

Yıldızlarda Dönme

- Yıldızın yaşamını şekillendiren kritik parametrelerden biri dönme hızıdır.
- Yıldızın dönüş hızı, yıldızın iç yapısını ve evrimini büyük ölçüde etkiler [von24].
- Hızlı dönme, yıldızların küresel simetriden sapmasına ve şekil bozukluklarına yol açar [McA+05; Che+11].
- Diferansiyel dönme, yıldız özeğinde kimyasal karışım yaratır ve anakol ömrünü uzatabilir (*overshooting etkisi*) [MM00; JTC18].
- Dönme hızını etkileyen en büyük etkenlerden biri manyetik frenlemedir. Manyetik frenleme, dönme hızını önemli ölçüde azaltır [Kra67; Reb+06].

Amaç ve Hedefler

- Yıldızlarda tayf türü ve dönme hızı (*vsini*) arasındaki ilişkiyi araştırmak.
- Erken ve geç tayf türleri arasındaki dönme hızı farkını karşılaştırmak.
- Yıldızların ışıma sınıflarına dolayısıyla evrim aşamalarına göre bu ilişkinin nasıl değiştiğini incelemek.

Veri ve Yöntem

- Güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, literatürdeki farklı katalog ve kaynaklardan derlediğimiz 50.000 yıldızdan oluşan bir veri seti hazırladık. Bu veri setindeki yıldızlar çift olmayan ve aynı zamanda değişen özelliği göstermeyen yıldızlardır.
- Veri setimizde O tayf türü yıldızlar ve geç K ile M tayf türü yıldızların sayısı 200'den azdır. Bunun nedeni;
 - 1) Büyük kütleli yıldızlar (O tayf türü) çok hızlı evrimleşip yaşamlarının sonuna ulaştığı için evrende çok az sayıda bulunurlar.
 - 2) Geç tip yıldızlar (geç K ile M) ise çok sönük oldukları için onları tespit etmek oldukça zordur.

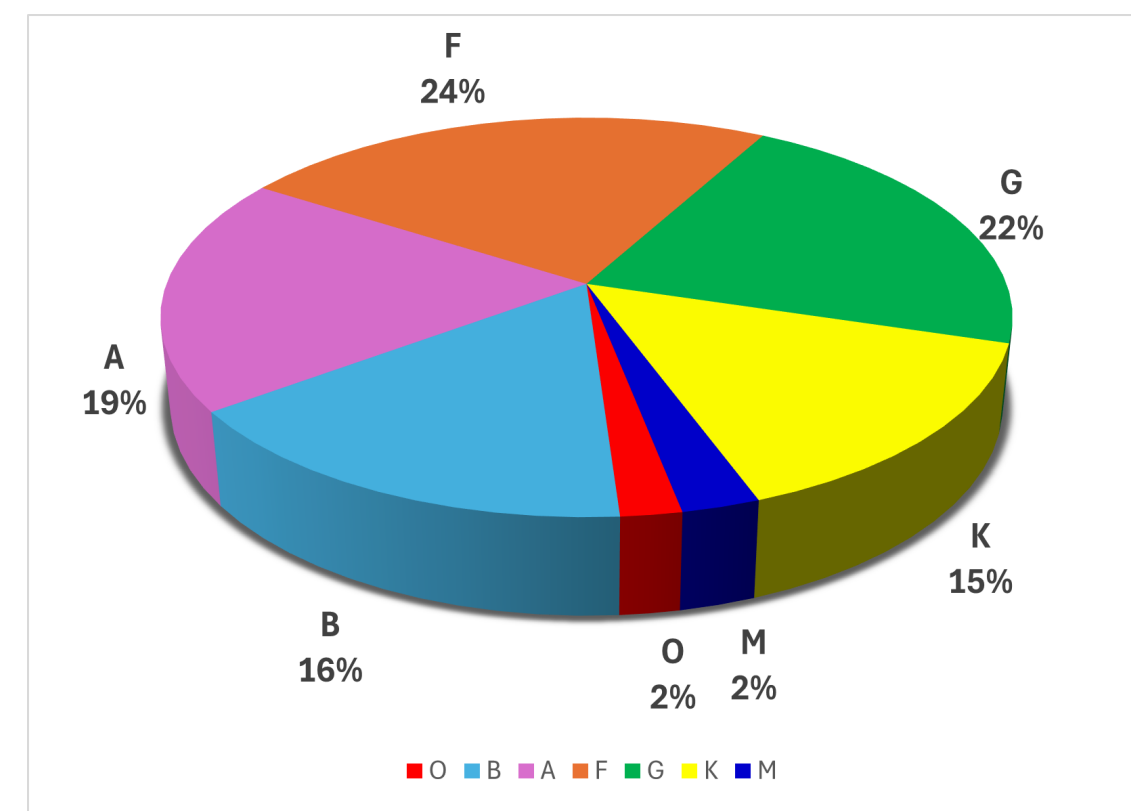
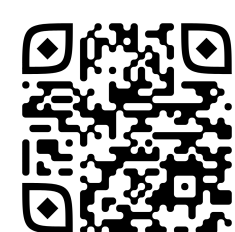


Fig. 1: Veri setimizdeki yıldızların tayf türlerine göre sayısal dağılımı. En fazla yıldız F (11536) ve G (10454) tayf türlerinde bulunmaktadır. B, A ve K tayf türlerindeki yıldız sayısı sırasıyla 7670, 9249 ve 7072 olup nispeten birbirine yakındır. En az yıldız ise O (961) ve M (1232) tayf türündeki yıldızlara aittir.



Bu postere elektronik olarak erişmek için karekodu okutunuz.

- Veri setimizdeki yıldızlar, tayf türleri ve ışıma sınıfları temelinde iki ana gruba ayrılarak incelendi.
- Bu gruplar, erken (O,B,A,F1) ve geç tayf türleri (F2,G,K,M) olarak yıldız dönme hızına göre ayrı ayrı analiz edildi.
- Yıldızların ışıma sınıfları ise anakol, altdev, kırmızı dev, parlak dev ve süperdev kategorilerinde ayrı ayrı incelendi.
- Analizlerin tamamında Gauss modeli kullanıldı.
- Verilerin düzenlenmesi, analizi ve grafiksel gösterimi; Python programlama dilinde Numpy, Pandas, Curvefit ve Matplotlib kütüphaneleri kullanılarak yazarlar tarafından yazılan bir kod ile yapıldı.

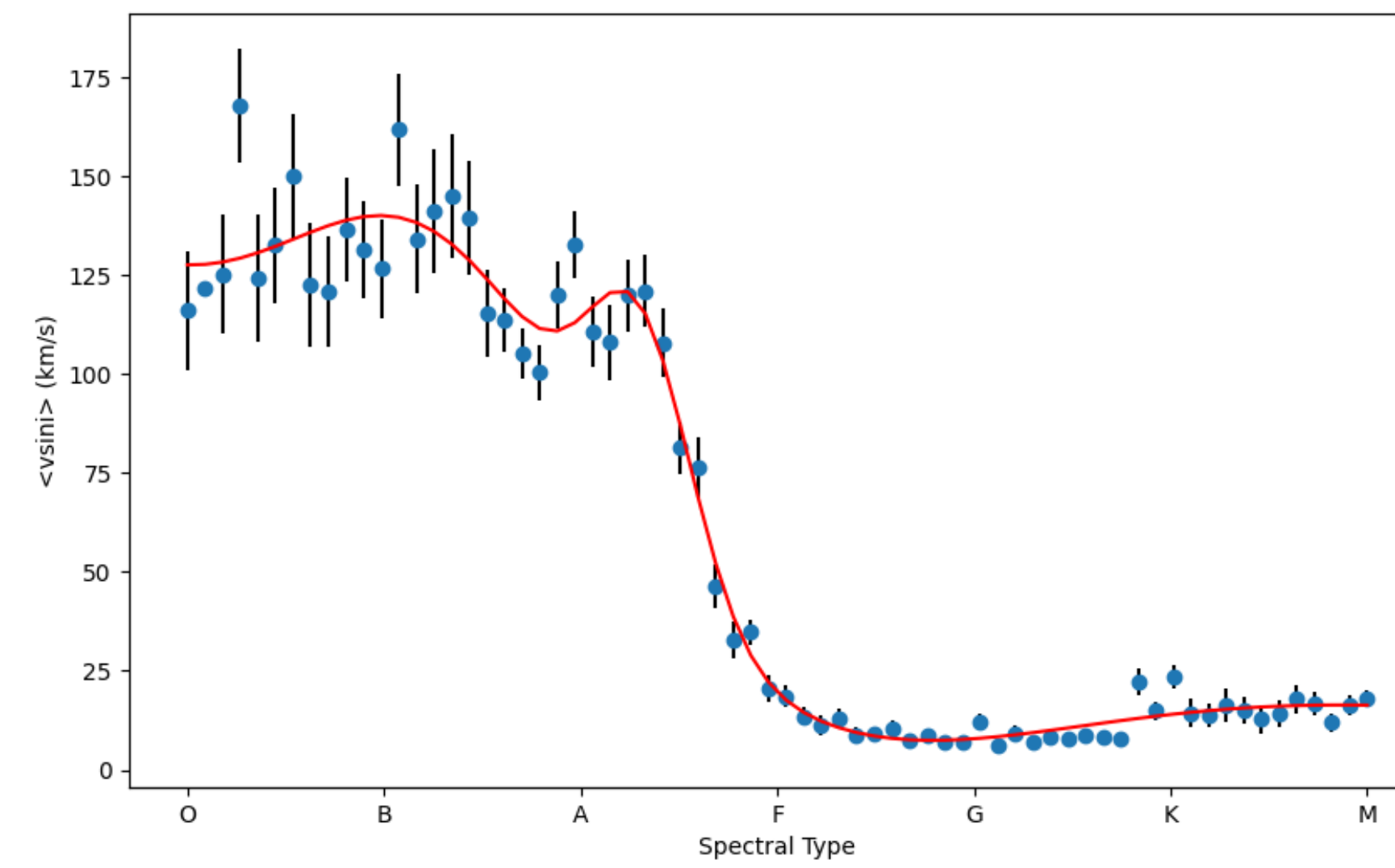


Fig. 3: Tayf türüne karşı yıldız dönme hızı grafiği. x eksenini, O0'dan M9'a kadar olan tayf türlerini, y eksenini ise ortalama dönme hızı (*vsini*) değerlerini temsil etmektedir. *vsini* (mavi noktalar) hatalarıyla birlikte gösterilmiştir. Kırmızı çizgi, Gauss fitini ifade eder.

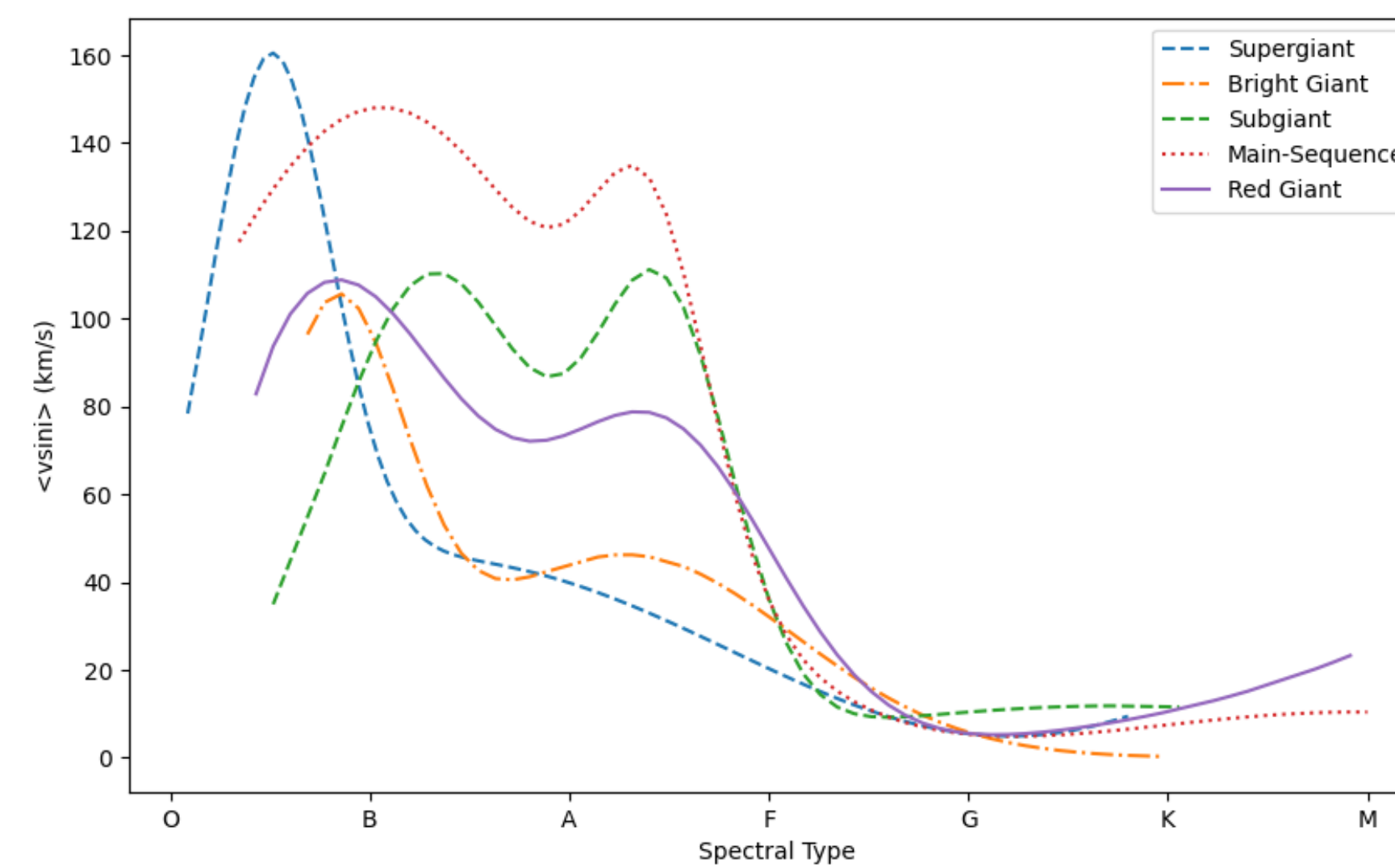


Fig. 4: Şekil 3'ün ışıma sınıfına göre çizilmiş hali. x ve y eksenleri, sırasıyla, O0'dan M9'a kadar olan tayf türlerini ve (*vsini*) değerlerini temsil eder. Süperdev, parlak dev, kırmızı dev, altdev ve anakol yıldızları için Gauss fitleri, sırasıyla, mavi, turuncu, mor, yeşil ve kırmızı renklerle gösterilmiştir.

Baş Araştırmacılar



Ahmet USTA
ahmtustaa113@gmail.com



Mert BORAN
s.boranmert@gmail.com

Bu araştırma, TÜBİTAK tarafından 2209A-1919B012310850 proje numarası ile desteklenmiştir. TÜBİTAK'a desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Sonuçlar ve Gelecek Çalışmalar

- Sıcak yıldızlardan (O0-F2) soğuk yıldızlara (F2-M9) doğru (*vsini*)'de yaklaşık 100 km/s'lik azalma gözlemlendi (Şekil 3).
- Yıldızların anakoldan süperdevlere doğru dönme hızının azaldığı bulundu. Bu hız azalmasının, özellikle altdevlerden sonraki evrimsel aşamalarda daha belirgin olduğu belirlendi (Şekil 4).
- Geç tayf türlerindeki genel hız azalmasının aksine Geç M tayf türlerine doğru ortalama yaklaşık 10 km/s'lik bir hız artışı gözlemlendi.
- Gelecekte, bu çalışma kapsamında ihmal edilen değişen (özellikle tuhaf tayflı) yıldızlardaki dönme ilişkisinin incelenmesi planlanmaktadır. Buna ek olarak, açık yıldız kümelerindeki üye yıldızlarda dönme hızı ile tayf türü arasındaki ilişkinin araştırılması düşünülmektedir.

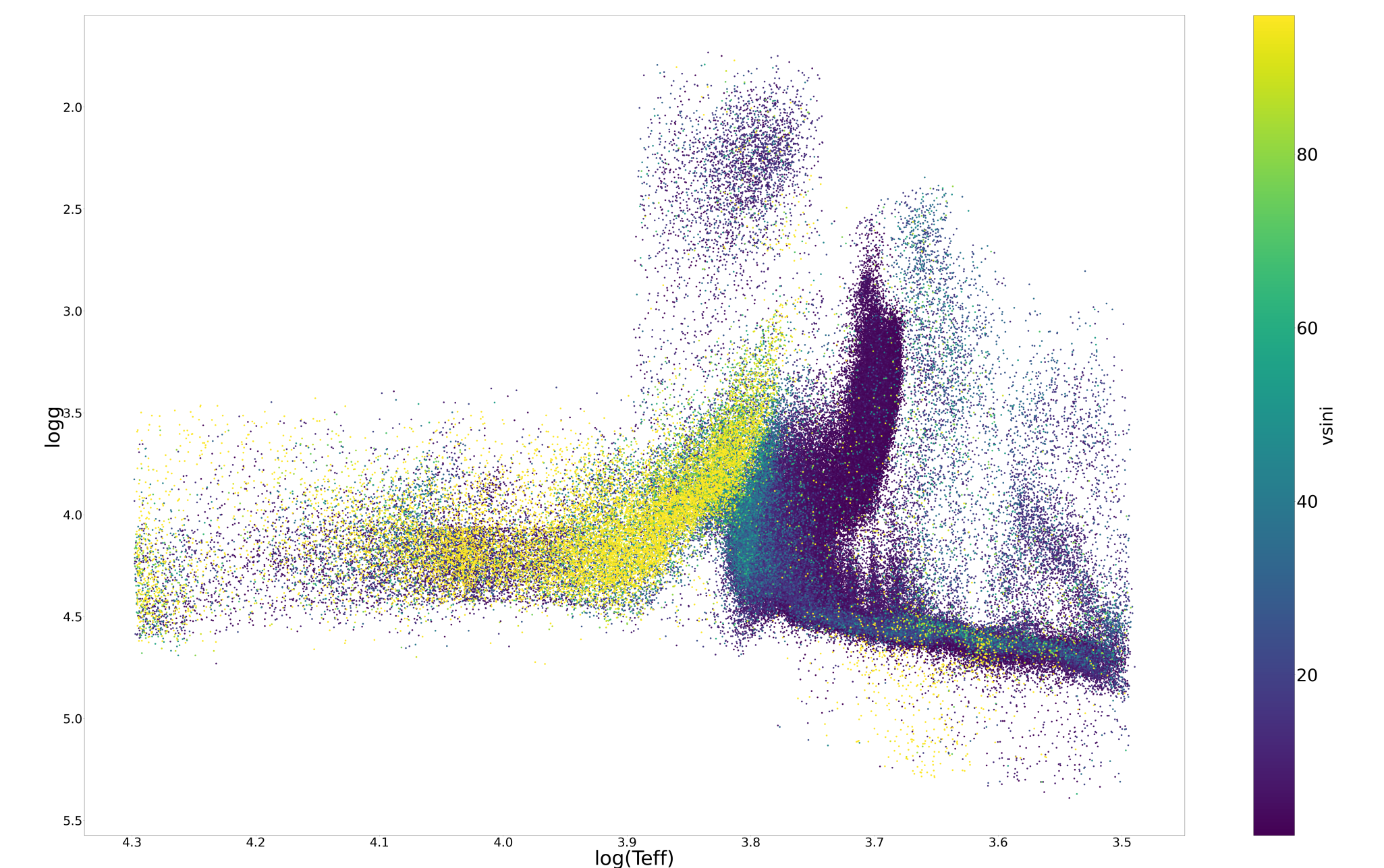


Fig. 5: Gelecek çalışmalar için fikir vermesi açısından çizilen Kiel diyagramı (etkin sıcaklığa karşı yüzey çekim ivmesi). Renk ölçeği, yıldızların dönme hızını belirliyor olup mor tonlardan sarı tonlara doğru hız artmaktadır. Bu gösterimde toplamda 320.000 yıldız kullanılmıştır.

Kaynaklar

- [Che+11] X. Che et al. "Colder and Hotter: Interferometric Imaging of β Cassiopeiae and α Leonis". In: *ApJ* 732.2, 68 (May 2011), p. 68. DOI: 10.1088/0004-637X/732/2/68. arXiv: 1105.0740 [astro-ph.SR].
- [JTC18] Adam S. Jermyn et al. "Enhanced rotational mixing in the radiative zones of massive stars". In: *MNRAS* 480.4 (Nov. 2018), pp. 5427–5446. DOI: 10.1093/mnras/sty1831. arXiv: 1807.08766 [astro-ph.SR].
- [Kra67] Robert P. Kraft. "Studies of Stellar Rotation. V. The Dependence of Rotation on Age among Solar-Type Stars". In: *ApJ* 150 (Nov. 1967), p. 551. DOI: 10.1086/149359.
- [McA+05] H. A. McAlister et al. "First Results from the CHARA Array. I. An Interferometric and Spectroscopic Study of the Fast Rotator α Leonis (Regulus)". In: *ApJ* 628.1 (July 2005), pp. 439–452. DOI: 10.1086/430730. arXiv: astro-ph/0501261 [astro-ph].
- [MM00] G. Meynet et al. "Stellar evolution with rotation. V. Changes in all the outputs of massive star models". In: *A&A* 361 (Sept. 2000), pp. 101–120. DOI: 10.48550/arXiv.astro-ph/0006404. arXiv: astro-ph/0006404 [astro-ph].
- [Reb+06] L. M. Rebull et al. "A Correlation between Pre-Main-Sequence Stellar Rotation Rates and IRAC Excesses in Orion". In: *ApJ* 646.1 (July 2006), pp. 297–303. DOI: 10.1086/504865. arXiv: astro-ph/0604104 [astro-ph].
- [von24] H. von Zeipel. "The radiative equilibrium of a rotating system of gaseous masses". In: *MNRAS* 84 (June 1924), pp. 665–683. DOI: 10.1093/mnras/84.9.665.