

Na čem pracujeme: Proměnnost modrých veleobrů

8.7.2025 - | Astronomický ústav AV ČR

Modří veleobři jsou jedny z nehmotnějších a nejzářivějších hvězd v Galaxii. Ve svém vývoji se nacházejí mezi hlavní posloupností, kde hvězdy spalují vodík v jádře, a pozdějšími stadii vedoucími ke kolapsu jádra a potenciálně i explozi supernovy. Během tohoto mezistupně se projevují jako velmi svítivé objekty. Přesto jejich počet v pozorovaných vzorcích neodpovídá předpovědím tradičních modelů hvězdného vývoje, ve skutečnosti jich pozorujeme mnohem více, než bychom měli. Tento tzv. „problém modrých veleobrů“ naznačuje, že hvězdy se během života vyvíjejí složitěji, než si myslíme. Mohou se například vracet do „modrého“ stavu po fázi rudého veleobra (tzv. post-RSG hvězdy), procházet interakcemi v binárních systémech, nebo se stát veleobry po sloučení s jinou hvězdou. Variabilita jejich jasnosti – ať už pravidelná nebo stochastická – pak slouží jako diagnostický nástroj, který odhaluje fyzikální procesy odehrávající se pod povrchem těchto hvězd.

Tým astronomů vedený Michalisem Kourniotisem ze Stelárního oddělení ASU se zaměřil na jednačtyřicet modrých veleobrů v Mléčné dráze, jejichž fyzikální parametry byly dříve určeny pomocí spektroskopie. Hlavním nástrojem nové studie byla družice TESS, která primárně hledá exoplanety, ale zároveň poskytuje mimořádně přesná světelná data pro stovky tisíc hvězd. Autoři pečlivě analyzovali světelné křivky (tedy vývoj změn jasnosti v čase) jednotlivých hvězd, a to jak pomocí hotových datových produktů, tak i vlastním zpracováním výřezů z obrazových polí družice.

Díky této analýze byly z časových záznamů vytaženy klíčové frekvence, které ukazují na různé druhy světelných změn. Autoři rozlišovali periodické změny (například způsobené rotujícími skvrnami nebo pulsacemi) a tzv. SLF variabilitu – „stochastickou variabilitu nízkých frekvencí“, tedy šumovou složku světelné křivky, která připomíná chaotické vlnění. Tato SLF variabilita je dnes intenzivně zkoumána, protože může pocházet z gravitačních vln uvnitř hvězdy, generovaných turbulentním prouděním buď v jádře, nebo v blízkosti povrchu.

Jedním z hlavních výsledků bylo, že amplituda světelných změn (tedy intenzita proměnlivosti) přímo souvisí s jasností hvězdy: čím zářivější modrý veleobr, tím silnější proměnlivost. To platilo nejen pro pravidelné změny, ale i pro šumovou složku. Statistické metody ukázaly, že s rostoucí jasností roste i koherentnost změn – světelné křivky jasných hvězd jsou plynulejší a méně připomínají šum. Zároveň se ukázalo, že méně zářivé hvězdy často vykazují frekvence odpovídající jejich rotaci, což ukazuje na přítomnost struktur na povrchu hvězd nebo v jejich hvězdném větru. Naopak ty nejjasnější objekty ve studované skupině, tzv. α Cygni proměnné (pojmenované podle hvězdy Deneb), se vyznačovaly nižšími frekvencemi a nepravidelnou světelnou křivkou – jejich změny jasnosti jsou pravděpodobně důsledkem vnitřních nestabilit spojených s pokročilým vývojem a ztrátou hmoty. Autoři se domnívají, že tyto hvězdy už mají natolik pozměněnou vnitřní strukturu – například menší jádro – že vznik vnitřních vln je u nich jiný než u mladších kolegů.

Autoři popsali také vztah mezi SLF šumem a teplotou povrchu hvězdy – SLF variabilita je tím výraznější, čím je hvězda teplejší. To by mohlo prokazovat, že SLF variabilita souvisí s věkem hvězdy a ne pouze s její hmotností. Srovnání s podobnými hvězdami ve Velkém Magellanově oblaku, které mají nižší obsah kovů, ukázalo, že mechanismus vzniku SLF signálu není citlivý na metalicitu, což nahrává hypotéze o jeho původu v jádře hvězdy, například ve formě vnitřních gravitačních vln.

Studie potvrzuje, že proměnlivost modrých veleobrů je silným nástrojem pro zkoumání jejich vývoje.

Jejich chování se dramaticky mění s rostoucí hmotností, stářím a svoji roli hraje i chemické složení. SLF variabilita se ukazuje jako univerzální jev, jehož pochopení je klíčové pro správné modelování vnitřní dynamiky hvězd a procesů, které vedou ke vzniku supernov a neutronových hvězd.

M. Kourniotis a kol., *Variability of Galactic blue supergiants observed with TESS*, *Astronomy and Astrophysics* 697 (2025) id.A152, preprint arXiv:2503.20860

<https://www.asu.cas.cz/articles/2435/19/na-cem-pracujeme-promennost-modrych-veleobru>