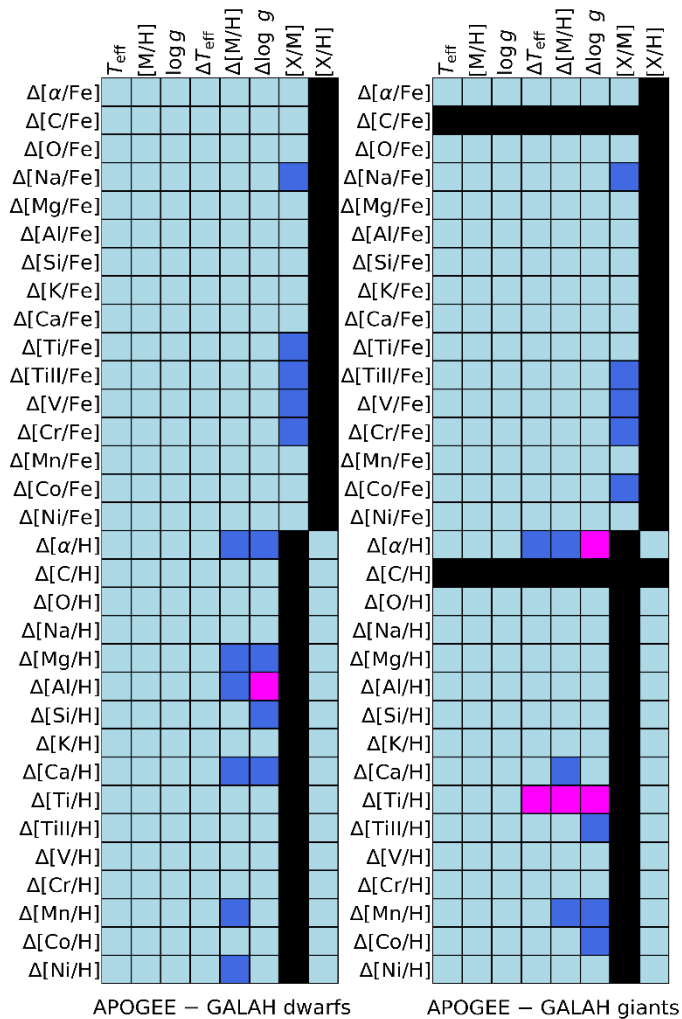
2. Elvégzett kutatások

Az APOGEE, GALAH és GES égboltfelmérő programok naprakész, publikusan elérhető irodalmának és adatainak birtokában a csillaglégkörök fizikai paramétereivel (effektív hőmérséklet, felszíni nehézségi gyorsulás, metallicitás, illetve a közösen észlelt elemek abundanciája) foglalkoztam. Összeállítottam a közösen észlelt csillagok listáját, amelyhez a Tool for Operations on Catalogues And Tables (TOPCAT) programot használtam, majd minőségi szempontokból vágtam a mintát. Az összes paramétert külön-külön tekintve ábrázoltam a köztük lévő különbségeket. Ez abból adódik, hogy a tárgyalt három spektroszkópiai égboltfelmérő program más-más modellek alapján értékeli ki a csillagszíneképeket. Így feladatomból megkeresni, hogyan egyeztethetők össze a mért adatok, majd abszolút skálán együttesen elhelyeztem azokat. Az 1. ábrán láthatók a fő asztrofizikai paraméter-különbségek eloszlásai az effektív hőmérséklet, fémtartalom, felszíni gravitáció, ill. mikroturbulens sebesség függvényében. Az APOGEE-GALAH, APOGEE-GES és GALAH-GES közös katalógusokra egyaránt elvégeztem a megfelelő összehasonlító analíziseket.



1. ábra. Az APOGEE és GALAH által meghatározott effektív hőmérséklet, felszíni gravitáció, fémtartalom és mikroturbulens sebesség értékek különbsége a fő csillaglégköri paraméterek függvényében. A színezés ($N > 2$ esetén) a csillagszámsűrűséget mutatja a paraméterter adott tartományában. A baloldali paneleken a különbségek átlaga (μ), valamint empirikus szórása (σ) is szerepel. Forrás: Hegedűs et al. (2022)

A csillaglégköri paraméterekben lévő korrelációkat vizsgáltam, majd áttértem az egyedi elemekre (pl. O, Na, Mg stb.). A paraméter-eloszlások analíziséhez alkalmas eszköz volt egyrészt a Pearson-féle p -érték, amely mennyiségek közötti lineáris korreláció valószínűségét és erősségét adja meg. Másrészt az átlagos eltéréseket és korrelációkat a publikált belső hibákhoz hasonlítottam, majd reprezentáltam, hogy hol találtam korrelált hibát, valamint szisztematikus külső hibát a programok között. Mivel az analízisemhez felhasznált APOGEE adatok nyersék (hogy az adatredukcióból adódó trendeket ne fedjük el utólagos kalibrációkkal), fontos volt tisztáznom, hogy a kalibráció által korrigált adatok hogyan redukálták a feltárt eltéréseket a programok között. Az egyedi elemek mind a vashoz, mind pedig a hidrogénhez képesti logaritmikusan mért gyakoriságát összehasonlítottam. A 2. ábrán szerepel az eredmények egyik lehetséges szemléltetése, ami az APOGEE és GALAH közös csillagainak (fősorozatra és óriáságra elkülönítve) lineáris illesztésen alapuló abundancia-különbségeit veti össze a belső hibákkal. Az abszolút skálára helyezett elemgyakoriságok offset-eltérését és szórását pedig a



2. ábra. Az APOGEE és GALAH által meghatározott paraméter és relatív elemgyakoriság párok közötti korrelációk erőssége. Jelen ábrán megkülönböztetjük a statisztikailag nem szignifikáns (halványkék), a gyenge (sötétkék) és a potenciálisan erős (magenta) korrelációkat, míg bizonyos cellák jelentése irreleváns (fekete). Forrás: Hegedűs et al. (2022)

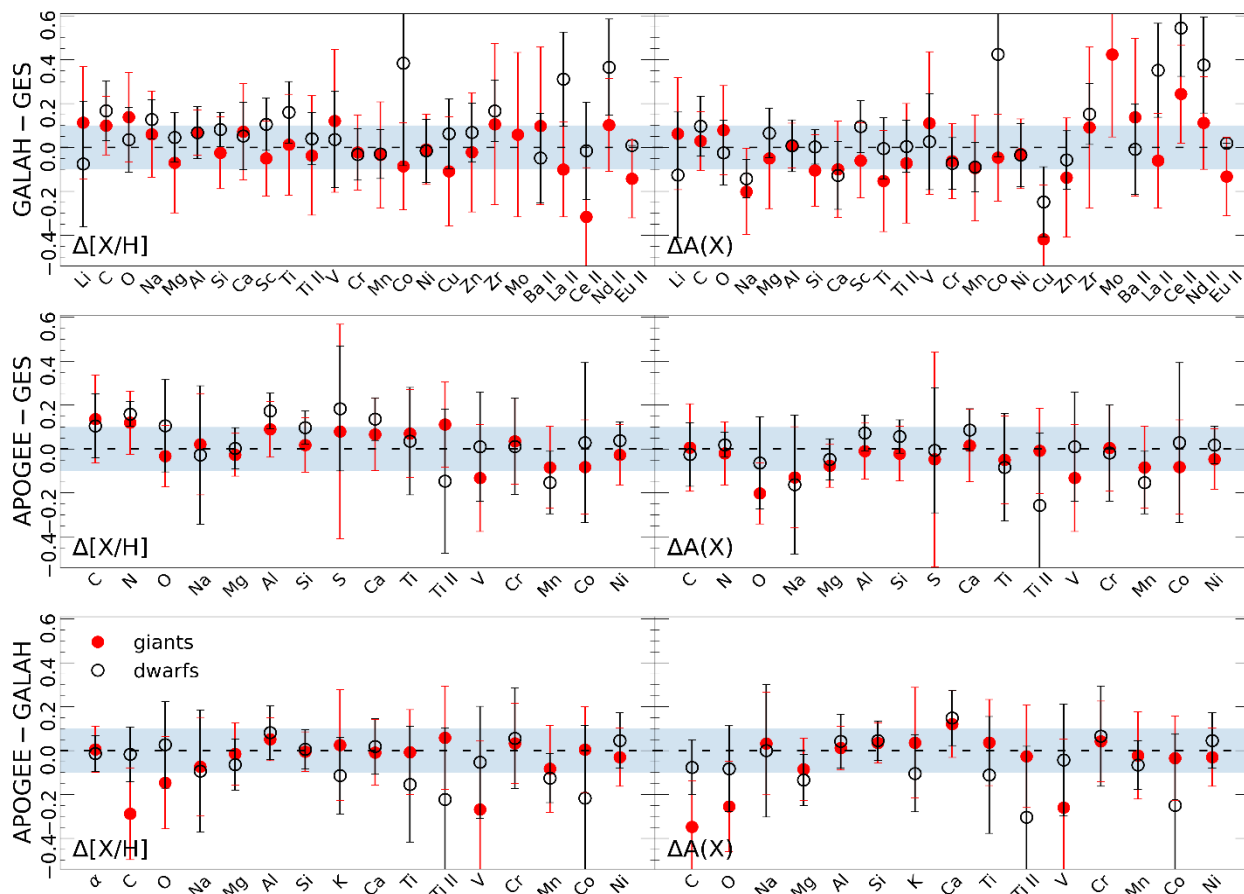
3. ábra szemlélteti. Az elért új eredményeket összefoglaló publikáció pedig elfogadásra került az A&A c. folyóiratban.

3. Publikációk

- **V. Hegedűs**, Sz. Mészáros, P. Jofré, G. S. Stringfellow, D. Feuillet, D. Aníbal García-Hernández, C. Nitschelm, *et al.*: Comparative analysis of atmospheric parameters from high-resolution spectroscopic sky surveys: APOGEE, GALAH, Gaia-ESO, 2022, arXiv:2211.03416
- Gy. Szabó M, Sz. Kálmán, L. Borsato, **V. Hegedűs**, *et al.*: Sub-Jovian desert of exoplanets at its boundaries: Parameter dependence along the main sequence, 2023, arXiv:2301.01065

4. Tanulmányi tevékenység

Az aktuális félév során elvégzett tárgyak listája: Rádiócsillagászat I. (FIZ/5/009); Az exobolygók kutatása (FIZ/5/040); Fejezetek a többes csillag- és bolygórendszerek elméleti és megfigyelési kérdéseiből I. (FIZ/5/041)



3. ábra. Az egyedi kémiai elemgyakoriságok közötti eltérés az APOGEE-GALAH (also sor), APOGEE-GES (középső sor), ill. GALAH-GES (felső sor) átfedő katalógusokra, mind a hidrogénhez képesti (baloldali oszlop), mind pedig az abszolút skálán (jobb oldali oszlop). A halványkék háttérű tartományt a $\pm 0,1$ dex abundancia-különbség határolja, amely a tipikus hiba értéke. Forrás: Hegedűs et al. (2022)

5. Konferenciák

- ARIEL Consortium Meeting; Bologna, 2022. október 10-12.

konferencia előadás: *Crossmatches with APOGEE*

- The Gaia Benchmark Stars Workshop; ESO headquarters Santiago, Vitacura, 2022. november 14-18.

konferencia előadás: *Comparative analysis of atmospheric parameters from high-resolution spectroscopic sky surveys: APOGEE, GALAH and Gaia-ESO*

6. Oktatási tevékenység

- **Optika** c. tárgy (kód: SEK-ff5t1s04lr, kollokvium) az ELTE levelező tanárképzésben. A kurzus összesen 12 előadásból állt, amelyből 6 előadást tartottam.