

# Astroseisminiai amžiai Galaktikos archeologijoje

## Asteroseismic ages for Galactic archeology

Erika Pakštienė<sup>1</sup>, G. Tautvaišienė<sup>1</sup>, Š. Mikolaitis<sup>1</sup>, A. Drazdauskas<sup>1</sup>, E. Stonkutė<sup>1</sup>, R. Minkevičiūtė<sup>1</sup>,  
Yuriy Chorniy<sup>1</sup>, V. Bagdonas<sup>1</sup>, R. Urbonavičiūtė<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute of Theoretical Physics and Astronomy, Vilnius University, Lithuania

[erika.pakstiene@tfai.vu.lt](mailto:erika.pakstiene@tfai.vu.lt)

Tam, kad suprasti Galaktikos cheminę evoliuciją, būtina įvertinti tris pagrindinius žvaigždžių parametrus: cheminę sudėtį, amžių ir gimimo vietą. Skirtingi parametrai gali būti nustatomi iš skirtingų šaltinių. Pavyzdžiui, detali cheminė žvaigždžių sudėtis gali būti nustatoma iš didelės skiriamosios raiškos žvaigždžių spektrų. Žvaigždžių gimimo vieta gali būti gaunama iš Gaia kosminio teleskopo archyvų. Žvaigždžių amžiai gali būti nustatomi pagal žvaigždžių spiečių izochronas arba naudojant astroseisminį žvaigždžių modeliavimą.

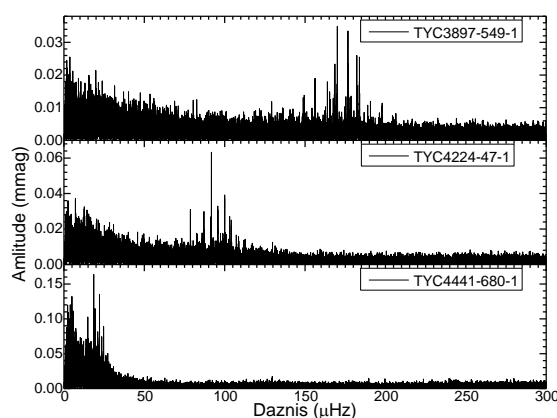
Tiksliai nustatyti žvaigždžių amžių yra ganėtinai sudėtinga, todėl kombinuojant skirtingus amžiaus nustatymo metodus galima padidinti nustatomo amžiaus tikslumą. Astroseisminių amžių nustatymas yra vienas tiksliausių iki šiol naudojamų amžių nustatymo būdų, bet jis gali būti naudojamas tik kintamo šviesio žvaigždėms. Nekintamų žvaigždžių amžiaus nustatymui turi būti naudojami kiti nepriklausomi metodai.

Vienas iš tokių nepriklausomų amžiaus nustatymo metodų galėtų būti paremtas žvaigždžių cheminės sudėties (pvz. C/N, Mg/Fe, Y/Mg) priklausomybe nuo amžiaus. Norint nustatyti šias priklausomybes būtini labai tikslūs amžiai. Astroseisminiai kintamo šviesio žvaigždžių tyrimai leidžia šių žvaigždžių amžių nustatyti daug tiksliau nei kitais metodais [1]. Todėl cheminių elementų priklausomybių nuo amžiaus tikslumui įvertinti ir pagerinti nusprendėme panaudoti kintamo šviesio žvaigždžių su Saulės tipo pulsacijomis laikinės skyros stebėjimus, gautus su TESS kosminiu teleskopu.

Saulės tipo kintamų žvaigždžių pulsacijų spektras turi griežtą struktūrą, šių žvaigždžių pulsacijų modas (ypač  $l=0$  ir  $l=2$ ) ganėtinai paprasta identifikuoti pagal jų išsidėstymą pulsacijų spektre, nes stebimi vienodi dažnių tarpai tarp gretimų tos pačios rūšies modų. Priklausomai nuo žvaigždės fizikinių parametru, evoliucijos stadijos ir amžiaus skiriasi stebimų pulsacijų dažniai (1 pav.) bei dažnių tarpai tarp modų. Iš pulsacijų spektrų nustatyti didieji dažnių intervalai  $\delta\nu$  ir maksimalios pulsacijų amplitudės dažnis  $\nu_{\max}$  sėkmingai naudojami žvaigždės evoliucijos stadijos įvertinimui bei masės, dydžio, šviesio, atitinkamai ir  $\log(g)$  bei tankio apskaičiavimui pagal nesudėtingas formules [2]. O papildomai panaudojant iš spektroskopijos gautus parametrus tokius kaip  $T_{\text{eff}}$  ir  $[\text{Fe}/\text{H}]$  galima apskaičiuoti ir žvaigždžių amžių modeliuojant jų evoliuciją.

Šiame darbe mes pristatome pirmuosius mūsų rezultatus, kuriuos gavome sujungę astroseisminius amžius, nustatytus iš TESS kosminio teleskopo fotometrinių laikinės skyros stebėjimų, bei kai kurių cheminių elementų gausų, nustatytų iš Molėtų

astronomijos observatorijoje stebėtų didelės skiriamosios raiškos spektrų, analizę. Tyrimui buvo naudojami 439 kintamų žvaigždžių, šviesesnių nei 8 mag ir esančių TESS siauriniame nuolatinio regėjimo lauke, stebėjimai. Dauguma šio rinkinio žvaigždžių yra pagrindinę seką palikusios submilžinės arba milžinės, kurios yra vėsesnės nei F5 spektrinės klasės žvaigždės.



1 pav. Paveiksle pateikti trijų iš mūsų tirtų skirtingo amžiaus žvaigždžių pulsacijų spektrai, atitinkantys Saulės tipo pulsacijų kriterijus skirtinguose dažnių ruožuose.

Ištyrėme skirtingų cheminių elementų gausų tarpusavio priklausomybes, priklausomybes nuo žvaigždžių fizikinių parametru, tame tarpe ir priklausomybes nuo astroseisminio amžiaus. Nustatėme, kad  $[\text{C}/\text{N}]$  priklausomybė nuo astroseisminių amžių yra stipriausia lyginant su kitais cheminiais elementais. Taip pat nustatėme akivaizdžią, nors ir silpną,  $[\text{Mg}/\text{Fe}]$  priklausomybę nuo astroseisminio amžiaus.

*Reikšminiai žodžiai:* Saulės tipo pulsacijos, Galaktikos evoliucija, Galaktikos archeologija, žvaigždžių spektroskopija, TESS kosminis teleskopas, fotometrija.

### Literatūra

[1] Yveline Lebreton & Josefina Montalbán, *The Ages of Stars* Proceedings IAU Symposium No. 258, (2008).

[2] Kjeldsen, H. & Bedding, T. R., *A&A*, 293, 87, Paper I (1995)