



# UZAY VE YERYÜZÜ KONUŞLU

## IŞIKÖLÇÜM VE TAYFSAL

## GÖZLEMLERLE

# RV TAURI TÜRÜ DF CYG'NIN DOĞASI

**Cenk KAYHAN(1), Ahmet DERVİŞOĞLU(2), Timur ŞAHİN(3)**

1. Erciyes Üniversitesi Astronomi Ve Uzay Bilimleri Bölümü, Kayseri

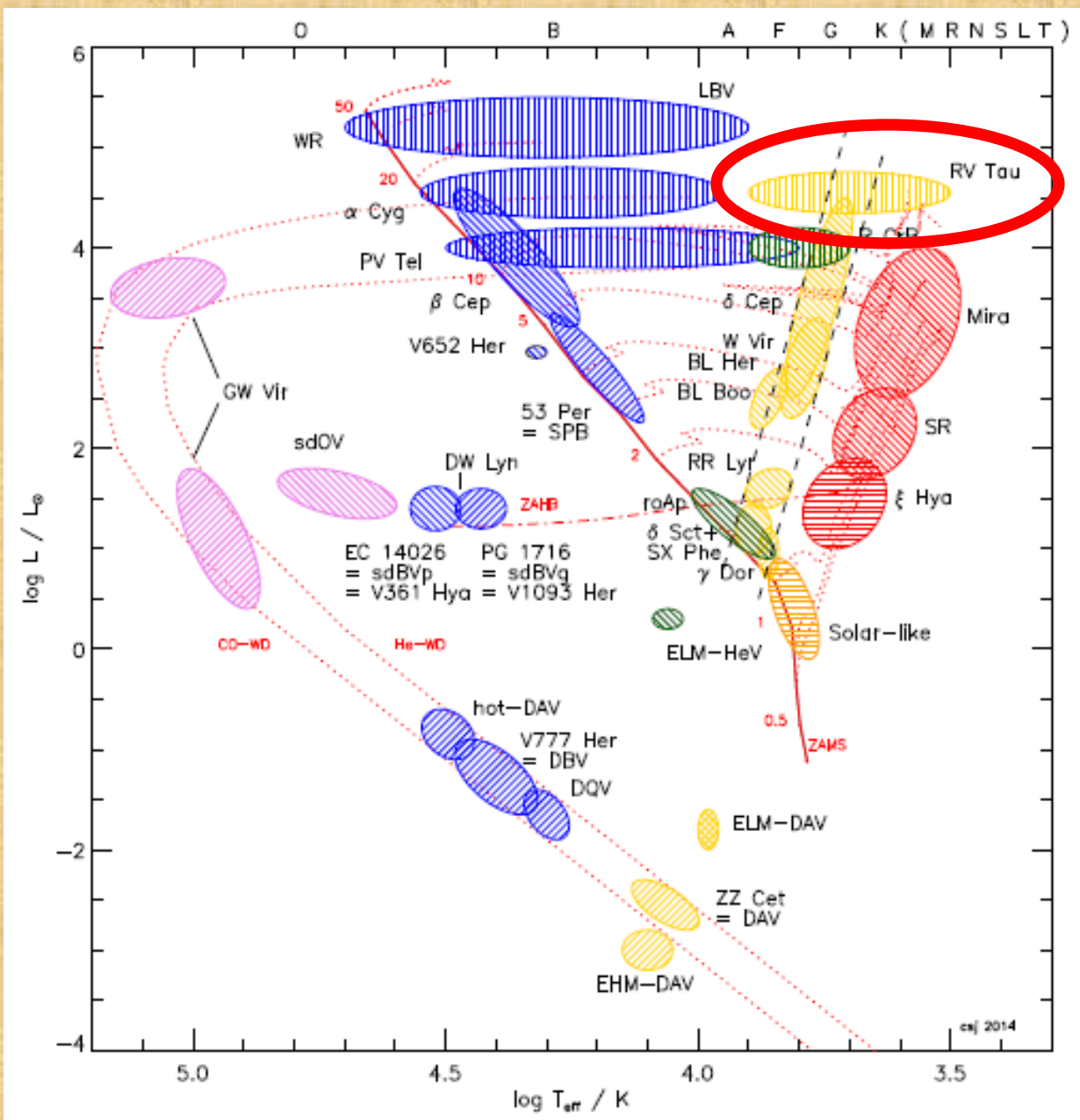
2. Atatürk Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Erzurum

3. Akdeniz Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya

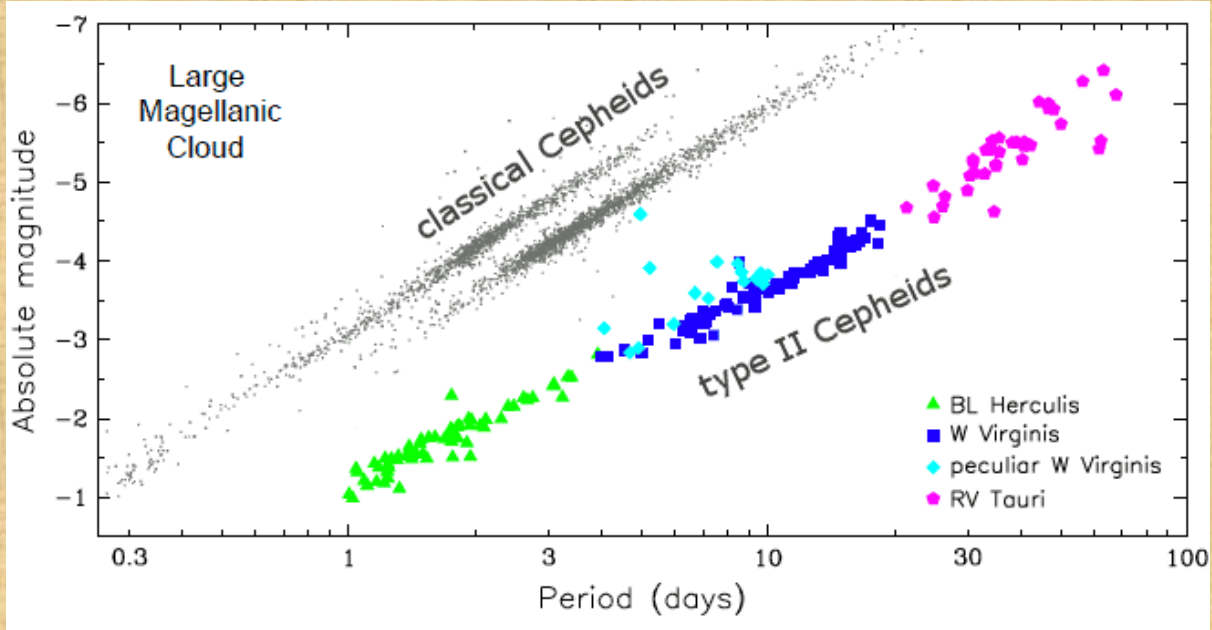
*Post-AGB Evresindeki RV Tauri Türü Yıldızlarının Kepler Ve TESS Temelli Zonklama Özelliklerinin Tespiti Ve Doğası*

başlıklı ERÜ [DOSAP MAP-2020-9749](#) projesi bu çalışma tarafından desteklenmektedir.

# RV Tauri Türü

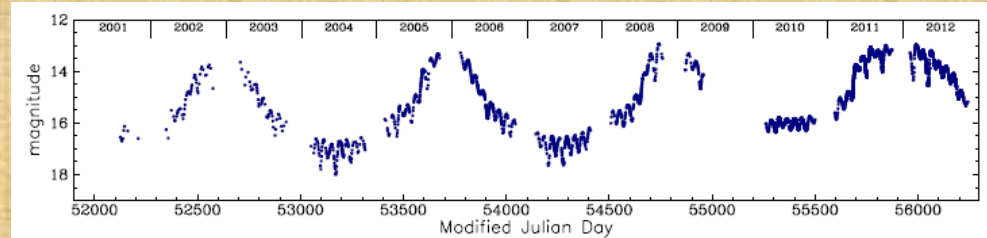


# RV Tauri Türü



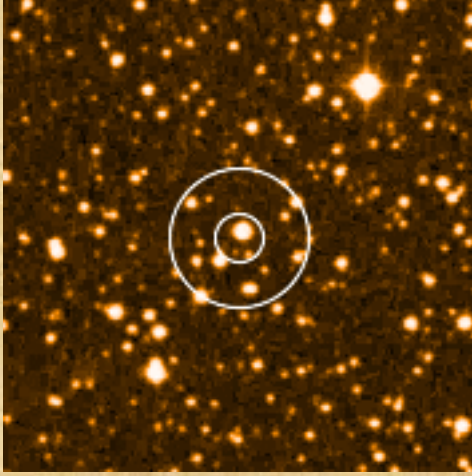
(Soszyński et al. 2018).

- Tür II Sefeid
- Küçük kütleli zonklayan yıldızlar
- **RVa** (ortalama parlaklığı sabit) ve **RVb** (ortalama parlaklığı değişen) olarak iki gruptadır.



(Soszyński et al. 2017, 2020, Udalski et al. 2018)

# DF Cyg



En çok çalışılan yıldızlardan biri: Belserene 1984;  
Vega et al. 2017; Bódi, Szatmáry, & Kiss 2016;  
Vega et al. 2017; Plachy, Bódi, & Kolláth 2018;  
Manick et al. 2019

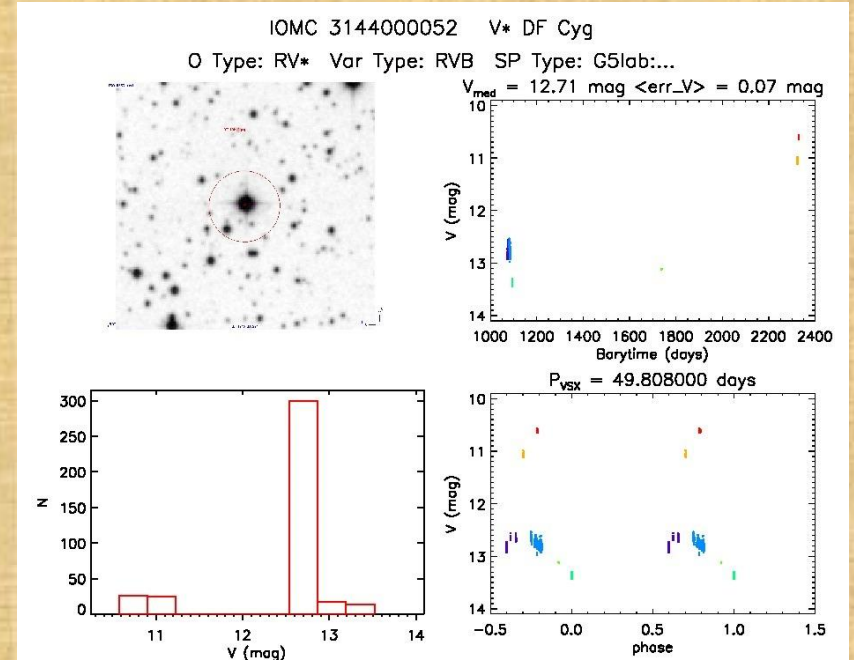
Harwood (1927) tarafından keşfedilmiş: 49.4  
günlük dönemde 10.7-14.2 kadirlik değişim

Howard (1989) ikincil bir dönem bulmuş:  
775 günlük döneme sahip

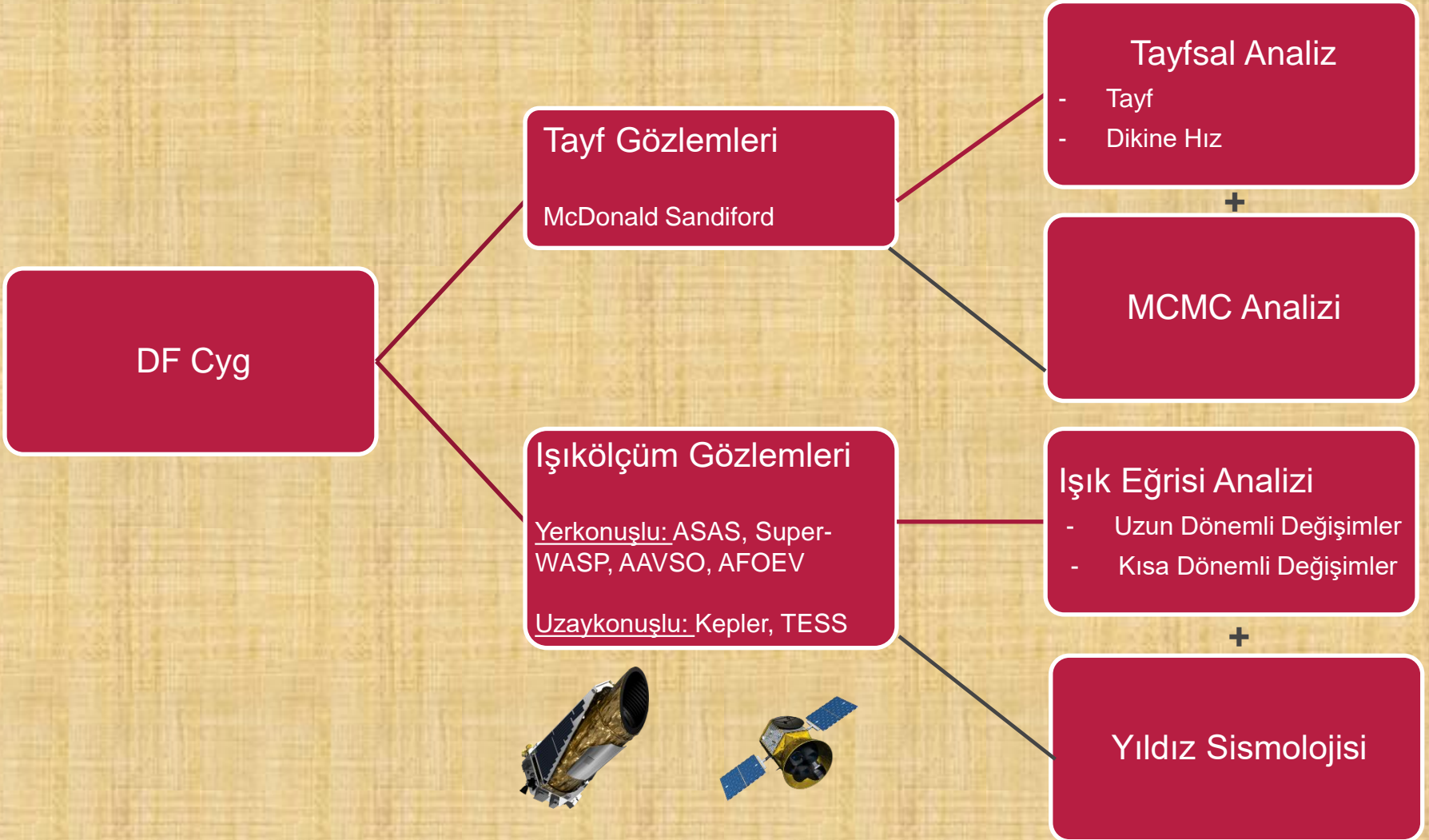
Bódi, Szatmáry, & Kiss (2016): 4 yıllık  
Kepler verisini inceleyerek 49.85 gün ve  
779.606 gün olarak iki dönem bulmuştur.

Vega et al. (2017) ikincil dönemin  
kaynağını araştırmış: toz veya çift yıldız

Manick et al. (2019): Tayfsal çalışmalarla  
çift yıldız olduğuna yönelik bulgular elde  
etmiştir.



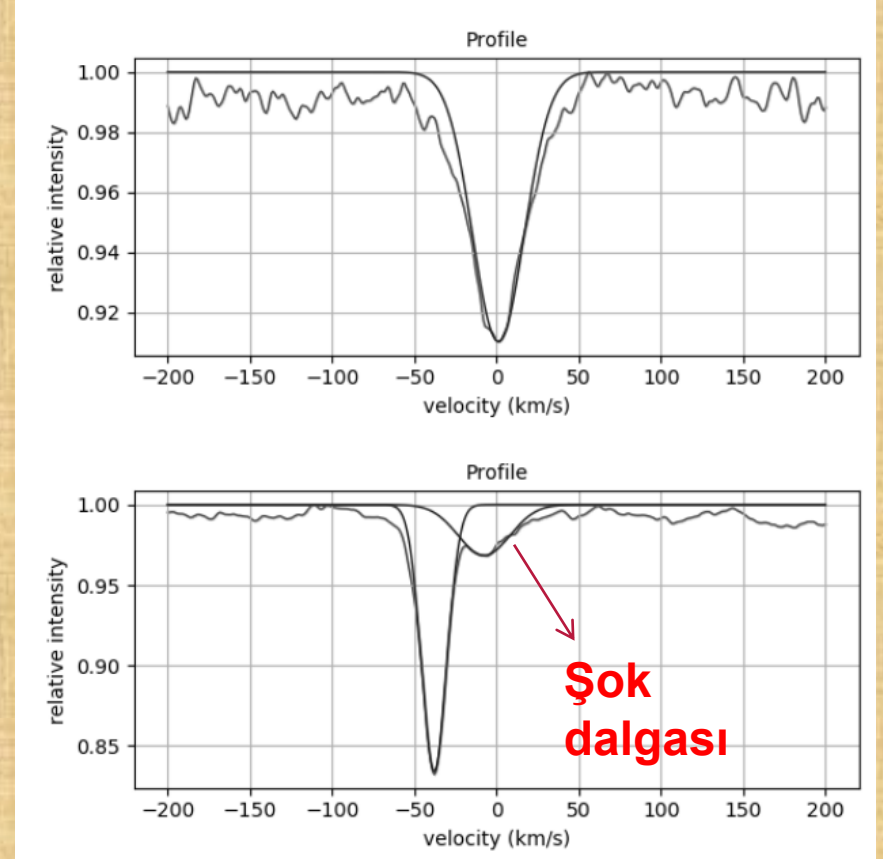
# Yöntem



# Tayf Gözlemleri ve Analizi

Time (HJD-2450000)	Pulsation Phase	RV (km/s)
4726.66991635	0.33	-40.33
4728.65926948	0.41	-37.96
4759.64179477	0.65	-3.45
4787.65328437	0.77	1.09

- ❖ 4 gece gözlem, 4800-5600 Å (Struve teleskobu 2.1m McDonald Gözlemevi) – 2'si zonklama dönemi içerisinde!
- ❖ iSpec (Blanco-Cuaresma 2019) ve CCF (Allende Prieto 2007)



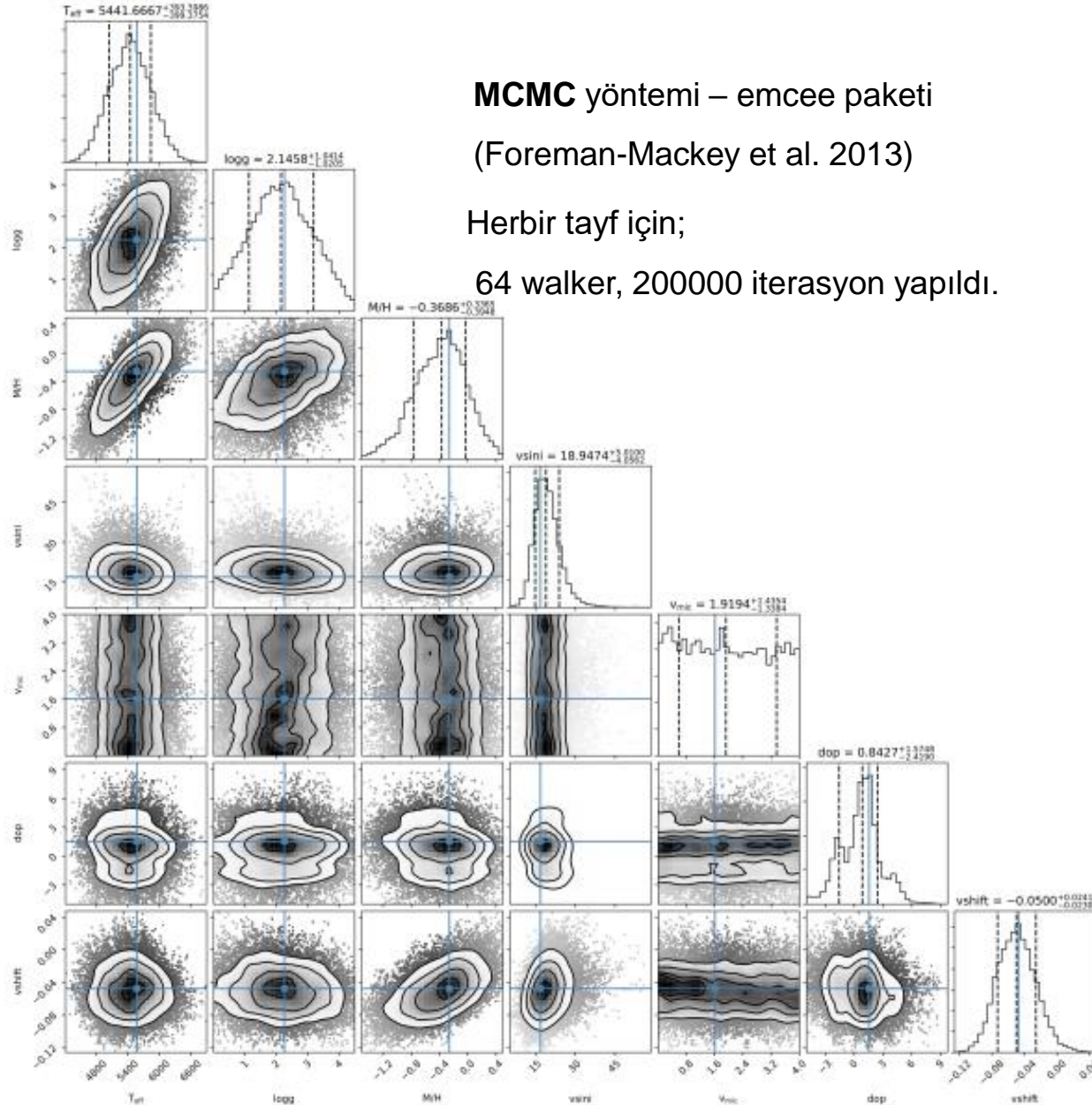
Kayhan ve ark. (2022)

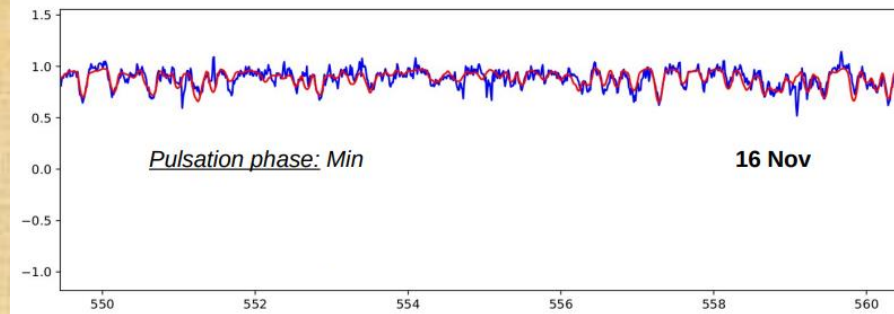
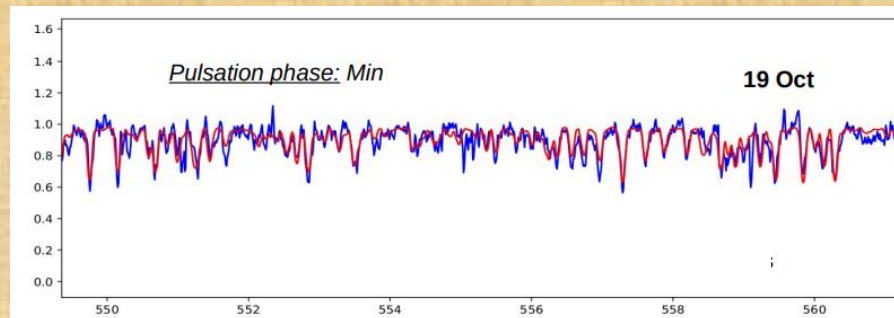
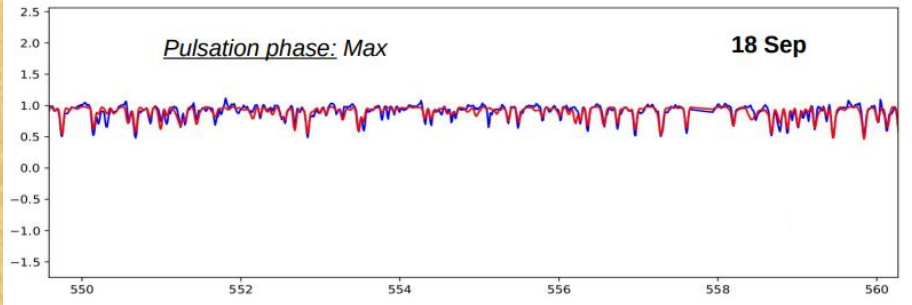
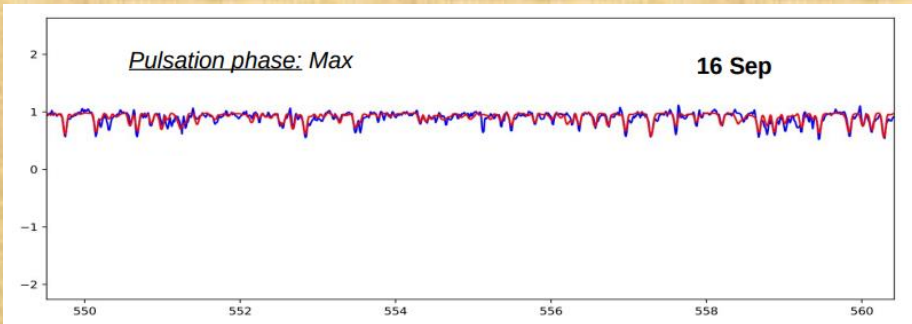
# Tayf Gözlemleri ve Analizi

**MCMC** yöntemi – emcee paketi  
(Foreman-Mackey et al. 2013)

Herbir tayf için;

64 walker, 200000 iterasyon yapıldı.



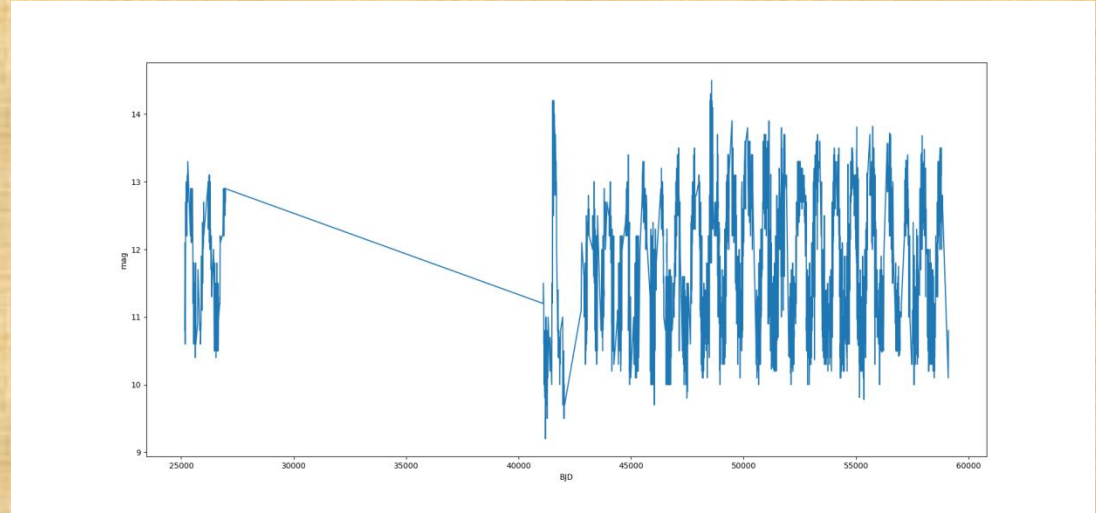
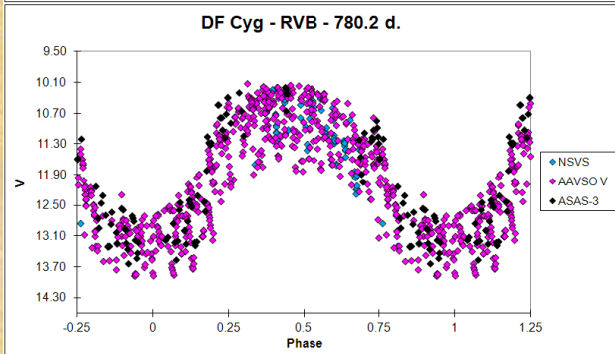
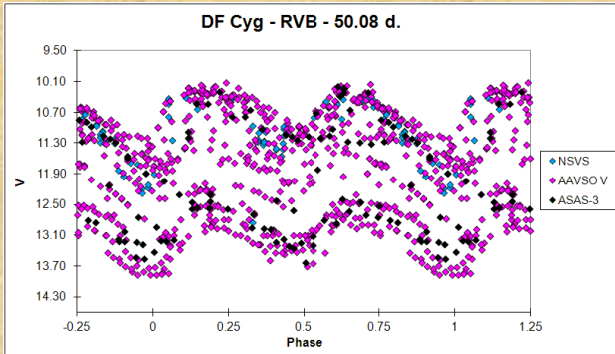




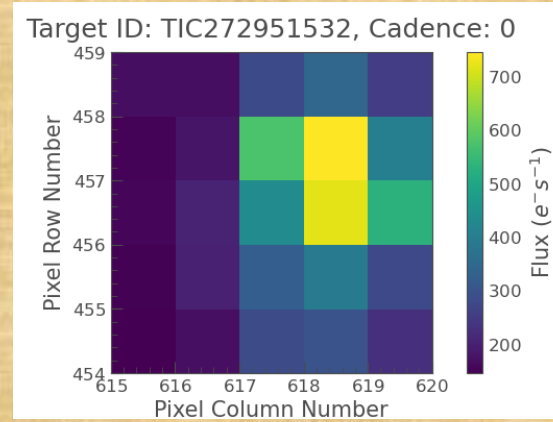
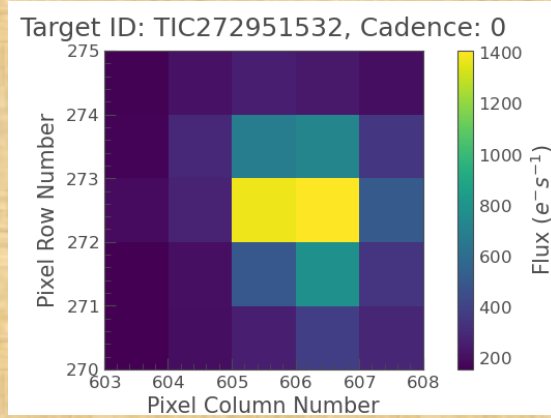
# Işıkölçüm Gözlemleri ve Analizi

## 1) Yeryüzü Gözlemleri:

- AAVSO: 1968-2022 -- 0.5 mag duyarlılığında (Kafka 2020)
- AFOEV: 1927-2020 -- 0.5 mag duyarlılığında (Scweitzer ve Vialle 1993)
- SuperWASP: 2006-2007 -- 4400 veri noktası (Pollacco et al. 2006)
- ASAS ve ASAS-SN: 2006-2007 – 2015-2017 -- 4500 veri noktası (Pigulski et al. 2009; Pawlak et al. 2019)



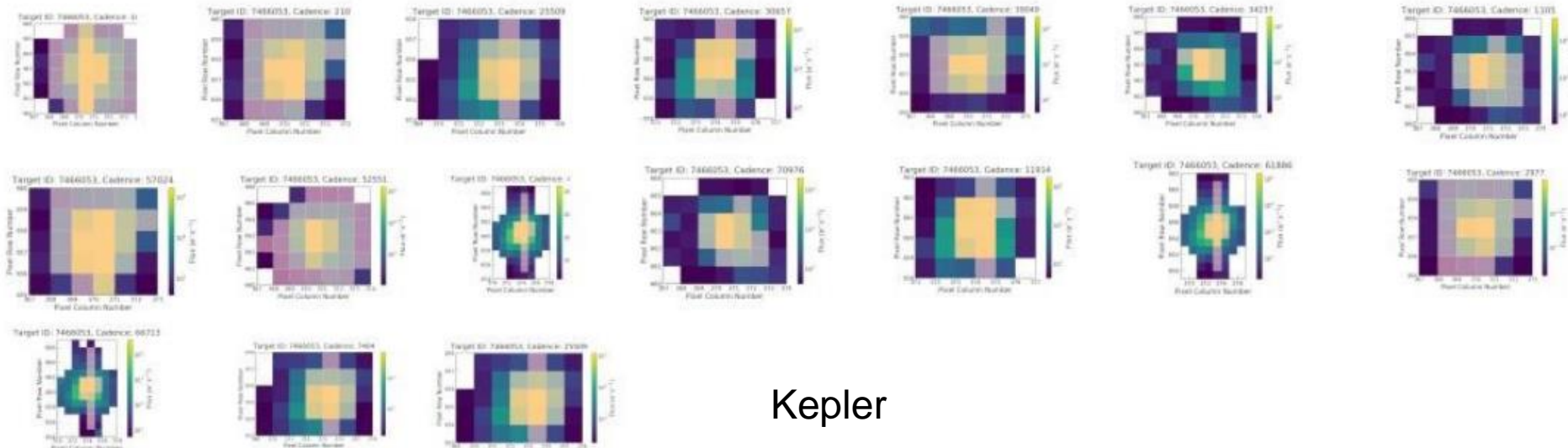
# Işıkkölçüm Gözlemleri ve Analizi



Kayhan ve ark. (2022)

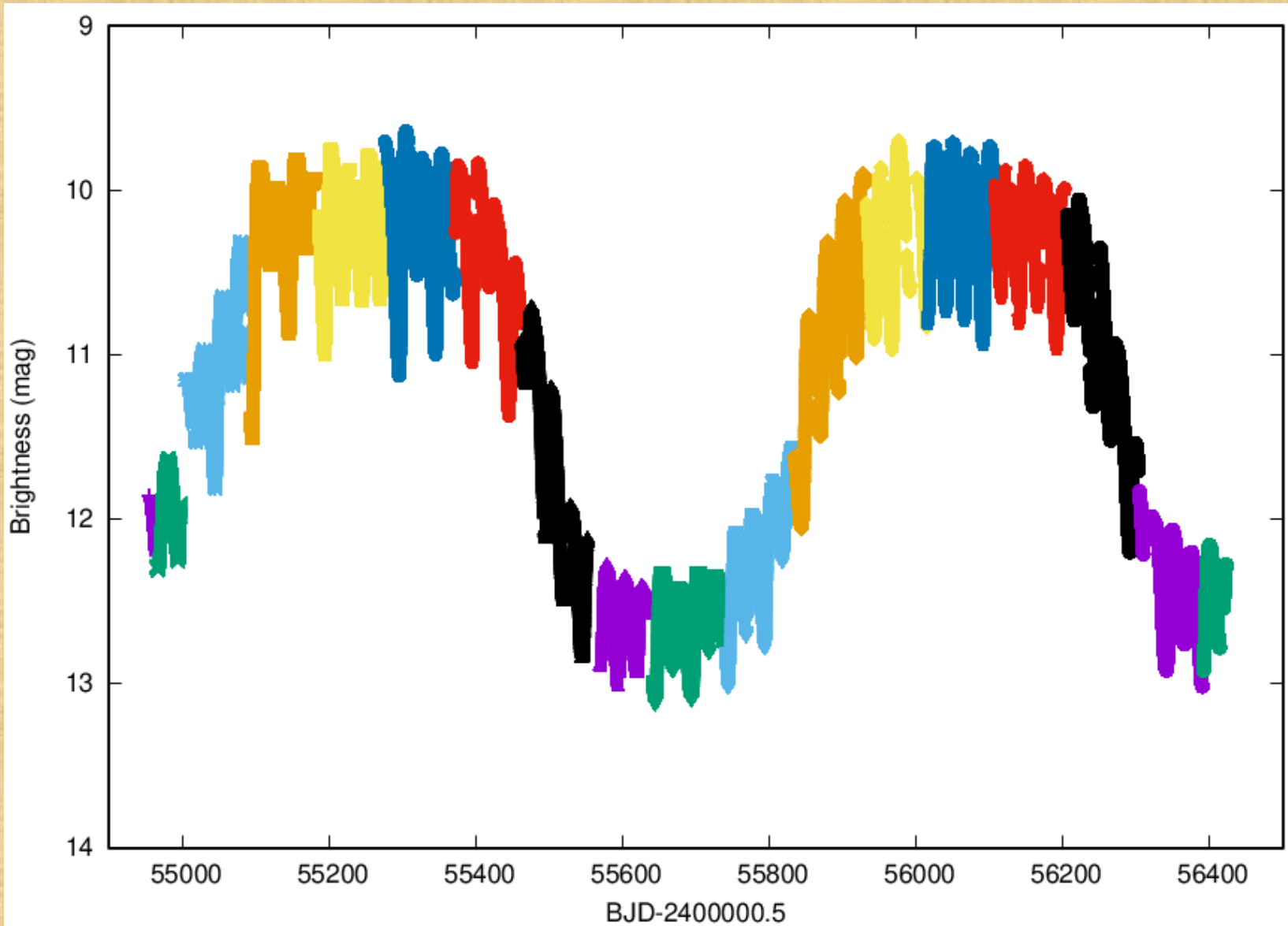
## 2) Uzay Gözlemleri:

- Kepler: Q0-17 yaklaşık 4 yıllık gözlem (Borucki et al. 2010)
- TESS: 14, 15 ve 41. Bölge. 15. Bölge 120s cadence (Ricker et al. 2015)

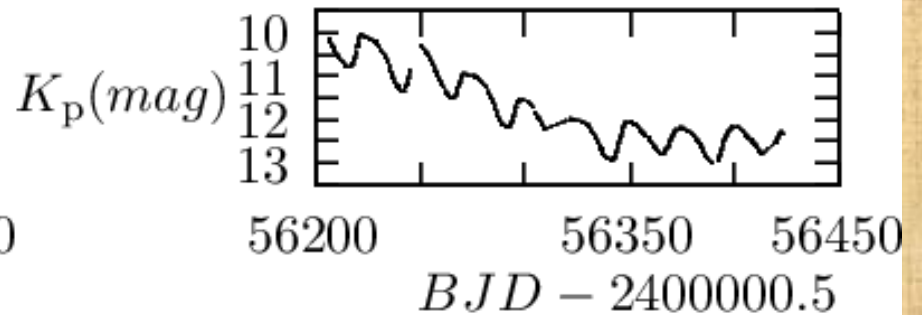
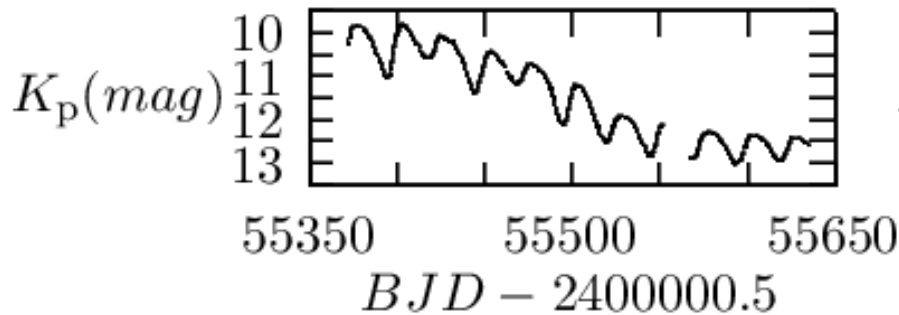
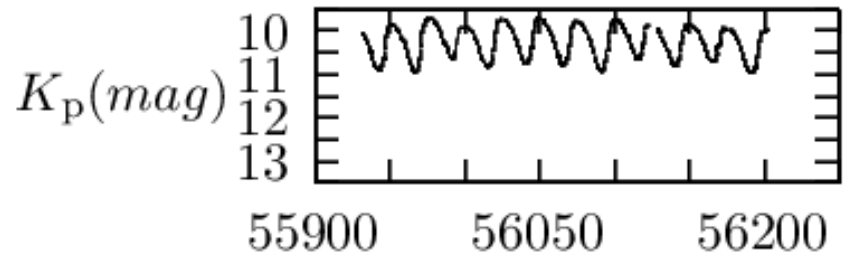
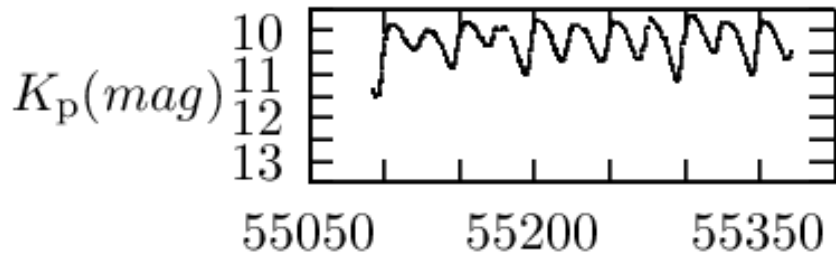
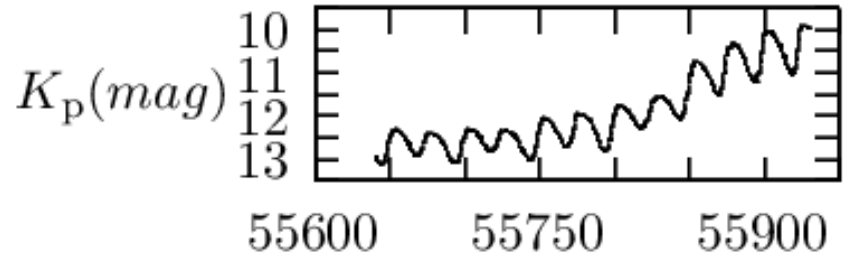
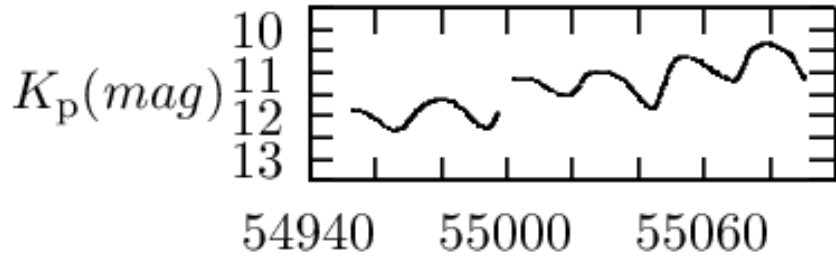


Kepler

# Kepler Işık Eğrisi

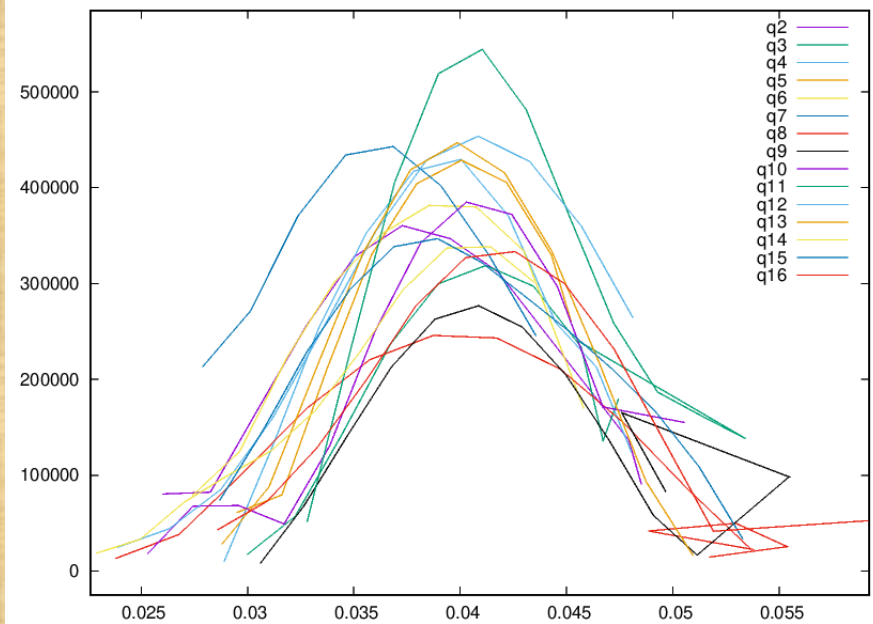


# Kepler Işık Eğrisi



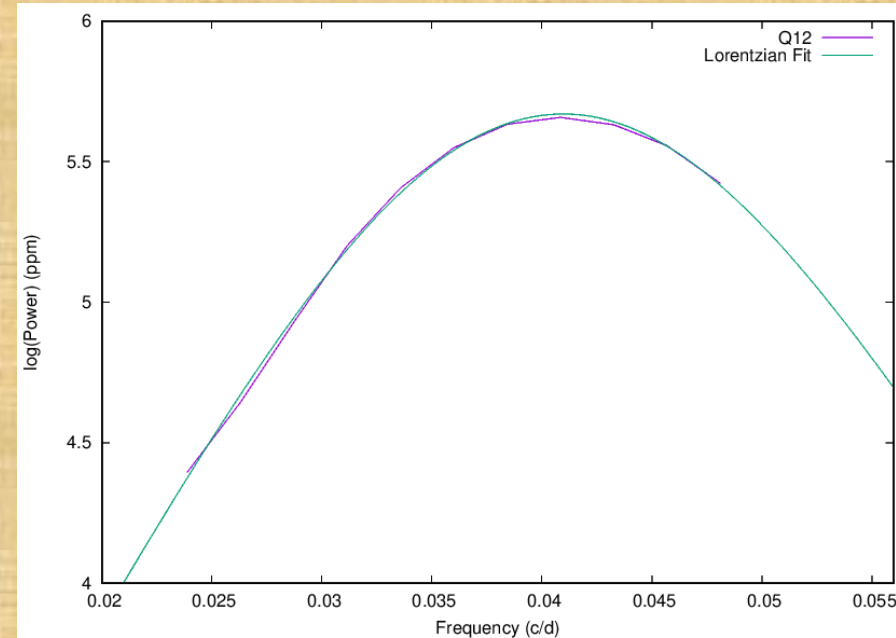
# Uzun ve Kısa Dönemli Değişim

Lomb-Scargle dönem analizi (Lomb 1976, Scargle 1982)

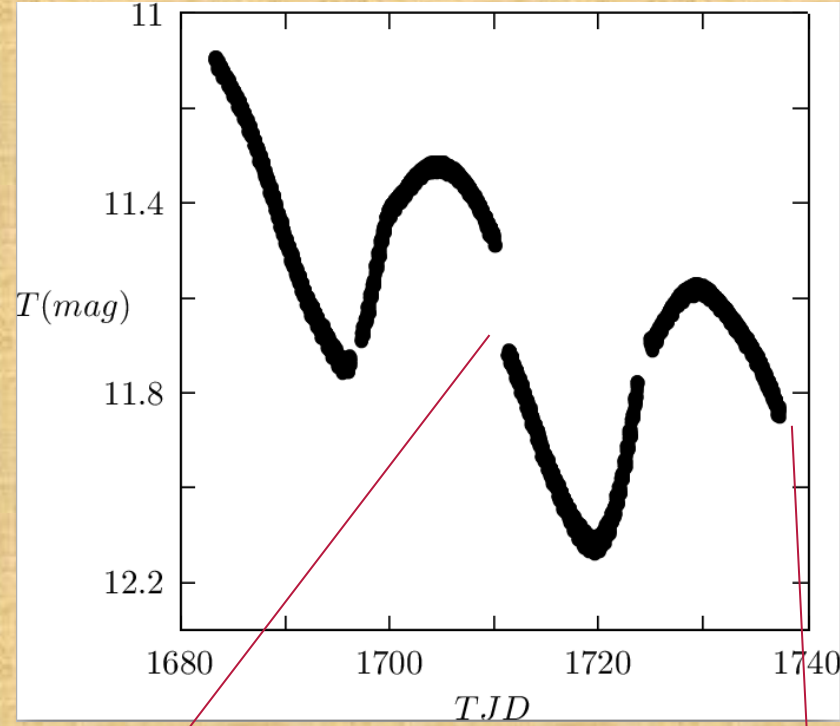


Kepler verilerinde temel mod.

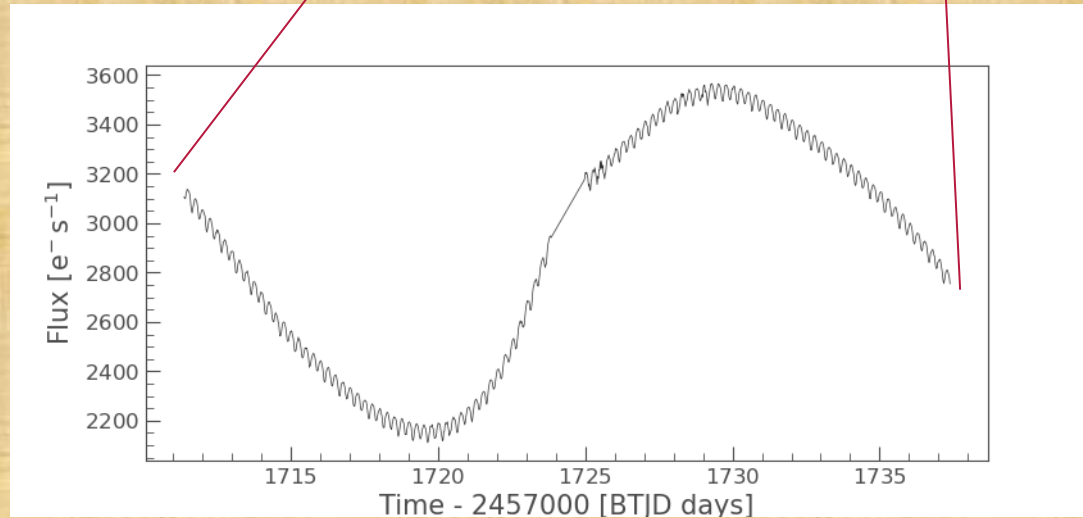
Kepler verilerden frekansların (dönem) daha hassas belirlenmesi için Lorentzian fonksiyonu kullanıldı.



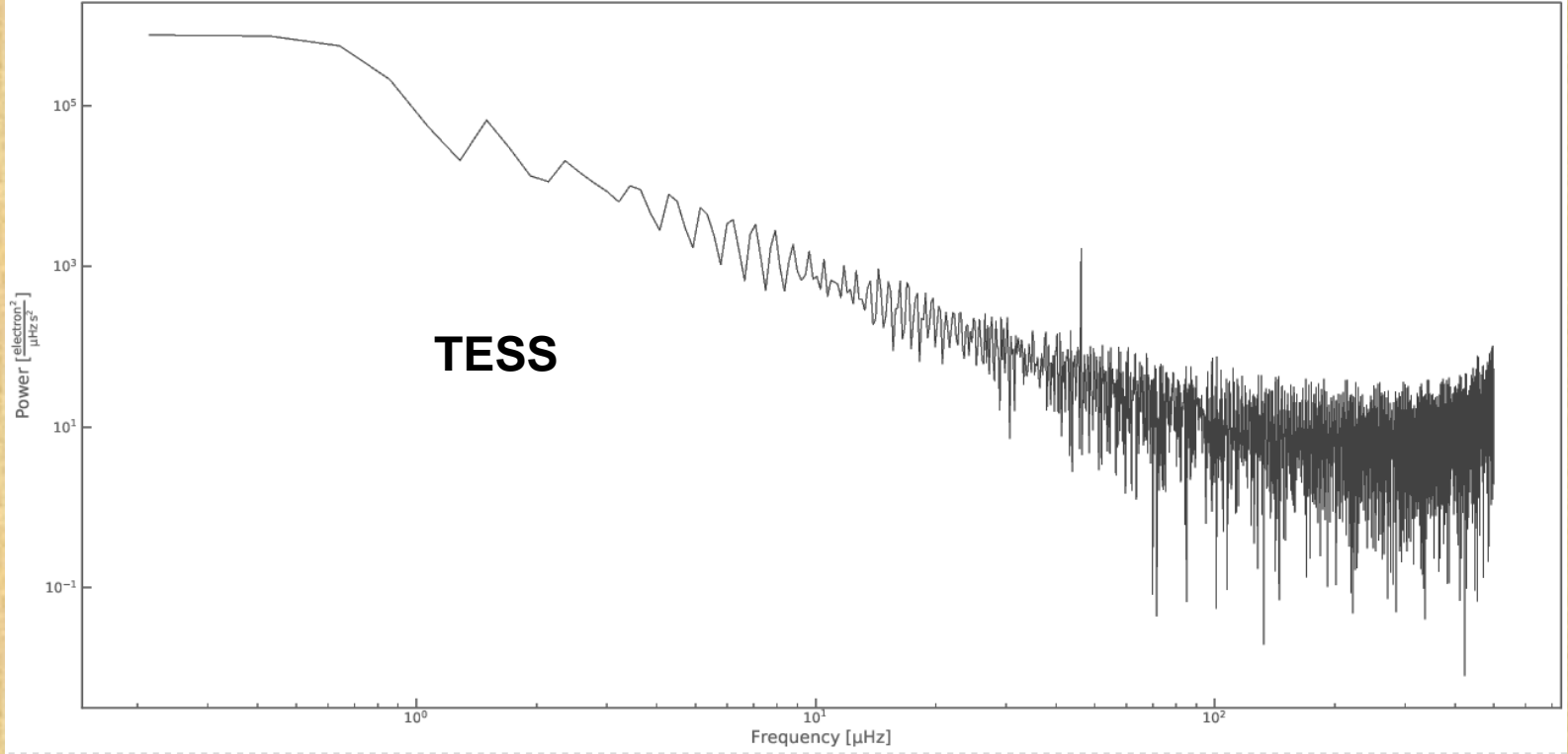
# TESS Işık Eğrisi



Kayhan ve ark. (2022)



# Yıldız Sismolojisi

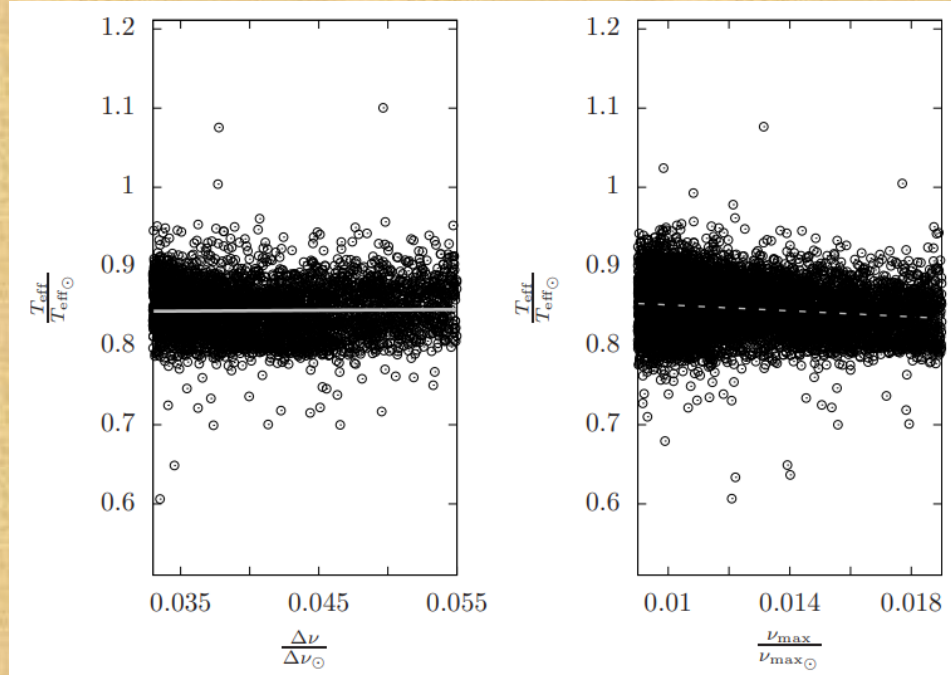


Kayhan ve ark. (2022)

- En büyük genlikli frekans 46.5 μHz.
- Ancak büyük ayrılma belirlenemedi. Bu nedenle Stello et al. 2009'daki bağıntı kullanıldı: 5.6 μHz

$$\Delta \nu \approx 0.294 * \nu_{\max}^{0.772}$$

# Ölçeklendirme İlişkisi



Kayhan ve ark. (2022)

- ❖ Teff değeri bilinmediğinden Yu et al. (2018) yararlanıldı. (16000 RGB yıldızı)
- ❖ Numax<50 muHz olduğundan Güneş için Mosser et al. (2013) 'deki değerlerin ölçeklendirme ilişkisinde kullanılmasına karar verildi.

$$\frac{M_{\text{sis}}}{M_{\odot}} = \left( \frac{\nu_{\text{max}}}{\nu_{\text{max}\odot}} \right)^3 \left( \frac{\Delta\nu}{\Delta\nu_{\odot}} \right)^{-4} \left( \frac{T_{\text{eff}}}{T_{\text{eff}\odot}} \right)^{1.5}$$

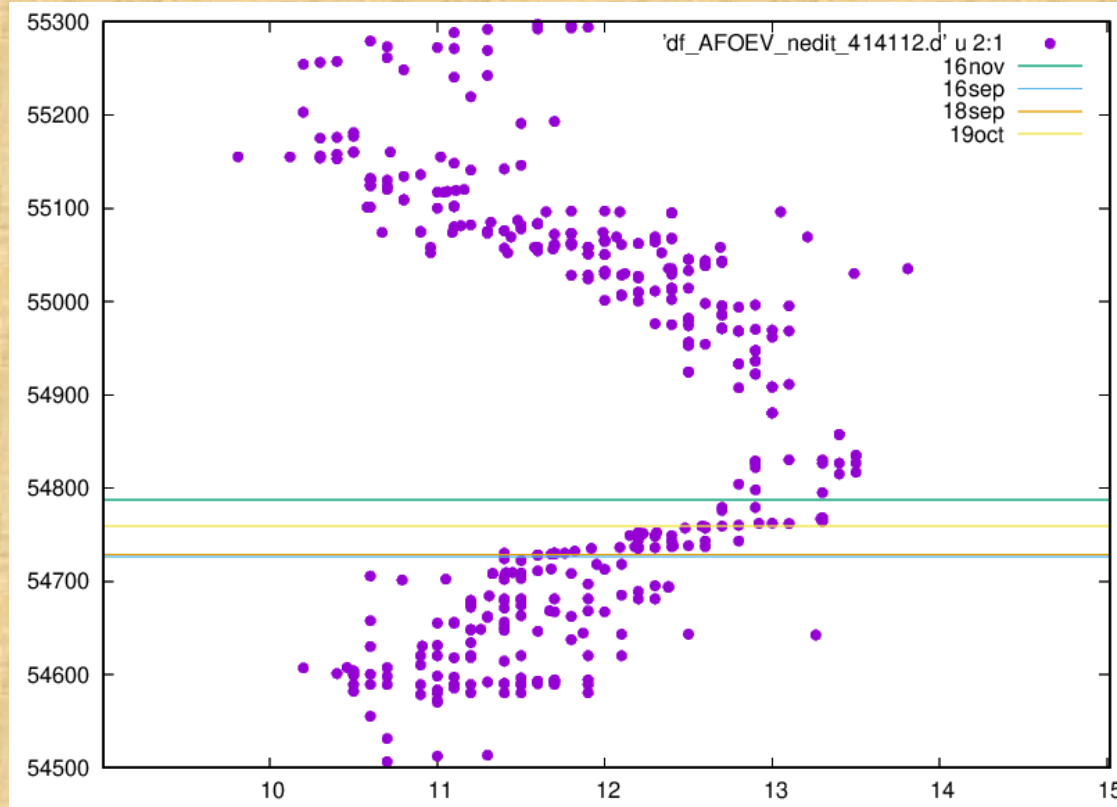
$$\frac{R_{\text{sis}}}{R_{\odot}} = \left( \frac{\nu_{\text{max}}}{\nu_{\text{max}\odot}} \right) \left( \frac{\Delta\nu}{\Delta\nu_{\odot}} \right)^{-2} \left( \frac{T_{\text{eff}}}{T_{\text{eff}\odot}} \right)^{0.5}$$



# Uzun ve Kısa Dönemli Değişim

Frequency (c/d)	Amplitude (mag)	Phase (rad/2 $\pi$ )	Period (day)	Observation
0.0405564 $\pm$ 2.84e-04 ( <i>f</i> )	0.3885 $\pm$ 2.84e-02	0.1923 $\pm$ 1.17e-02	24.658 $\pm$ 0.172	ASAS-N
0.0390912 $\pm$ 2.61e-04 ( <i>f</i> )	0.3630 $\pm$ 3.78e-02	0.4343 $\pm$ 1.81e-02	25.590 $\pm$ 0.174	ASAS-SN
0.0200098 $\pm$ 2.77e-04 ( <i>f</i> /2)	0.2029 $\pm$ 2.94e-02	0.3619 $\pm$ 2.31e-02	49.976 $\pm$ 0.691	ASAS-SN
0.0399514 $\pm$ 2.80e-04 ( <i>f</i> )	0.4422 $\pm$ 4.92e-02	0.4401 $\pm$ 1.83e-02	25.084 $\pm$ 0.180	AAVSO
0.0200096 $\pm$ 3.67e-04 ( <i>f</i> /2)	0.2876 $\pm$ 4.35e-02	0.2419 $\pm$ 2.40e-02	50.001 $\pm$ 0.931	AAVSO
0.0012820 $\pm$ 1.81e-06 ( <i>f<sub>orb</sub></i> )	1.0161 $\pm$ 6.16e-02	0.8639 $\pm$ 9.64e-03	780.041 $\pm$ 1.101	AAVSO
0.0012825 $\pm$ 2.94e-06 ( <i>f<sub>orb</sub></i> )	1.1370 $\pm$ 1.09e-02	0.9533 $\pm$ 1.53e-03	779.737 $\pm$ 1.785	AFOEV
0.0394424 $\pm$ 1.44e-04 ( <i>f</i> )	0.2220 $\pm$ 1.04e-02	0.1455 $\pm$ 7.48e-03	25.036 $\pm$ 0.090	AFOEV
0.0399665 $\pm$ 4.38e-04 ( <i>f</i> )	0.3720 $\pm$ 2.46e-02	0.7196 $\pm$ 1.05e-03	25.021 $\pm$ 0.274	SuperWASP
0.0210067 $\pm$ 8.69e-05 ( <i>f</i> /2)	0.1877 $\pm$ 2.46e-02	0.5303 $\pm$ 2.08e-03	47.604 $\pm$ 0.197	SuperWASP
0.0012921 $\pm$ 7.77e-08 ( <i>f<sub>orb</sub></i> )	1.2933 $\pm$ 2.69e-04	0.2689 $\pm$ 3.30e-05	773.928 $\pm$ 0.047	Kepler
0.0401234 $\pm$ 2.53e-07 ( <i>f</i> )	0.4118 $\pm$ 2.69e-04	0.4469 $\pm$ 1.08e-04	24.923 $\pm$ 0.002	Kepler
0.0200277 $\pm$ 1.19e-06 ( <i>f</i> /2)	0.0893 $\pm$ 2.69e-04	0.3852 $\pm$ 5.07e-04	49.931 $\pm$ 0.003	Kepler
0.0802469 $\pm$ 1.09e-06 (2 <i>f</i> )	0.9166 $\pm$ 2.69e-04	0.4961 $\pm$ 4.63e-04	12.462 $\pm$ 0.002	Kepler
0.0601512 $\pm$ 1.97e-06 (3 <i>f</i> /2)	0.4828 $\pm$ 2.69e-04	0.3883 $\pm$ 8.38e-04	16.625 $\pm$ 0.001	Kepler
0.0135332 $\pm$ 4.86e-06 ( <i>f</i> /3)	0.1898 $\pm$ 2.69e-04	0.3972 $\pm$ 2.06e-03	73.893 $\pm$ 0.027	Kepler
0.0105749 $\pm$ 3.61e-06 ( <i>f</i> /4)	0.2242 $\pm$ 2.69e-04	0.1486 $\pm$ 1.53e-03	94.563 $\pm$ 0.032	Kepler
0.0486922 $\pm$ 6.46e-06 (5 <i>f</i> /4)	0.1680 $\pm$ 2.69e-04	0.6064 $\pm$ 2.74e-03	20.537 $\pm$ 0.003	Kepler
0.0453529 $\pm$ 3.43e-06 ( <i>f</i> )	0.2336 $\pm$ 7.84e-05	0.1933 $\pm$ 5.34e-05	22.049 $\pm$ 0.002	TESS
0.0888547 $\pm$ 5.05e-05 (2 <i>f</i> )	0.0159 $\pm$ 7.84e-05	0.3993 $\pm$ 7.87e-04	11.254 $\pm$ 0.006	TESS
0.0148091 $\pm$ 4.03e-06 ( <i>f</i> /3)	0.1986 $\pm$ 7.84e-05	0.7407 $\pm$ 6.29e-05	67.526 $\pm$ 0.018	TESS
0.1351333 $\pm$ 1.49e-04 (3 <i>f</i> )	0.0054 $\pm$ 7.84e-05	0.4766 $\pm$ 2.32e-03	7.400 $\pm$ 0.008	TESS
0.1684538 $\pm$ 8.72e-05 (4 <i>f</i> )	0.0092 $\pm$ 7.84e-05	0.4603 $\pm$ 1.36e-03	5.936 $\pm$ 0.003	TESS
0.2202857 $\pm$ 2.09e-04 (5 <i>f</i> )	0.0038 $\pm$ 7.84e-05	0.1842 $\pm$ 3.25e-03	4.540 $\pm$ 0.004	TESS
0.2730432 $\pm$ 2.19e-04 (6 <i>f</i> )	0.0037 $\pm$ 7.84e-05	0.6679 $\pm$ 3.41e-03	3.662 $\pm$ 0.003	TESS
0.3406098 $\pm$ 5.95e-04 (7 <i>f</i> )	0.0013 $\pm$ 7.84E-05	0.9400 $\pm$ 9.28E-03	2.936 $\pm$ 0.005	TESS
0.3693025 $\pm$ 3.33e-04 (8 <i>f</i> )	0.0024 $\pm$ 7.84e-05	0.8290 $\pm$ 5.20e-03	2.708 $\pm$ 0.002	TESS

# MCMC Sonuçları ve Uzun Dönem İlişkisi



Time (HJD-2450000)	$T_{\text{eff}}$ (K)	logg (dex)	[M/H] (dex)	vsini (km/s)	$V_{\text{mic}}$ (km/s)	dop (km/s)	$V_{\text{shift}}$ (km/s)
4726.66991635	$5441.67^{+393.40}_{-399.37}$	$2.15^{+1.04}_{-1.02}$	$-0.37^{+0.34}_{-0.39}$	$18.95^{+5.01}_{-4.06}$	$1.92^{+1.43}_{-1.34}$	$0.84^{+1.57}_{-2.42}$	$-0.05^{+0.02}_{-0.02}$
4728.65926948	$5316.06^{+344.81}_{-342.84}$	$2.22^{+0.93}_{-0.91}$	$-0.15^{+0.29}_{-0.32}$	$16.20^{+3.50}_{-3.00}$	$1.99^{+1.37}_{-1.35}$	$0.47^{+1.34}_{-1.33}$	$-0.03^{+0.02}_{-0.02}$
4759.64179477	$5106.22^{+409.68}_{-402.72}$	$1.78^{+1.00}_{-0.94}$	$-0.46^{+0.39}_{-0.44}$	$26.25^{+6.21}_{-4.80}$	$2.04^{+1.32}_{-1.38}$	$-2.31^{+2.37}_{-1.67}$	$-0.04^{+0.03}_{-0.03}$
4787.65328437	$5015.42^{+526.56}_{-470.54}$	$1.89^{+1.11}_{-1.03}$	$-0.49^{+0.46}_{-0.53}$	$35.74^{+7.98}_{-6.45}$	$2.05^{+1.33}_{-1.41}$	$1.99^{+3.36}_{-3.20}$	$-0.05^{+0.03}_{-0.02}$

# SONUÇ

- DF Cyg'ye ait **TESS** verileri ilk kez bu çalışmada indirildi ve analiz edildi.
- Yeryüzü ve uzay konuşlu teleskoplar kullanılarak çapsal zonklamaya ait **30'**a yakın frekans (yörünge, temel mod ve harmonikleri) saptandı. Uzun ve kısa dönemli değişimler incelenerek:  $P_{yör} = 777.902$  gün,  $P_1 = 49.378$  gün belirlendi.
- CCF yöntemi ile tayfta şok benzeri yapı keşfedildi.
- MCMC yöntemi ile  **$T_{eff} = 5220 \pm 300$  K,  $\log g = 2.01 \pm 0.93$  dex,  $[M/H] = -0.37 \pm 0.35$  dex** bulundu.
- Yıldızın post-AGB değil AGB olduğu belirlendi.
- TESS verilerinde SNR yüksek bir numax ilk kez saptandı. Dnu, numax-Dnu ilişkisi yardımıyla elde edilirken  $T_{eff}$  bir başka yöntemle belirlendi.
- Sonuç olarak ölçeklendirme ilişkisi kullanılarak  **$M = 0.95$  Mgün,  $R = 8.30$  Rgün,  $\log g = 2.58$  dex,  $L = 34.8$  Lgün** elde edildi. Bu değerler bileşen yıldızı gösteriyor.

# TEŞEKKÜRLER

