ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HD 199719 YILDIZININ ETRAFINDA ÇİZGİ ORTAYI ANALİZİ YARDIMIYLA ÖTEGEZEGEN ARAŞTIRMASI

Didem Dilan İZCİ

ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2019

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Didem Dilan İZCİ tarafından hazırlanan **"HD 199719 Yıldızının Etrafında Çizgi Ortayı Analizi Yardımıyla Ötegezegen Araştırması"** adlı tez çalışması **04/01/2019** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Mesut YILMAZ
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Eş Danışman : -

Jüri Üyeleri :

Başkan : Prof. Dr. Altan BAYKAL
Ortadoğu Teknik Üniversitesi Fizik Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Mesut YILMAZ
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Üye : Doç. Dr. Özgür BAŞTÜRK
Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Atila YETİŞEMİYEN
Enstitü Müdürü

ETİK

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

04.01.2019



Didem Dilan İZCİ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

HD 199719 YILDIZININ ETRAFINDA ÇİZGİ ORTAYI ANALİZİ YARDIMIYLA ÖTEGEZEGEN ARAŞTIRMASI

Didem Dilan İZCİ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Mesut YILMAZ

Bu tez çalışmasında, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) ilk kez Güneş Sistemi dışı gezegen arama çalışmaları kapsamında gözlenen HD 199719 yıldızı incelendi. Yıldıza ait yüksek çözünürlüklü tayfsal veriler RTT150 teleskobu ve ona bağlı Coudé Echélle Tayfölçeri (CET) ile iyodin hücresi kullanılarak elde edildi. Tayf çizgi profilleri üzerindeki asimetri kaynaklarını belirlemek için gözlenen tayflara örnek bir şablon tayf ile çapraz korelasyon fonksiyonları (CCF) uygulandı. CCF yardımıyla elde edilen ortalama çizgi profilleri kullanılarak ta çizgi ortayları belirlendi. Çizgi profil asimetrilerini nicel hale getirmek için bazı çizgi ortay ölçütleri kullanıldı. Daha sonra bu ölçütler ile çizgi profilerindeki hız alanları hesaplandı ve yıldızın dikine hız ölçümleri arasındaki korelasyonlar araştırıldı. Yıldızın doğasından kaynaklı (bulgurlanma (granülasyon), zonklama (pulsasyon), manyetik etkinlik kaynaklı yüzey lekeleri ve manyetik çevrim gibi) etkileri araştırmak için çizgi ortaylarının yanı sıra, Halpha ve Hbeta çizgilerinin eşdeğer genişlik ölçümleri de yapıldı. Bu araştırma sonucunda yıldızın çizgi ortay hız ile dikine hız değerleri arasında bir korelasyon olmadığı görüldü. Çizgi ortay hız ölçümleri (BIS ve BVC) için yapılan dönem analizlerinde 4.88 ve 10.36 günlük dönemleri işaret eden pikler elde edildi. Halpha'nın eşdeğer genişlik ölçümleri için uzun dönemli bir değişim olabileceği görülse de, benzer bir değişim Hbeta'nın eşdeğer genişlik ölçümlerinde elde edilmedi. Bu bulgular, yıldızın dikine hız ölçümlerinde görülen saçılma ve kısa dönemli değişimlerin yıldızın doğası kaynaklı etkilerin varlığına işaret etmektedir. Ancak, dikine hızda görülen uzun dönemli değişimin kaynağı manyetik bir çevrim veya yıldız altı bir cisim (ötegezegen) kaynaklı olabileceğini göstermektedir.

Ocak 2019, 73 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yıldızlar, Dev Yıldızlar, Ötegezegenler, Çizgi Ortayı, Dikine Hız, Tayfçeker

ABSTRACT

Master Thesis

EXOPLANET SEARCH AROUND HD 199719 THROUGH BISECTOR ANALYSIS

Didem Dilan İZCİ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mesut YILMAZ

In this thesis study, HD 199719 was examined as a part of the exoplanet studies that carried on the TÜBİTAK National Observatory (TUG). High-resolution spectral data of the star were obtained using the Coudé Echélle Spectrometer (CET) and iodine cell attached at the RTT150 telescope. To determine the asymmetry sources on the spectral profiles, cross-correlation functions (CCF) were applied to the observed spectra using a template spectra. The line bisectors were determined using the mean line profile that obtained with CCF. In order to quantify asymmetries on the line profiles, some bisectors criteria were used. Then, the velocity spans were calculated in the line profiles using these criteria and correlation between the star's radial velocity measurements were investigated. In addition, equivalent width measurements of the Halpha and Hbeta were performed to check other variability due to nature of star (granulation, pulsation, magnetic cycle and stellar spots due to activity). Consequently this study, no correlation have been found between the radial velocity and line bisectors measurements. Period analysis for bisectors (BIS and BVC) show that significant periodicity appearing around 4.88 and 10.36 days. Although there was a long-term variation for the equivalent width measurements of Halpha, a similar change was not obtained for equivalent width measurements of Hbeta. These results indicate that the scatters and short-term variations in the radial velocity measurements point on effects due to nature of the star. But, the long-term variation in the radial velocity measurements indicate that a magnetic cycle or sub-stellar companion(s) should be possible.

January 2019, 73 pages

Key Words: Stars, Giant Stars, Exoplanet, Bisector, Radial Velocity, Spectrograph

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Dünya dışı yaşam var mı? Bu koca evrende yaşayan tek canlı varlıklar biz miyiz? Bu tüm gökbilimcilerin aklındaki ve cevaplamak istediği iki temel sorudur. Bu soruları cevaplamada belki de atılan en önemli adımlardan birisi de Güneş Sistemi dışı gezegen arayışlarıdır. 1990'lı yıllardan itibaren başlayan ötegezegen keşifleri günümüzde 3800'ün üzerinde sayılara ulaşmıştır. Bulunan bu gezegenler başlarda Jüpiter gibi dev gaz gezegenlerken, şimdilerde Dünya gibi küçük karasal gezegenler de keşfedilebilmektedir. Dünya benzeri bir gezegen bulma olasılığımız her gelen yeni keşif ile artmaktadır. Güneş'in de içinde bulunduğu Samanyolu Galaksisi 400 milyardan fazla yıldız içermektedir. Eğer bu yıldızların her biri sadece bir gezegen değil de bizimkisi gibi bir bütün sistemse, galaksimizdeki gezegenlerin sayısı gerçekten astronomiktir. Şimdi bir de evrendeki gezegenleri hayal edin!

Merak ile başladığım bu yolda yapmış olduğum tez çalışmasında bilgi ve tecrübesiyle her daim önerilerini ve yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Mesut YILMAZ'a (Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı) teşekkür ediyorum.

Lisansüstü eğitimim boyunca bana kattıkları bilgi ve öneriler ile beni yönlendiren bütün hocalarıma ve Prof. Dr. Selim O. SELAM'a, Doç. Dr. Hakan Volkan ŞENAVCI'ya (Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı) ayrıca teşekkür ediyorum. Manevi ve teknik desteğini hiç esirgemeyen değerli arkadaşım doktora öğrencisi Mehmed Naim BAĞIRAN'a teşekkür ediyorum.

Öğrenim hayatım boyunca hep yanımda olan, benden sevgisini, desteğini, bilgi ve tecrübesini hiç esirgemeyen ve beni her olumsuzluğa karşı savaşmam için motive eden, şuan olmaktan mutlu olduğum bir birey haline getiren AİLEME yürekten teşekkür ediyor, sevgilerimi sunuyorum.

Didem Dilan İZCİ
Ankara, Aralık 2018

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI
ETİK ..... **i**
ÖZET ..... **ii**
ABSTRACT ..... **iii**
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **viii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **x**
1. GİRİŞ **1**
2. KURAMSAL TEMELLER **8**
2.1 Zonklama (Pulsasyon) Kaynaklı Dikine Hız Değişimleri **9**
2.2 Bulgurlanma (Granülasyon) Kaynaklı Dikine Hız Değişimleri **12**
2.3 Manyetik Aktivite Kaynaklı Dikine Hız Değişimleri **16**
2.3.1 Leke Etkisi **16**
2.3 Manyetik Çevrim **20**
2.4 Çizgi Ortayı Analizi **21**
2.5 Çizgi Ortay Analizinde Kullanılan Ölçütler **24**
3. MATERYAL ve YÖNTEM **27**
3.1 Materyal **27**
3.2 Yöntem **29**
4. BULGULAR **34**
4.1 Ortay Analizi **34**
4.2 Eşdeğer Genişlik Ölçümleri **38**
5. TARTIŞMA ve SONUÇ **41**
KAYNAKLAR **43**
EKLER **56**
ÖZGEÇMİŞ **73**

SİMGELER DİZİNİ

a	Yarı büyük eksen uzunluğu
Å	Angström
ν, f	Frekans
λ	Dalgaboyu
c	Işık hızı
Hz	Hertz
g	Çekim ivmesi
h	Planck Sabiti
G	Evrensel çekim sabiti, 6.67259x10-11 N.m2kg-2
K	Kelvin
T	Sıcaklık
d, r	Uzaklık
I, F	Yeğinlik
L	Işınım gücü
L_Θ	Güneş'in ışınım gücü, 3.84x1033 erg/sn
M_Θ	Güneş kütlesi, 1.99x1033 gr
$M_\oplus$	Yer kütlesi, 5.9742x1024 kg
$M_{Jüp}$	Jüpiter kütlesi, 1.8986x1027 kg veya 0.0009546 M_Θ
R	Yarıçap
RV	Dikine Hız
RΘ	Güneş yarıçapı
AB	Astronomi Birimi, 1.49x108 km (Yer-Güneş arası ortalama uzaklık)
P	Yörünge dönemi
i	Sistemin yörünge eğimi
α	Yörünge yarı büyük eksen uzunluğu
log g	Yüzey çekim ivmesi
e	Yörünge dışmerkezliği
E	Dışmerkezli anomali
t	Zaman
σ	Hata

S/N	Sinyal gürültü oranı

Kısaltmalar

BIS	Ortayın Ters Eğimi
BJD	Barisentrik Julian Günü
BVC	Ortay Hızları Eğriliği
BVS	Ortayın Kapladığı Hız Alanı
EW	Eşdeğer Genişlik
FITS	Flexible Image Transport System
FWHM	Yarı Yüksekliteki Tam Genişlik
JD	Julian Günü

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Yıldız ve ortak kütle merkezi etrafında yörünge hareketi yaptığı gezegen ve b) Hareketin kısa ve uzun dalgaboyu yönünde oluşan Doppler kayması 4

Şekil 2.1 HD 160691 (μ Arae) yıldızının p-mod salınımı sebebiyle dikine hızının zamana göre değişimi (Bouchy vd. 2005)..... 11

Şekil 2.2 HD 160691 (μ Arae) yıldızının dikine hız değişiminde 4. gecedeki 8 dakikalık p-moddaki salınımın yakınlaştırılmış hali (Bouchy vd. 2005)..... 11

Şekil 2.3 HIP 114855 ve HIP 38253 yıldızları için dikine hız değişimine göre çizgi ortayı hız değişimi (Hekker vd. 2006)..... 12

Şekil 2.4 La Palma gözlemevinden alınan bir Güneş yüzeyi görüntüsü ile bu bölgedeki parlak ve karanlık bulgurlanma yapıları..... 13

Şekil 2.5 Bulgurlanma hareketinin gösterimi..... 13

Şekil 2.6 Yıldızın çizgi profilinin granülasyondan etkilenişi b) Sıcak ve parlak granül bölgeleri ile (sarı çizgi ile gösterilen) soğuk ve koyu (karanlık) granül bölgelerine (kahverengi çizgi ile gösterilen) ilişkin çizgi profilleri. c) b'deki iki profilin bileşkesinin asimetrik yapısı açıkça görülmektedir (Dravins vd. 1981)..... 14

Şekil 2.7 Çizgi ortayların iki boyutlu tayf sınıflamasına göre biçimleri (Gray 2005b)..... 15

Şekil 2.8 GJ 674 yıldızının yüzeyinde soğuk iki yüzey lekesi kaynaklı zamana göre dikine hız değişimi (Boisse vd. 2011 17

Şekil 2.9 Lekelerin yüzeyde kapladığı alana (% kesir cinsinden) ve dönme hızına bağlı olarak değişen dikine hız genlikleri. Burada dönme hızları (V) farklı eğriler ile gösterilmektedir (Hatzes 2002) 18

Şekil 2.10 Lekelerin oluşturduğu hörgüç yapıdaki çıkıntıların çizgi profili üzerindeki hareketi (Queloz 1999)..... 19

Şekil 2.11 ι Hor yıldızı için bisektör analizi uygulaması ve dikine hız değişimi ile gösterdiği korelasyon (Boisse vd. 2011)..... 19

Şekil 2.12 η Dra yıldızının çizgi ortayı profilinde neredeyse düz dikey bir çizgi gibi görünmektedir. b) Çizgi ortayın şekli 100 kez genişletildiğinde daha net görülebilir (Gray 2005a) 23

Şekil 2.13 Ortayın ters eğiminin (BIS) çizgi profili üzerinde çizgi derinliğine göre belirlenmesinin örnek gösterimi (Queloz vd. 2001) 25

Şekil 3.1 TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan 150 cm'lik RTT150 teleskobu 27

Şekil 3.2 Coudé Échelle Tayfçekeri (CET) ve I2 (iyodin) soğurma hücresi 28

Şekil 3.3 HD 199719 yıldızına ait hassas dikine hız ölçümleri 29

Şekil 3.4 Uygulanan maske tayf için örnek bir şablon 31

Şekil 4.1 Maske tayfı kullanılarak elde edilen ortayın ters eğiminin (BIS) dikine hıza göre değişimi 35

Şekil 4.2 Maske tayfı kullanılarak elde edilen ortayın hız eğriliğinin (BVC) dikine hıza göre değişimi 35

Şekil 4.3 Maske tayfı kullanılarak elde edilen ortayın kapladığı hız alanının (BVS) dikine hıza göre değişimi 36

Şekil 4.4 BIS değerleri için dönem analizi 36

Şekil 4.5 BVC değerleri için dönem analizi 37

Şekil 4.6 BVS değerleri için dönem analizi 37

Şekil 4.7 Gözlemlerden elde edilen tüm çizgi ortayları 38

Şekil 4.8 Hα çizgisi için yapılan eşdeğer genişlik ölçümü 38

Şekil 4.9 Hβ çizgisi için yapılan eşdeğer genişlik ölçümü 39

Şekil 4.10 Hα eşdeğer genişlik ölçümleri için dönem analizi 39

Şekil 4.11 Hβ eşdeğer genişlik ölçümleri için dönem analiz grafiği 40

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Keşif yöntemlerine göre keşfedilen ötegezegenlerin sayısı 3

Çizelge 3.1 HD 199719 yıldızının Simbad veri tabanından alınan katalog bilgileri ve yapılan çalışmalarda elde edilmiş bazı fiziksel parametreleri 28

Çizelge 3.2 Maske tayf için seçilen çizgiler, dalgaboyları ve kullanılan kaynaklar 31

1. GİRİŞ

Açık bir gecede, karanlık gökyüzünde parıldayan milyarlarca küçük parlak nokta. Bu noktaların her birinin bizim galaksimizde olan milyarlarca yıldızdan sadece gözlerimizle seçebildiklerimizdir. Gözlemlenebilir evrende yüz milyarlarca galaksi olduğunu da düşününce rakamları hesaplamak biraz zorlaşmaktadır. Bu sınırsız yıldız okyanusuyla çevrili olan insanlık, üzerinde yaşadığımız gezegenden başka gezegenlerin varlığını ve bunlardaki yaşam olasılıklarını uzun yıllardır tartışmaktadır.

Modern anlamda ilk defa Yunanlılar tarafından ortaya atılan "diğer gezegenler" tanımı, zaman içinde birçok düşünür tarafından yorumlanmıştır. Bundan yaklaşık 2300 yıl önce Yunan filozof Epikür, diğer yıldızların etrafındaki gezegenlerden; "Hem bizimki gibi hem de bizimkinden farklı sonsuz dünyalar var... Hepsinde, dünyamızda gördüğümüz canlıların, bitkilerin ve diğer şeylerin olduğuna inanmalıyız" söylemiyle bahsetmiştir. 16. yüzyılda, ortaçağ bilgini Giordano Bruno'nun *De I'infinito, universo e mondi* çalışmasında kuramsal olarak bahsettiği düşüncesinde; "Sayısız yıldızlar var ve bizim sistemimizin gezegenleri gibi aynı yolla kendi güneşleri etrafında dönen sayısız dünyalar. Biz sadece yıldızları görüyoruz çünkü onlar çok büyük ve parlaklar. Ama gezegenler, yıldızlara göre daha küçük ve daha az parlak olduklarından bizim için görünmez kalır" demiştir.

17. yüzyılda ise diğer yıldızların etrafındaki gezegenleri görmek için ilk girişim Huygens tarafından yapılmıştır (Huygens 1698). Yaptığı gözlemlerin mütevazı teleskobunun çok daha ötesinde olduğunu fark etmiştir. Bundan sonraki yüzyıllar boyunca ötegezegenler sadece bilimsel tartışmalara konu olmaktan öteye gidememiştir. Ama 20. yüzyılın başlarında, görülmeyen yıldız yoldaşlarının astronomik ve tayfsal olarak tespitinden sonra yeni bir umut doğmuştur. Ne yazık ki, beklenen gezegen kütleleri ve boyutları, sönük yıldız çiftlerini keşfetmede kullanılan yöntemlerle ulaşılamayacak kadar küçüktür. Büyük gezegen (yaklaşık 10 $M_{Jüp}$ kütleli) keşfinin ilk raporu 2. Dünya savaşı sırasında yayınlanmıştır (Strand 1943, Reuyl ve Holmberg 1943). Ancak bulunan bu sonuçların gerçekliği ve tespit edilen kütlelerin "gezegen" olarak adlandırılıp adlandırılmaması konusu tartışmadan öteye gidemediği gibi yapılan

keşif de doğrulanamamıştır. 1950'lerde Hollandalı astronom P. van de Kamp 'ın yaptığı çalışmada (van de Kamp 1963) Barnard Yıldız' ı etrafında bir gezegen keşfettiğini duyurmuş ama sistematik gözlemsel hataların, bulduğu düşünülen gezegen ile karıştırıldığı anlaşılmıştır (Gatewood ve Eichhorn 1973).

Ötegezegenler için tarihi keşif 1992'de yapılmıştır. Wolszczan ve Frail tarafından bir atarcanın etrafında bulunan gezegen ilk keşfedilen ötegezegen olma özelliğini taşımaktadır (Wolszczan ve Frail 1992). Bu keşfin hemen arkasından 1995'te Güneş benzeri bir yıldız olan 51 Peg'in çevresinde Jüpiter boyutlarında bir gezegenin bulunmasıyla (Mayor ve Queloz 1995), Güneş benzeri yıldızların etrafında da gezegenlerin varlığı kanıtlanmıştır. Gelişmekte olan gözlem yöntemleri ile 2011 yılında Dünya'nın yaklaşık 1.4 katı olan ilk karasal gezegen Kepler-10b keşfedildi (Batalha vd. 2011). Bundan yaklaşık bir kaç yıl sonra, 500 ışık yılı uzaklıkta Dünya'nın %10 büyüklüğüne sahip ve yüzeyinde suyun sıvı halde bulunabileceği düşünülen Kepler-186f gezegenin varlığı duyuruldu (Quintana vd. 2014). Son olarak en çok sükse yapan keşiflerden birisi de henüz geçtiğimiz yıla ait, 40 ışık yılı uzaklıktaki 7 karasal gezegenli Trappist-1 sistemi olmuştur (Gillon vd. 2017). Gelişen teknoloji ve gözlem aletleri ile şu ana kadar keşfedilen ötegezegenlerin sayısı bugün 3800'ün (NASA Exoplanet Archive[1], 2018) üzerindedir.

Bu kadar ötegezegen keşfinin birçoğunu hiç şüphesiz 2009'da Dünya yörüngesine yerleştirilen "Kepler" uydu teleskobuna borçluyuz. Gezegen avcılığının modern çağını başlatan Kepler, 150 000 yıldızın içerdiği bir alanı sürekli olarak gözetleyerek bugüne kadar 2426 (NASA Exoplanet Archive[1], 2018) adet onaylanmış gezegen keşfetmiştir. Ötegezegenleri araştırmak için yapılan diğer bir büyük adım ise 18 Nisan 2018'de Dünya yörüngesine yerleştirilen TESS uydu teleskobu olmuştur. TESS'in Güneş komşuluğundaki 200 000 parlak yıldızın ötegezegen çalışması için gezegen geçiş gözlemleri yapması planlanmaktadır. Bu gözler en az 2 yıl sürmesinin planlandığını düşünülecek olursa daha çok ötegezegen keşfedileceği kesin gibi görünüyor.

[1] https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu

Günümüzde ötegezegen keşifleri birçok yöntemle yapılmaktadır. Her gün keşfedilen gezegenler listesine yeni bir aday veya gezegen eklenmektedir. Şu ana kadar kesinleşmiş keşifler ve hangi yöntem ile keşfedildiklerine ilişkin bir bilgi çizelge 1.1'de verilmiştir.[2]

Çizelge 1.1 Keşif yöntemlerine göre keşfedilen ötegezegenlerin sayısı

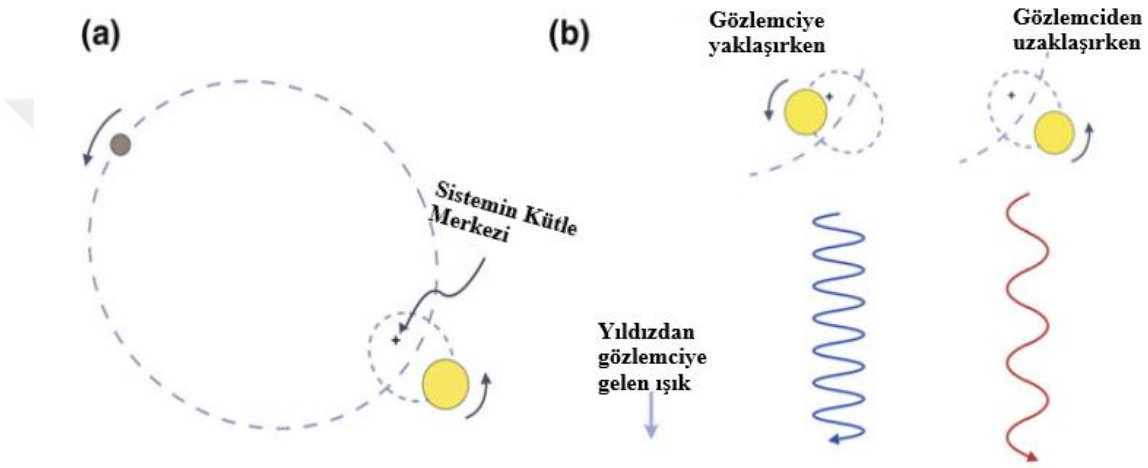
Keşif yöntemleri	Gezegen sayısı
Astrometri	1
Doğrudan Görüntüleme	44
Dikine (Dikine) Hız	686
Geçiş (Transit)	2992
Geçiş Zamanlama Değişimi	15
Tutulum Zamanlama Değişim	9
Mikromercekleme	65
Pulsar Zamanlama Değişimi	6
Pulsasyon Zamanlama Değişimi	2
Yörünge Parlaklık Modülasyonu	6

Ötegezegen keşiflerinin %78.2'si geçiş yöntemiyle ve yaklaşık %18'i dikine hız yöntemiyle yapılmış olsa da, dikine hız yöntemi aday gezegenleri onaylamak ve karakterize etmede diğer yöntemlere oldukça yardımcı olmaktadır. Bu metot gezegen bileşeninin kütlesine ilişkin bilgi ($m_2 sini$) sağlayabildiği için geçiş yönteminde de önemli bir yere sahiptir (ayrıca bakınız Hatzes 2016). Aslında bu yöntemin başarı hikayesi, Güneş benzeri bir yıldızın etrafındaki ilk gezegen olan 51 Peg_b'nin keşfinin yapılmasıyla başlamıştır (Mayor ve Queloz 1995). Hiç şüphesiz ki dolaylı yöntemlerin içerisinde Doppler tekniği yani diğer bir değişle dikine hız yöntemi en etkili olanlarındandır.

Bir yıldızın dikine hızı "gözlemcinin bakış doğrultusu boyunca hareketinin bileşeni" olarak tanımlamıştır (Murdin 2001). Bir gezegene sahip yıldız, gezegen ile ortak kütle merkezi etrafında hareket edecektir. Sistem için ortak kütle merkezi kütlece büyük olan yıldıza daha yakın bir noktada bulunmaktadır (Şekil 1.1a). Mesela Güneş sistemimizin

[2] https://exoplanetarchive ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html

kütle merkezi, Güneş'in içinde yer almaktadır. Bu durumda sistemin kütle merkezi etrafındaki yörünge hareketi boyunca, gezegenin üzerinde uyguladığı çekim, yıldızın küçük salınımlar yapmasına sebep olacaktır. Eğer yıldızın bu hareketi gözlemcinin bakış doğrultusunda bir bileşene sahipse, yıldızda yaklaşma ve uzaklaşma hareketi gözlenir (Şekil 1.1b). Yıldızın bu yaklaşma-uzaklaşma hareketi bir tayfçeker yardımıyla gözlemlendiğinde, bu hareket yıldızın tayf çizgilerinin kırmızıya (uzun dalgaboyu) ve maviye (kısa dalgaboyu) dönemli olarak hareket etmesine sebep olmaktadır.



Şekil 1.1 Yıldız ve ortak kütle merkezi etrafında yörünge hareketi yaptığı gezegen ve b) Hareketin kısa ve uzun dalgaboyu yönünde oluşan Doppler kayması (Haywood 2016'den değiştirilerek alınmıştır)

Yıldızdan başlangıçta λ_0 dalgaboyunda yayılan ışık Doppler kaymasına uğrayarak gözlenen dalgaboyunda ($\lambda_{göz}$) gözlemciye ulaşır. Böylece her bir çizgi bir miktar kayar ve bu kayma miktarı şu şekilde ifade edilir:

$$\Delta\lambda = \lambda_{göz} - \lambda_0 \tag{1.1}$$

Yıldızın dikine bileşenin hızının bu dalgaboyu kayma miktarı ile orantılı olduğunu göstermek de mümkündür:

$$V_r \approx \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda}\right) c \tag{1.2}$$

(1.1) eşitliğindeki λ_0 durağan haldeki dalgaboyunu, v_r [km/s] kaynağın dikine hızını, c [km/s] ise ışığın boşluktaki hızını ifade eder.

Gezegen nedeniyle yıldızın yaptığı bu küçük salınımları belirlemek oldukça hassas dikine hız ölçümleri yapılmasını gerektirdiği için bu yöntemle genellikle bir kaç Jüpiter kütlesindeki gezegenler keşfedilmektedir. Çünkü salınıma sebep olan gezegen ne kadar büyük olursa tayftaki değişiminin Yer'den gözlenmesi de o kadar kolay olacaktır. O halde Dünya benzeri gezegen arayışımızda dikine hız duyarlılığı oldukça yüksek olmalıdır ki o boyuttaki bir cismin yıldızının üzerindeki etkisini ayırt edebilelim. Mesela Güneş sistemimizin en büyük gezegeni olan Jüpiter'i ele alalım. Jüpiter, Güneş'in dikine hızında yaklaşık 12 m/s genlikle bir değişim yaratırken bunun yanında ondan çok daha küçük olan Dünya 0.1 m/s genlikle oldukça küçük bir değişime sebep olmaktadır. Bunu göz önüne aldığımızda özellikle de küçük kütleli gezegenleri belirlemek için yaptığımız çalışmalarda, dikine hız ölçümlerinin hassasiyetinin önemini anlayabiliriz. Bu hassasiyeti belirleyen veya etkileyen parametrelerin başında tayfın çözünürlüğü ve Sinyal/Gürültü (S/N) oranı gelir. Tayfın yüksek çözünürlüğe ve S/N oranına sahip olmasının yanı sıra, gözlem esnasında tayfçekerde meydana gelen sıcaklık ve basınç değişimlerinin de gözlem kalitesine olumsuz bir etki yaratmaması için kullanılan tayfçekerin kararlı olması gerekmektedir. Ayrıca hedeflenen duyarlılık için teleskop takip sistemlerinin de sorunsuz çalışması oldukça önemlidir. Günümüzde gözlem boyunca farklı kaynaklardan alınan ışığın fiber optik kablolar ile taşınabilmesi sayesinde, teleskop-tayfçeker düzeneğiyle gözlemler daha kaliteli hale getirilmiştir ve böylece daha hassas dikine hız gözlemleri yapılmaktadır. Bu tür olumsuzlukların düzeltilmesiyle ve bu etkilerin varlığı göz önüne bulundurularak yapılan dikine hız ölçümleri daha sağlıklı bir sonuç vermektedir.

Dikine hız tekniğini iyileştirmek adına yapılan çalışmalar teknoloji ile birlikte gelişmekte ve daha iyi sonuçlar vermektedir. Bundan 50 yıl önce yapılan tayf ölçümleri 1 km/s'den (ölçüm başına düşen sembolik hassasiyet) fazla hata üretirken günümüzde tayf ölçerler ile hata payı saniyede bir kaç 10 cm'ye kadar azaltılabilmiştir. Yöntemdeki bunun gibi teknolojik gelişmeler ile Yer benzeri gezegenleri keşfetmek mümkün hale

gelmiştir (Lovis ve Fischer 2010, Pepe vd. 2011). "İkinci kuşak" olarak adlandırılan yeni nesil tayfçekerlere en güzel örneklerden birisi Şili'deki ESO'nun 3.6 metrelik teleskobuna bağlı bulunan HARPS (ing. High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher) tayfçekeridir. HARPS'ın kuzey yarımküre tamamlayıcısı ve bir kopyası olan La Palma adasındaki 3.58 m'lik İtalyan Telescopio Nazionale Galileo teleskobuna bağlı HARPS-N tayfçekeri (Pepe vd. 2010, Cosentino vd. 2012) ve Hawaii'deki Keck teleskobuna bağlı HIRES (ing. High Resolution Echelle Spectrograph) tayfçekerleri de yine gelişmiş tayfçekerlere örnek olarak verilebilir. Bunların yanı sıra "üçüncü kuşak" tayfçekerlerin önümüzdeki yıllarda kullanılabileceği ve ölçümlerindeki hata payının 10 cm'nin altına kadar indirilebileceği düşünülmektedir (Mayor vd. 2003, Pasquini vd. 2008, Pepe vd. 2010).

Dikine hız tekniğinde yapılan ilerlemeler ile yıldız tayfındaki dikine hız değişimlerine sebep olan etkilerin daha çok yıldız kaynaklı değişimleri işaret ettiği bir döneme geldik. Bu amaçla yapılan gözlemler yıldız aktivitesi kaynaklı dikine hız değişimlerinin sakin bir cüce yıldız için 0.5 m/s mertebelerinde olurken, aktif bir yıldızda birkaç m/s'den 50 m/s'lere kadar ulaştığını göstermiştir (Makarov vd 2009, Saar ve Donahue 1997). Bu nedenle yıldızın doğasından kaynaklı değişimler ötegezegen kaynaklı dikine hız değişimleri ile karıştırılmakta veya bu değişimlerin algılanmasını zorlaştırmaktadır. Özellikle de Güneş benzeri yıldızların tayflarında ötegezegenden başka, dikine hız değişimlerine sebep olan birçok olgu vardır (Gray 2005a). Bunlar bulgurlanma (granülasyon), zonklama (pulsasyon), manyetik etkinlik kaynaklı yüzey lekeleri ve manyetik çevrim gibi yıldızın doğasından kaynaklı değişimlerdir (Hatzes 2002, Lanza vd. 2010, Haywood vd. 2014, Vanderburg vd. 2016). Sağlıklı bir çalışma yapılması için bu olguların yıldızın dikine hız değişimlerinden ayıklanması gerekmektedir. Hatta bu ayrım iyi yapılmazsa dikine hız gözlemleri yapılan bir yıldızın etrafında var olan bir gezegenin keşfedilememesine, ya da gezegen ile karıştırılan değişimler ile hiç olmayan bir gezegeni bulmanıza sebep olabilir (Queloz vd. 2001, Bonfils vd. 2007 ve Robertson vd. 2014).

Bu nedenle dikine hız ölçümlerinin bu değişimlerden ayrıt edilmesi son derece önemlidir (Dumusque vd. 2011a). Bunun için son yıllarda uygulanan birçok yöntem

vardır (Hatzes vd. 2011, Boisse vd. 2011, Dumusque vd. 2011b, Aigrain vd. 2012, Lozitsky 2014). Bu yöntemlerin içerisinde iyi teşhis gücüne sahip ve oldukça sık kullanılanlardan birisi de çizgi ortayı (çizgi ortayı) analizidir. Soğuk yıldızlarda, yıldızın doğası kaynaklı (bulgurlanma (granülasyon), zonklama (pulsasyon), manyetik etkinlik kaynaklı yüzey lekeleri ve manyetik çevrim gibi) etkiler tayfsal çizgi profillerinin asimetrik bir hal almasına sebep olmaktadır. Çizgi asimetrilerini anlamlı ve ölçülebilir birer nicelik haline getirmenin en yaygın yöntemlerinden birisi de bu çizgilerin çizgi ortaylarını çalışmaktır. Çizgi ortayı, temelde çizgi profilinin kenarları arasında yatay olarak çizilen çizgi parçalarının orta noktasının hesaplanmasına dayalı bir yöntemdir (Gray 1988). Çizgi ortaylar yıldız doğasından kaynaklı olgulardan önemli ölçüde etkilendiğinden gezegen kaynaklı dikine hız değişimlerin ayrılabilmesine imkan verir. Çünkü yıldızın doğası kaynaklı ekiler yıldızın tayf çizgi profillerinde asimetrilere sebep olurken, bir ötegezegen çizgi profillerinde herhangi bir asimetriye sebep olmamaktadır. Bu sebeple de çizgi ortayı analiz yöntemi oldukça sık kullanılan bir yöntem haline gelmiştir (Santos vd. 2004b, Dall vd. 2006, Niedzielski vd. 2007, Hébrard vd. 2014, Faria vd. 2016, Lee vd. 2016, Yılmaz vd. 2017).

Bunun yanı sıra Güneş benzeri yıldızlarda homojen olmayan yüzey özelliklerini yani yıldız aktivitesi kaynaklı yüzey lekeleri gibi dikine hız değişimlerine sebep olan mekanizmaların varlığını kontrol etmek için aktivite belirteçleri olan bazı çizgiler kullanılabilir. Bunun için yaygın olarak kullanılan aktivite belirteçleri Ca II H (λ3968.5 Å) ve K (λ3933.7 Å), Hα (λ6562.852) ve Hβ (λ4861.33) çizgilerdir.

Bu tez çalışmasının amacı G-türü dev bir yıldız olan HD 199719'un TUG' da RTT150 teleskobu ve ona bağlı Coude Echelle Tayfçekeri (CET) ile elde edilmiş hassas dikine hızlarını ve yüksek çözünürlüklü (~ 55000) tayflarını inceleyerek olası gezegen(ler)'in varlığını ortaya koymaktır. Bu amaç doğrultusunda çalışmanın öncelikli hedefi, yıldızın doğası kaynaklı etkilerin dikine hız değişimine sebep olup olmadığını çizgi ortayı (bisektör) yöntemiyle belirlenmesidir. Ayrıca Hα ve Hβ çizgileri için eşdeğer genişlik (EW) ölçümleri yapılarak bunların dikine hız ölçümleri ile arasında bir ilişki gösterip göstermediğinin irdelenmesi ve yorumlanmasıda hedeflenmiştir.

2. KURAMSAL TEMELLER

Yıldızlara ait hassas dikine hız ölçümleri, Güneş benzeri yıldızların etrafında gezegen bileşenlerini bulmakta çarpıcı bir başarı yakalamış olsa da, gezegenler dolaylı bir şekilde tespit edilebilmektedir. Daha önce dikine hız yöntemi ile yapılan çalışmalarda, etrafında gezegen olduğu düşünülen yıldızların, aslında gezegen kaynaklı olmayabildiği ortaya konmuştur (Queloz vd. 2001, Boisse vd. 2009, 2011, Gregory 2011, Haywood vd. 2014 ve Robertson vd. 2014). Bu sonuçlar gösteriyor ki, dikine hız değişimi yaratabilecek olan etkilerin incelenmesi giderek daha önemli hale gelmiştir. Düşük kütleli gezegenler kaynaklı dikine hız değişimleri (özellikle dikine hız genliğini 5 m/s'nin altındaki yıldızlarda) yıldızın bünyesel ve aktivite kaynaklı dikine hız değişimleriyle çok rahat karıştırılmaktadır. Hatta neredeyse bir gezegenin varlığını işaret eden veya algılanmasını zorlaştıran hız değişimlerine sebep olmaktadır (Huélamo vd. 2008, Dumusque vd. 2012). Yanlış hesaplanmaların ve yanlış bulguların olmaması adına dikine hız ölçümleri ile ötegezegen çalışmaları yapılırken, bu olguların ayıklanması oldukça önemlidir.

Özellikle geç tayf türü (F, G, K) dev yıldızlarda dikine hız değişimi yaratabilecek etkiler çok sık görülmektedir. Yıldızın doğası kaynaklı bulgurlanma (granülasyon), zonklama (pulsasyon), manyetik aktivite kaynaklı oluşan yüzey lekeleri ve manyetik çevrim gibi bu tür etkiler ötegezegen kaynaklı dikine hız değişimiyle kolaylıkla karıştırılmaktadır. Bu etkilerin incelenmesi yıldıza fiziksel olarak bağlı herhangi bir bileşen veya bileşenlerin varlığının, yıldızın bünyesel ve aktivite kaynaklı değişimlerinden ayırt edilebilmesine ve daha sağlıklı bir sonuca ulaşılmasına imkan verir.

Yıldızların dikine hız ölçümlerinde değişimlere sebep olan bu yıldız kaynaklı etkileri birkaç başlık altında toplayabiliriz:

2.1 Zonklama (Pulsasyon) Kaynaklı Dikine Hız Değişimleri

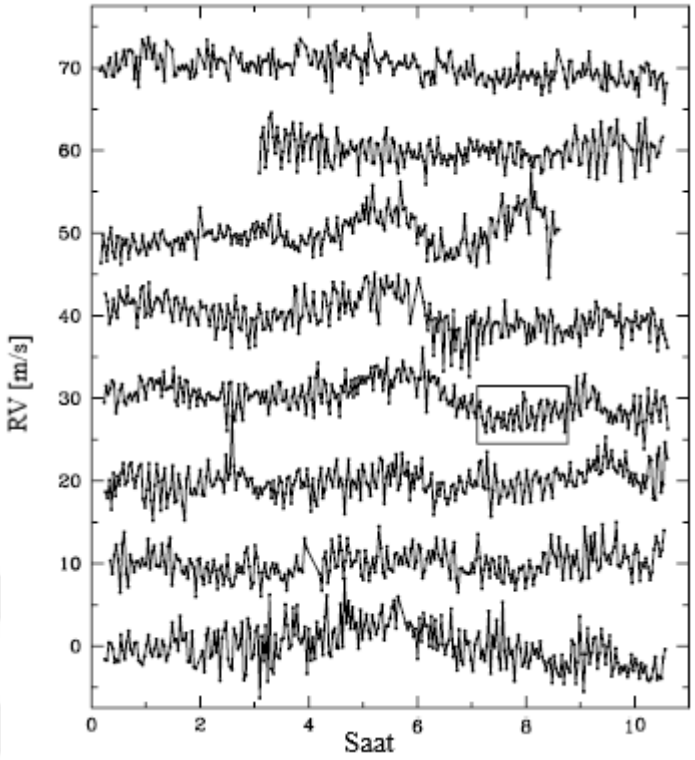
Dikine hız değişimlerine neden olan sebeplerden birisi de yıldızın zonklama gibi bünyesel bir değişime sahip olmasıdır. Dikine hızlardaki sinüsoidal olmayan periyodik değişimler için bir gezegen önermek makul bir cevap olabilir ama periyodik değişimler sinüsoidal ise bunun kaynağı zonklama (pulsasyon) da olabilir (Hekker vd. 2006). Özellikle geç tayf türünden yıldızların dikini hızlarında bunun gibi bir etki nedeniyle dikine hızlarda da değişimler gözlenir. Bu değişimler ise birkaç m/s ile 500 m/s ve birkaç gün ile aylar arasında çeşitli genlik ve dönemlere sahip olabilmektedir (Yılmaz 2011).

Yıldızlarda görülen bu zonklamalar, çapsal veya çapsal olmayan zonklamalar olarak ikiye ayrılmaktadır. Çapsal zonklamalarda yıldız küresel yapısını hiç bozmaz, aynı frekansta genişler ve büzülür. Dev yıldızlarda çapsal zonklamanın dönemleri kısadır. G ve K türü dev yıldızlar için ise bu dönem genellikle birkaç gün ile 100 gün arasında değişmektedir. Çapsal olmayan zonklamalarda ise yıldız küresel yapısını korumaz, birden fazla farklı frekansta genişler ve büzülür. Çapsal olmayan bu tür zonklamalar çoklu dönemlilik gösterir (Hatzes ve Cochran 1993, 1998, 1999, Hatzes 1996). Bu tür bir zonklamanın kaynağı basınç kaynaklı mod (p-modu) ve kütle çekim modu (g-mod) olarak iki türe ayrılmaktadır (Cowling 1941). Bunlar yıldızlarda en sık görülen zonklamalardır. Bu zonklamalar kabaca temel dönemden daha kısa dönemlere sahip geniş dikey genlikli p-modu salınımları ve temel dönemden daha uzun dönemlere sahip ikinci tip pulsasyon olarak da bilinen geniş yatay genlikli g-modu salınımları olarak isimlendirilirler (Hekker vd. 2006). P-modu türü salınımlar genellikle Güneş benzeri yıldızlarda ve klasik Sefeidler'de gözlenirken, g-modu türü salınımlarda beyaz cücelerde ve bazı Sefeid yıldızlarında gözlemlemek mümkündür (García vd. 2008). Ancak bazı yıldızlarda bu tür salınımların ikisi de gözlenebilmektedir (Grigahcéne vd. 2010). Bedding'e (2011) göre g-modu türü salınımlar daha iç katmanlarda meydana gelirken, p-modu salınımları ise yıldızın dış zarflarında meydana gelmektedir.

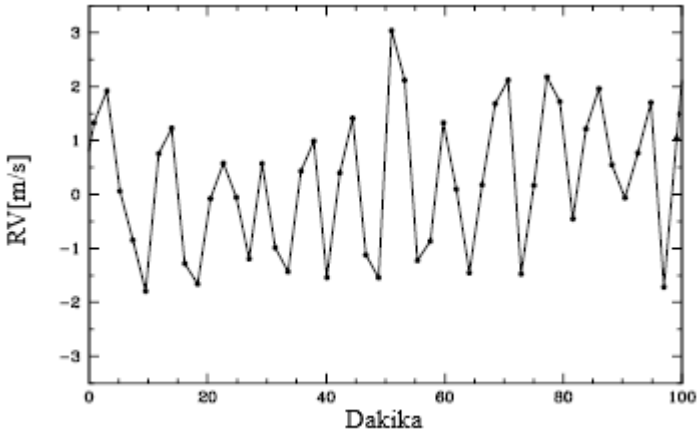
Hatzes (1996), p-modu ve g-modu salınımlarının dikine hızdaki değişimlerini içeren çalışmasında g-modunun p-moduna göre daha büyük dikine hız genliklerine sahip olduğunu gösterdi. Bu çalışmaya göre küçük dereceli (m=2) p-modu bir zonklamanın ~ 200 m/s genlikli bir değişim gösterirken yine aynı dereceli bir g-modu zonklamanın ise ~ 1200 m/s genlikli bir değişim gösterdiğini ifade etmiştir. Hatzes (1996) bir yıldızın dikine hızında 100 günden daha uzun döneme sahip değişimlerin g-modu türü salınımlardan kaynaklandığını göstermiştir.

Schrijver ve Zwaan (2000) p-moddaki salınımların Güneş benzeri yıldızların yüzeyinde yayılarak yüzeyin daralmasına ve genişlemesine yol açtığını belirtmişlerdir. Ayrıca bu tip p-modu salınımların yıldızın evrimsel aşamasına ve türüne bağlı olarak dikine hızda genliği 10 cm/s ile 400 cm/s arasında çeşitli değerlere sahip değişimler yarattığını göstermişlerdir. Ayrıca bu değişimlerin birkaç dakikalık (Güneş için bu süre 5-15 dakika) zaman ölçeğine sahip olduğunu da ifade etmişlerdir (Dumusque vd. 2011a).

Bouchy vd. (2005) Güneş benzeri bir yıldız olan HD 160691' in yüksek – kadanslı 8 gecelik görüntülerinde bu salınımların etkisini açıkça görmüşlerdir. Elde edilen görüntülerdeki dikine hız değişimi şekil 2.1'de alttan üste doğru sıralanmıştır ve dördüncü gecede kutu içine alınmış kısım şekil 2.2'de gösterilmiştir. Bu değişimin yakın görüntüsünde 8 dakikalık dönem ile p-moddaki salınım rahatlıkla fark edilebilir. Bu salınımın dikine hız genliği çalışmada 2 m/s olarak verilmiştir (Bouchy vd. 2005).



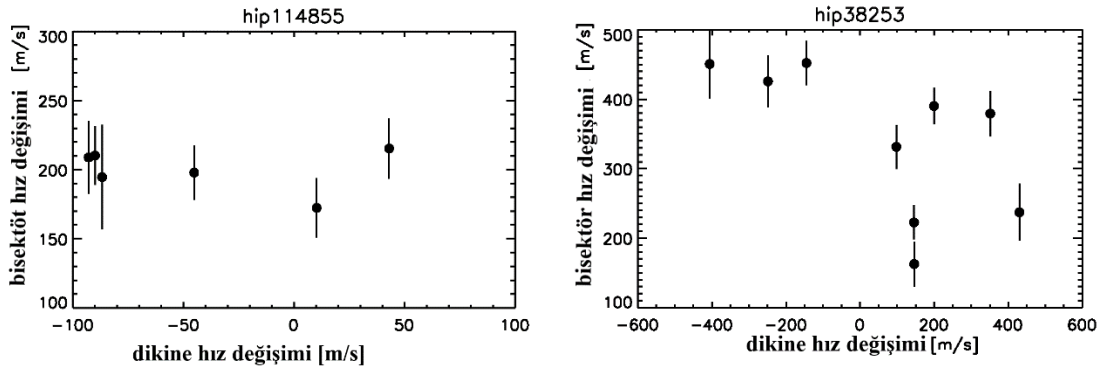
Şekil 2.1 HD 160691 (μ Arae) yıldızının p-mod salınımı sebebiyle dikine hızının zamana göre değişimi (Bouchy vd. 2005'den değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 2.2 HD 160691 (μ Arae) yıldızının dikine hız değişiminde 4. gecedeki 8 dakikalık p-moddaki salınımın yakınlaştırılmış hali (Bouchy vd. 2005'den değiştirilerek alınmıştır)

Yıldızlarda meydana gelen bu tür salınımlar, yıldızın tayf çizgilerinde asimetrilere neden olmaktadır. Bu tür asimetrilerin var olup olmadığını anlamak için bu tayf çizgilerine ait çizgi ortaylarının incelenmesi gerekmektedir (Dall vd. 2006,Yılmaz vd.

2017). Hekler vd. (2006) HIP 114855 ve HIP 38253 yıldızlarının dikine hız değişimlerinin gezegen kaynaklı mı yoksa pulsasyon kaynaklı mı olduğunu bu yöntemi kullanarak çalışmışlardır. Sonuç olarak, yıldızın dikine hız değişimi ile çizgi ortayı hız değişimi arasında bir korelasyon varsa bu durumda pulsasyon veya yıldız yüzeyinde leke varlığından söz edilebilir (HIP 38253, Şekil 2.3). Eğer yoksa yıldız etrafında bir ötegezegenden bahsedilebilir (HIP 114855, Şekil 2.3).



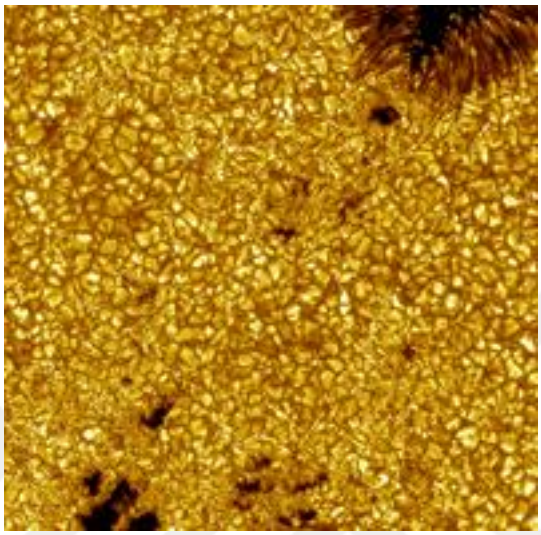
Şekil 2.3 HIP 114855 ve HIP 38253 yıldızları için dikine hız değişimine göre çizgi ortayı hız değişimi. (Hekker vd. 2006'den değiştirilerek alınmıştır)

Sol taraftaki grafikte herhangi bir korelasyon tesbit edilmemiştir. Sağ taraftaki grafikte ise artan dikine hız ile ortayın hız değişimi azalmaktadır

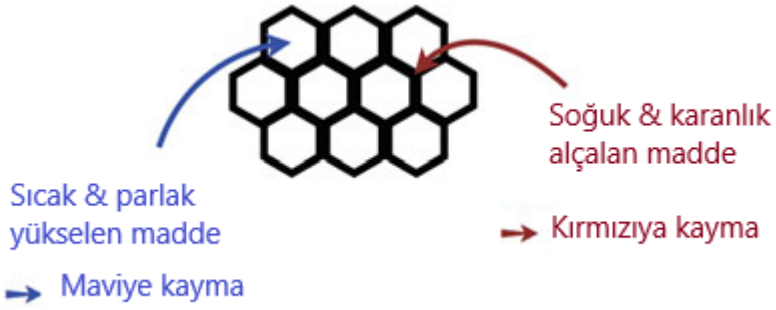
2.2 Bulgurlanma (Granülasyon) Kaynaklı Dikine Hız Değişimleri

Güneş benzeri yıldızların tayflarında dikine hız değişimine sebep olan bir diğer önemli olgu ise bulgurlanma (granülasyon) etkisidir. Bu etki konveksiyon ve konvektif hareketin bir sonucu olarak soğuk yıldızların üst tabakalarında görülmektedir (Şekil 2.4) Temelde yıldızlar için bulgurlanma, yıldızın yüzeyine doğru hareket eden sıcak yıldız maddesi ile yüzeydeki soğuk yıldız maddesinin yer değiştirmesi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 2.5). Bu hareketi gerçekleştiren en küçük yapılar olan konvektif hücreler (granüler), bir kaç yüz kilometre çapında olup, yaklaşık 8 dakika mertebesinde bir yaşam süresine sahiptir (Bahng ve Schwarzschild 1961, Hall 2008). "Mezogranül" olarak adlandırılan orta büyüklükteki granüllerin yaşam süreleri ise 30-40 dakika arasında değişkenlik göstermektedir (Roudier vd. 1998). Bunların içerisinde en büyüğü ise süpergranüller olarak adlandırılır. Yıldız yüzeyinde yaklaşık 1 gün

boyunca kalan bu yapıların boyutları 40 – 50 Mm'ye (Megametre = 1 000 000 m) kadar ulaşabilmektedir (Del Moro vd. 2004). Granül, mezogranül ve süpergranül gibi yaşam süresi ve büyüklüğü değişen bu konvektif hücrelerin hareketi, manyetik etkinlik kaynaklı aktif bölgeler hariç yıldızın tüm yüzeyinde görülmektedir.



Şekil 2.4 La Palma gözlemevinden alınan bir Güneş yüzeyi görüntüsü ile bu bölgedeki parlak ve karanlık bulgurlanma yapıları

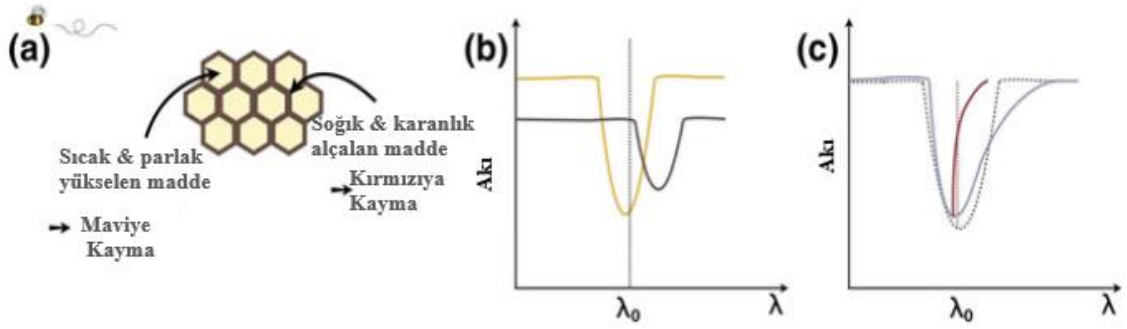


Şekil 2.5 Bulgurlanma hareketinin gösterimi (Haywood 2016)

Birçok yıldız fotosferinde, Güneş'ten daha kuvvetli bulgurlanma hareketine sahiptir. Dikine hız analizlerinde iyi bir şekilde anlaşılması gereken bu hareket, dikine hız değişimlerini m/s seviyesinde genliklerde etkileyeceğinden dikine hız ölçümlerini ciddi

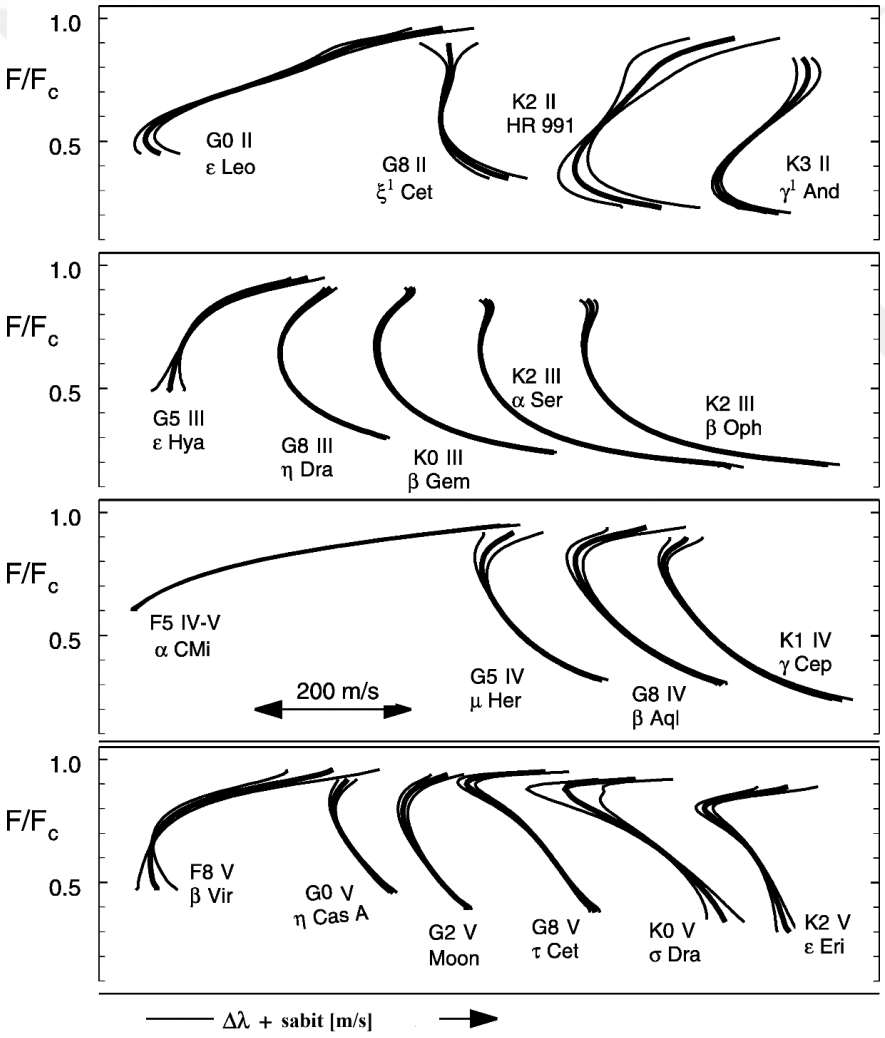
bir şekilde zorlaştırmaktadır (Schrijver ve Zwaan 2000). Bu tür hareketlerden kaynaklı dikine hız değişimlerinin ilk kanıtları Labonte vd. (1981) ile Kuhn (1983) tarafından yapılan çalışmalarda Güneş için tespit edilmiştir. İlk kez Güneş dışında başka bir yıldız için ise (α Cen A) Kjeldsen vd. (1999) tarafından bu değişimlerin periyodik değişimlerin çalışması yapılmıştır. Bulgurlanma, Güneş benzeri yıldızlarda, p-modda salınımların dikine hızı etkilemesiyle benzer özellikler göstermekte ve neden olduğu dikey hareketler dikine hızlarda yaklaşık 2 km/s seviyesinde bir değişim üretmektedir.

Neredeyse geç tayf türünden tüm yıldızların yüzeyinde gerçekleşen bu hareketlerin yıldız tayfına yansıması ise çizgi profil asimetrileridir. Çünkü yükselen sıcak ve parlak yıldız maddesi çizgilerde maviye kayma etkisi gösterirken alçalan soğuk ve karanlık madde ise çizgilerde kırmızıya kayma şeklinde izlenmektedir. Yükselen yıldız maddesi daha sıcak ve parlak olduğundan katkısı alçalan yıldız maddesine göre daha fazla olmaktadır. Bu iki etkinin bileşkesi yükselen sıcak materyal ile alçalan soğuk materyalin ortak katkıda bulunduğu tayfsal çizgilerde gözlenen asimetrilerdir (Şekil 2.6). Bulgurlanmanın neden olduğu profil asimetrileri ve dikine hız değişimleri, zayıf salınımlar ya da manyetik etkinlik kaynaklı değişimler gibi belli periyodik ya da çevrimsel dönemlerde olmayıp sürekli var olan bir değişime sebep olmaktadır (Gray 2005a).



Şekil 2.6 a. Yıldızın çizgi profilinin granülasyondan etkilenişi, b. Sıcak ve parlak granül bölgeleri ile (sarı çizgi ile gösterilen) soğuk ve koyu (karanlık) granül bölgelerine (kahverengi çizgi ile gösterilen) ilişkin çizgi profilleri. c. b'deki iki profilin bileşkesinin asimetrik yapısı açıkça görülmektedir (Dravins vd. 1981'den değiştirilerek alınmıştır)

Soğuk yıldızların fotosferlerindeki doğrudan göremediğimiz bu hareketi tespit etmek ve özelliklerini ortaya çıkarmak için yıldızın tayfsal çizgi asimetrileri, çizgi ortayı analizi yardımıyla incelenmektedir (Dravins 1982, 1987, Dravins vd.1981, Gray and Toner 1985, 1986, Gray 1988, 1992, 2005a, b, 2016). Gray (1992) tekil çizgi ortayları ile bu etkiyi incelemiş ve HR diyagramı üzerinde bulgurlanma için bir sınır belirlemiştir. Bu sınıra göre diyagramda sıcak ve soğuk yıldızları birbirinden ayırarak, soğuk yıldızlarda bulgurlanmanın en belirgin hız alanı olduğunu söylemiştir. Ayrıca soğuk yıldızlar için çizgi ortaylarının kendine has tipik çok az biçimsiz bir "C" şeklinin olduğunu belirlemiştir (Gray 2005a).



Şekil 2.7 Çizgi ortayların iki boyutlu tayf sınıflamasına göre biçimleri (Gray 2005b' den değiştirilerek alınmıştır)

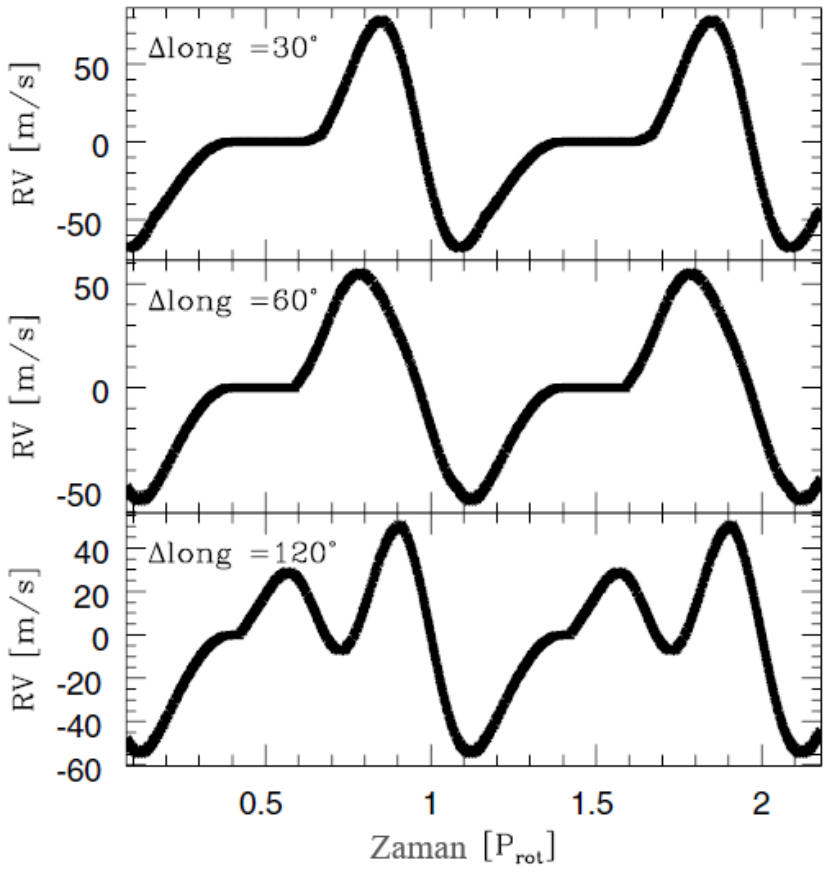
2.3 Manyetik Aktivite Kaynaklı Dikine Hız Değişimleri

Bir yıldız yüzeyinde manyetik aktivite kaynaklı değişken bir yapıya sahipse bu durum yıldızın dikine hızında değişimlere sebep olacaktır. Manyetik aktivite kaynaklı yüzey parlaklık dağılım düzensizlikleri (soğuk leke bölgeleri ve sıcak plaj bölgeleri gibi) ve manyetik aktivite çevrimi yıldızın dikine hızlarında kısa veya uzun dönemli değişimler oluşturmaktadır. Bunun gibi karmaşık aktivite kökenli etkiler ile dikine hızlarda meydana gelen değişimler, günümüzde dikine hız ile yapılan ötegezegen araştırmalarında en fazla hataya sebep olan etkilerdir.

2.3.1 Leke etkisi

Özellikle geç tayf türü (sıcaklıkları 3700 K ile 7500 K arası olan) yıldızlarda yüzeye yakın bölgelerde enerji akışı konveksiyon yolu ile gerçekleşmektedir. Yıldızlarda görülen konvektif hareketler (granülasyon gibi süreçler) kimyasal karışıma ve sıcaklık ile yoğunluk arasında düzensizliklere neden olmaktadır. Böylece konveksiyon ve yıldızın sahip olduğu diferansiyel dönmenin ortak etkisi ile bu tür yıldızların yüzeylerinde, "Dinamo Teorisi" ile açıklanan bir süreç sonucu eşit büyüklüklerde ve eşit alanlarda olmayan soğuk lekeler, sıcak (parlak) plaj bölgeleri ve fakülalar oluşturmaktadır. Yıldız lekeleri, temelde fotosferde göreceli büyüklüklere sahip soğuk ve karanlık yapıların oluşturduğu, konvektif enerjinin taşınmasının da önemli ölçüde baskılandığı bir ortam olarak tanımlanabilir (Schrijver 2002). Bu lekelere göre daha parlak ve sıcak olan fakülalar (fotosferden ~100 K daha sıcak) ile plaj bölgeleri ise genellikle lekelerin çevresinde yer almaktadır (Hall 2008, Schrijver 2002). Güneş'in yüzeyinde sıklıkla gördüğümüz bu tip oluşumlar, Güneş benzeri yıldızların çoğunda görülmektedir (Hale 1908). Güneş lekeleri ile yıldızlarda görülen bu lekeler büyük ölçüde benzerlik gösterseler de, Güneş'tekinden daha büyük ve kutuplara yakın bölgelerde bulunabilmektedirler (Strassmeier 2009). Özellikle soğuk yıldızların dikine hız gözlemlerinde, fotosferde gerçekleşen bu üç olgu (lekeler, fakülalar ve plaj bölgeleri) kısa ve uzun dönemli değişimlere sebep olmaktadır. Yıldızın yüzeyinde homojen olarak dağılmayan bu bölgeler, yıldızın dönme dönemine ve leke bölgelerinin

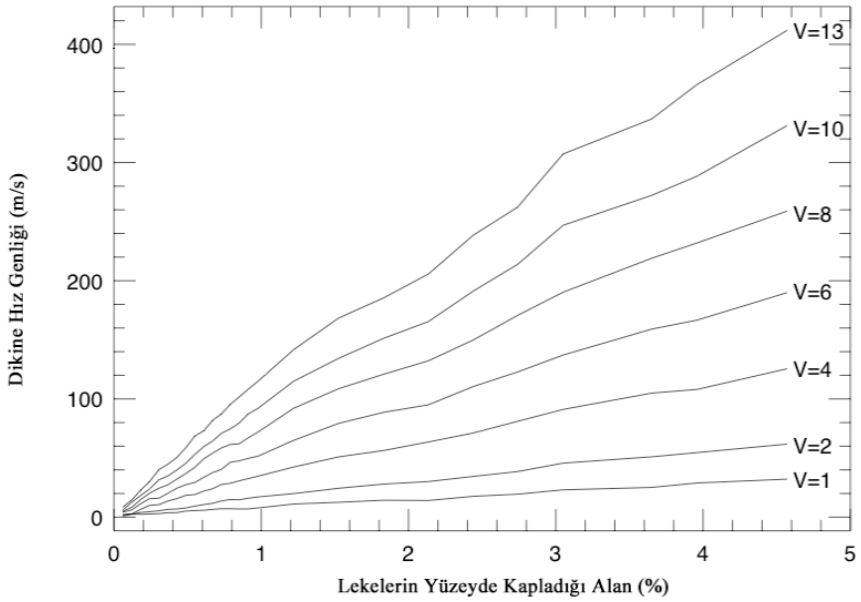
görünebilirligine (yıldız yüzeyinde bulundukları konuma) bağlı olarak farklı genliklerde dikine hız değişimlerine neden olurlar (Şekil 2.8) (Saar ve Donahue 1997). Şekil 2.8'kutuplarda bulunan bir leke bölgesi ile ekvatorda bulunan bir leke bölgesinin dikine hızda nasıl bir değişim yarattığı açıkça görülmektedir. Bu değişimlerin genlikleri (km/s-1 m/s arasında değerler alabilir) yıldızın aktivite düzeyine, yaşına, tayf türüne ve ışınım sınıfına bağlı olarak değişkenlik gösterse de düşük dönme hızlarında dahi birkaç m/s kadar ulaşmaktadır (Lagrange vd. 2010). Yıldız yüzeyindeki bu tarz parlaklık düzensizliklerinin dönme dönemi ile modilasyonu sonucu oluşan profil asimetrileri, eğer ötegezegen kaynaklı bir dikine hız değişimi varsa bu değişimin sağlıklı bir biçimde yapılamamasına sebep olmaktadır. Bu sebeple bu tür parlaklık düzensizliklerine neden olan olguların çalışılması ötegezegen keşfi ve keşfedilen ötegezegenlerin parametrelerinin hesaplanması açısından da son derece önemlidir.



Şekil 2.8 GJ 674 yıldızının yüzeyinde soğuk iki yüzey lekesi kaynaklı zamana göre dikine hız değişimi. (Boisse vd. 2011'den değiştirilerek alınmıştır)

Lekelerden birisi +30 enleminde bir diğeri ise ekvator bölgesinde yer almaktadır. Yukarıdan aşağıya doğru dikine hız değişimi lekeler arasında boylamsal farka göre değişim göstermektedir

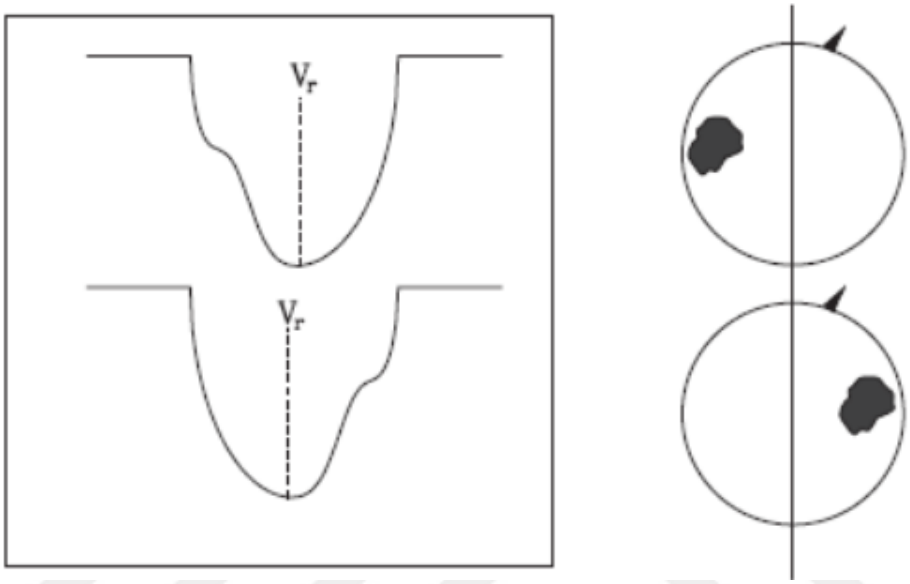
Hatzes (2002), 8 farklı dönme hızı için yıldız lekelerinin yüzeyde kapladığı alana göre dikine hız genliklerinin değişimini göstermiştir (Şekil 2.9). Hatzes bu değişimi gösterirken fotosfer sıcaklığının 5800 K olduğunu ve lekelerin ekvator civarında rastgele dağıldığını varsaymıştır. Dikine hız değişimleri Güneş lekeleri için 1 m/s'lik genliklere sahip olurken (Lagrange vd. 2011, Makarov vd. 2009) daha aktif ve daha hızlı dönen bir yıldız için bu değişim daha büyük genliklere sebep olabilmektedir.



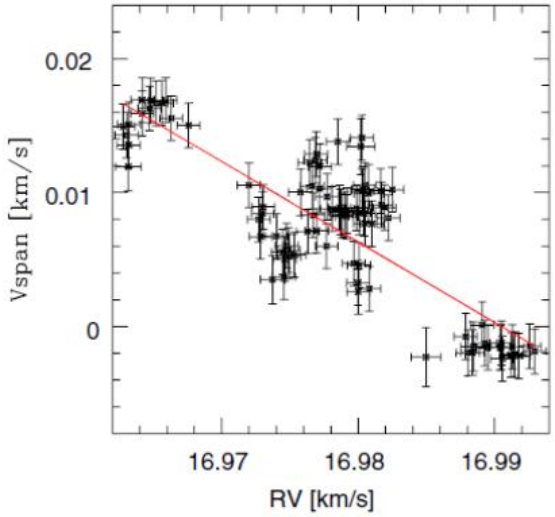
Şekil 2.9 Lekelerin yüzeyde kapladığı alana (% kesir cinsinden) ve dönme hızına bağlı olarak değişen dikine hız genlikleri. Burada dönme hızları (V) farklı eğriler ile gösterilmektedir (Hatzes 2002'den değiştirilerek alınmıştır)

Yıldızın bu tür yüzey parlaklık dağılımı düzensizliklerinden kaynaklı dikine hız değişimleri, çizgi profillerinde asimetriler yaratmaktadır. Bu etkilerin sebep olduğu asimetrik yapılar yıldızın kendi etrafında dönmesiyle çizgi profilleri boyunca maviden kırmızıya (düşük dalgaboyundan yüksek dalgaboyuna) doğru hareket eden bir çıkıntı (hörgüç) şeklinde görünmektedir (Şekil 2.10). Yıldızın tayfındaki bu tip çizgi asimetrilerinin sebep olduğu dikine hız değişimlerini anlayabilmek ve bu değişimleri ölçülebilir bir nicelik haline getiren çizgi ortayı (çizgi ortayı) analizi uygulanmaktadır (Gray 1990). Böylece dikine hız değişimi ile birlikte gerçekleşen bir çizgi ortayı ölçütü değişimi sayesinde yüzey parlaklık dağılımı düzensizliklerinden kaynaklanan etkilerin

belirlenip, gözlemlerden ayıklanması sağlamaktadır. Boisse vd. (2011) ι Hor yıldızındaki 7.9 ve 8.4 günlük dikine hız değişimlerini incelemek için çizgi ortay analizini kullanılmış ve bu değişimin yıldızın yüzeyine bulunan leke (soğuk leke) kaynaklı olduğunu ifade etmişlerdir (Şekil 2.11).



Şekil 2.10 Lekelerin oluşturduğu hörgüç yapıdaki çıkıntıların çizgi profili üzerindeki hareketi (Queloz 1999)



Şekil 2.11 ι Hor yıldızı için bisektör analizi uygulaması ve dikine hız değişimi ile gösterdiği korelasyon (Boisse vd. 2011)

2.3.2 Manyetik Çevrim

Güneş' ten başka manyetik çevrime sahip yıldızlarında olacağı fikri ilk kez 1966 yılında Dr. Olin Wilson tarafından yürütülen HK (Ca II'nin H ve K bölgesini içeren gözlem) projesi ile ortaya çıkarılmıştır (Wilson 1968). Geçtiğimiz yıllarda ise sürekli ve uzun dönemli gözlemlerin sayesinde Güneş benzeri yıldızların birçoğunda da Güneş'inki gibi 11 yıllık manyetik çevrime benzer uzun dönemli manyetik çevrimlerin var olduğu kanıtlanmıştır (Radick vd. 1998, Lockwood vd. 2007). Bunun gibi uzun dönemli manyetik çevrimler, Güneş'te daha yüksek bir aktivite dönemine doğru ilerledikçe, lekelerin, plaj bölgelerinin ve fakülaların sayısında artış ile beraber ayrıca prominensler ve koronal kütle atımları gibi şiddetli aktivite olaylarının daha sık gözlemlendiği dönemlerdir (Hathaway 2010). Güneş yüzeyinde bu şekilde izlenen şiddetli aktivite dönemleri, diğer yıldızlarda da gözlenmektedir. Bir aktivite dönemi boyunca güçlü manyetik etkin bölgelerde, yıldız yüzeyindeki konvektif hücre yapıları ve hareketleri farklılık göstermektedir. Yani konveksiyon aktif bölgelerde büyük ölçüde azalmaktadır. Azalan bu konveksiyon etkisiyle bulgurlanmanın neden olduğu maviye kaymalarda azalma, kırmızıya kaymalarda ise artış meydana gelmektedir. Böylece bu etkiler yıldızın tayfsal çizgi profillerinde asimetriler oluşturmakta ve buna bağlı olarak bu asimetriler de dikine hız değişimlerine sebep olmaktadır (Dravins 1982, Gray 1988, Lindegren & Dravins 2003, Meunier vd. 2010). Santos vd. (2010) manyetik çevrim boyunca gerçekleşen manyetik etkinliklerin neden olduğu bu çizgi asimetrileri ile dikine hız değişimlerinin arasındaki ilişkiyi incelemişler anacak belirli ve kesin bir ilişki saptayamamışlardır. Bunun üzerine Dumusque vd. (2011c) yüksek dikine hız duyarlılığına sahip uzun süreli gözlem verileri kullanarak bu ilişkiyi ortaya konmuştur. Manyetik kökenli bu etkiler, çevrim boyunca genliği 40 cm/s ile 140 cm/s aralığında dikine hız değişimleri oluşturmaktadır (Dumusque vd. 2011b). Lovis vd. (2011) soğuk yıldızlarda görülen bu tarz manyetik aktivite kökenli döngülerin, uzun dönemli ve düşük genlikli dikine hız değişimleri ürettiğini ifade etmişlerdir.

Yıldızların sahip olduğu böyle bir manyetik çevrimin yaratacağı dikine hız değişimleri ile özellikle uzun yörünge dönemine sahip gezegenden kaynaklı dikine hız değişimlerinin karıştırılmaması için uzun süreli gözlem verileri kullanılmalıdır.

Günümüzde çok kısa dönemli gezegenler (P < 50 gün) için manyetik çevrim etkileri çok az çalışılmış olsa da, artık HARPS ve HIRES ile 5-10 yıldır devam eden ötegezegen çalışmalarında dikine hız değişimlerindeki manyetik çevrim etkisi yeni görülmeye ve çalışılmaya başlanmıştır (Lovis vd. 2011, Marcy vd. 2014). Yakın zamanda 3 yıldan fazla verinin kullanılması ile α Centauri B'nin etrafında 3 günlük bir yörünge dönemine sahip Yer benzeri bir gezegenin keşfinin aslında dikine hız değişimini etkileyen uzun dönemli manyetik bir çevrim olduğu anlaşılmıştır (Dumusque vd. 2012). Yapılan çalışmalarda bu şekilde yanılgıların ve yanlış tespitlerin önüne geçebilmek adına değişimin uzun süreli gözlenmesinde fayda vardır.

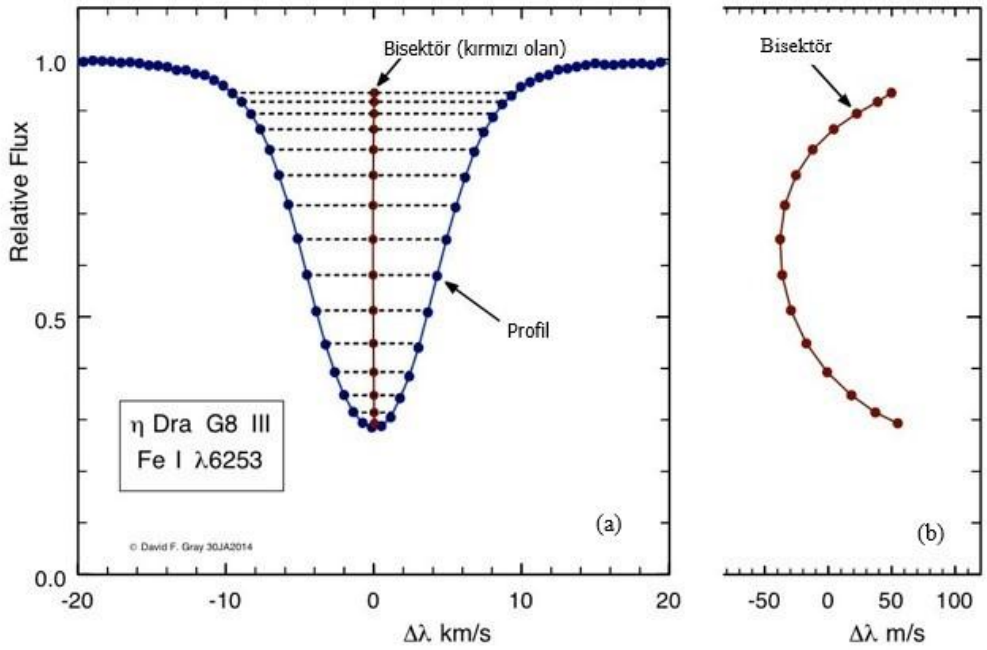
Bu değişimi gezegen kaynaklı dikine hız değişimiyle karıştırmamak için aktivite düzeyinin nicel olarak incelenmesine olanak sağlayan çizgi ortayı yöntemine ve aktivite belirteçlerinin değişimine başvurulmalıdır (Makarov 2010). Ötegezegen çalışmalarında çizgi profillerini incelerken yüzey lekelerinin varlığının dışında yıldızın uzun dönemli manyetik bir çevrime sahip olup olmadığı da oldukça önemlidir. Aktivite belirteçleri olarak kullanılan Ca I, Ca II H ve K, Si I, Ti I, He I, Fe I, Hα ve Hβ çizgilerin eşdeğer genişlik ölçümleri özellikle manyetik kaynaklı etkileri ölçmek için kullanılan etkin yöntemlerden birisidir. Bunların içerisinde ötegezegen araştırmalarında en önemli kromosferik aktivite belirteçleri olarak başvurulan çizgiler ise Ca II H ve K çizgilerindeki salma bileşeni şiddetine duyarlı log R'_{HK} (Noyes vd. 1984), Mount-Wilson S-endeksi (Vaughan vd.1978) ve Hα çizgisinin (Santos vd. 2010) şiddetidir. Bu çizgilerin zamana göre elde edilecek ölçümlerinden değişimin doğası ortaya konulabilmektedir.

2.4 Çizgi Ortayı Analizi

Dikine hız değişimlerinin yıldız kaynaklı ya da bir ötegezegen kaynaklı olup olmadığını belirlemek için, söz konusu yıldızın tayf çizgi profillerindeki asimetrileri incelenmektedir. Çizgi profil asimetrilerinin incelenmesi bu ayrımı yapmanın en yaygın yollarından birisidir. Tayf çizgilerinde görülen bu asimetriler oldukça küçük olduğundan anlaşılması da oldukça zordur. Çizgi asimetrilerini incelemek fotosferik hız

alanları hakkında bize oldukça güçlü bilgi sağlamaktadır. Bu asimetrileri belirlemede kullanılan en yaygın araç ise tayf çizgileri üzerine yapılan çizgi ortayı (bisektör) analizidir. Bir tayfsal çizgi profili için çizgi ortayı, onun kırmızı kanadı ile mavi kanadını birleştiren ve dalgaboyu eksenine paralel doğru parçalarının orta noktalarını birleştiren eğridir (Şekil 2.12). Bu ortayın biçimi çizgi asimetrisinin bir belirtecidir ve asimetriye neden olan her türlü etki, ortayın doğrudan sapmasına sebep olmaktadır. Asimetriye sebep olan bir etki söz konusu değilse simetrik olan çizgi profilinden düz, dikey bir çizgi ortayı elde edilir. Tayf çizgisinin farklı bölgeleri yıldız atmosferinde farklı derinliklere sahip katmanlarda oluştuğundan bu çizgi asimetrileri de bu katmanların arasındaki hız farklarını yaratan olguların varlığına işaret etmektedir.

Özellikle Güneş benzeri yıldızların çoğunda dikine hızda değişime sebep olabilen mekanizmalar (granülasyon, zonklama, manyetik aktivite kaynaklı oluşan yüzey lekeleri ve manyetik çevrimi) tayfsal çizgi ortayları kullanılarak en iyi şekilde ölçülebilir. Çünkü bir ötegezegenin varlığı yıldızın dikine hız değişimine sebep olur, ancak çizgi ortayının biçimini değiştirmediğinden diğer mekanizmaların yarattığı değişimlerden rahatlıkla ayırt edilmesini sağlamaktadır. Bu tür analizlerle çizgi ortayları yardımıyla gezegen keşfi iyi bir şekilde doğrulanabilir. Yüksek çözünürlüklü ve zamana iyi dağılmış ve zamana homojen dağılmış veriye sahip olunduğu sürece, hem yüzey özellikleri (Toner ve Gray 1988) hem de yıldız salınımları (Hatzes 1996) tayfsal çizgi ortayları kullanılarak ölçülebilen değişimler vermektedir. Örneğin, 51 Peg yıldızı için Gray ve Hatzes (1997) 4.23 günlük yörünge dönemine sahip gezegen kaynaklı değişimle beraber, Fe I çizgisi ile yaptığı çizgi ortayı hız aralığındaki değişimlerden radyal ve radyal olmayan pulsasyonun da eşlik edebileceğini belirtmiştir. Bu değişimler, bu yıldız için bir fotometrik bir değişimin gözlenmemesine rağmen keşfedilmiştir. Çizgi ortayı, yapılan birçok çalışmada görülmeyen yıldız bileşenlerini, fiziksel olarak bağlı gezegen(ler)i veya sisteme bağlı nesnelerin varlığını ortaya çıkarmak için oldukça kullanışlı bir yöntemdir (Santos vd. 2002, Lee vd. 2017).



Şekil 2.12 a. η Dra yıldızının çizgi ortayı profilinde neredeyse düz dikey bir çizgi gibi görünmektedir. b. Çizgi ortayın şekli 100 kez genişletildiğinde daha net görülebilir (Gray 2005a'den değiştirilerek alınmıştır)

Diğer dikine hız değişimlerine sebep olan mekanizmalardan gezegen imzasını ayırt etmede çizgi ortay analizi sıklıkla kullanılmaktadır. Her bir çizginin dalgaboyu kaymasını ve ortalama şeklini belirlemek için yıldızın tayf çizgilerine bir şablon tayf ile çapraz korelasyon uygulanır. Uygulanan çapraz korelasyon fonksiyonu ile (ing. cross-coraletion function: CCF) ortalama bir çizgi profili oluşturulmaktadır. Bu profilin biçimi tayfsal çizgi şekillerine ve kullanılan şablon tayfındaki çizgilerin genişliğine bağlıdır. Oluşturulan ortalama çizgi profili tüm çizgilerin bir kombinasyonudur. Bu ortalama çizgi profilinden de çizgi ortayları hesaplanır (Povich vd. 2001, Martínez Fiorenzano vd. 2005).

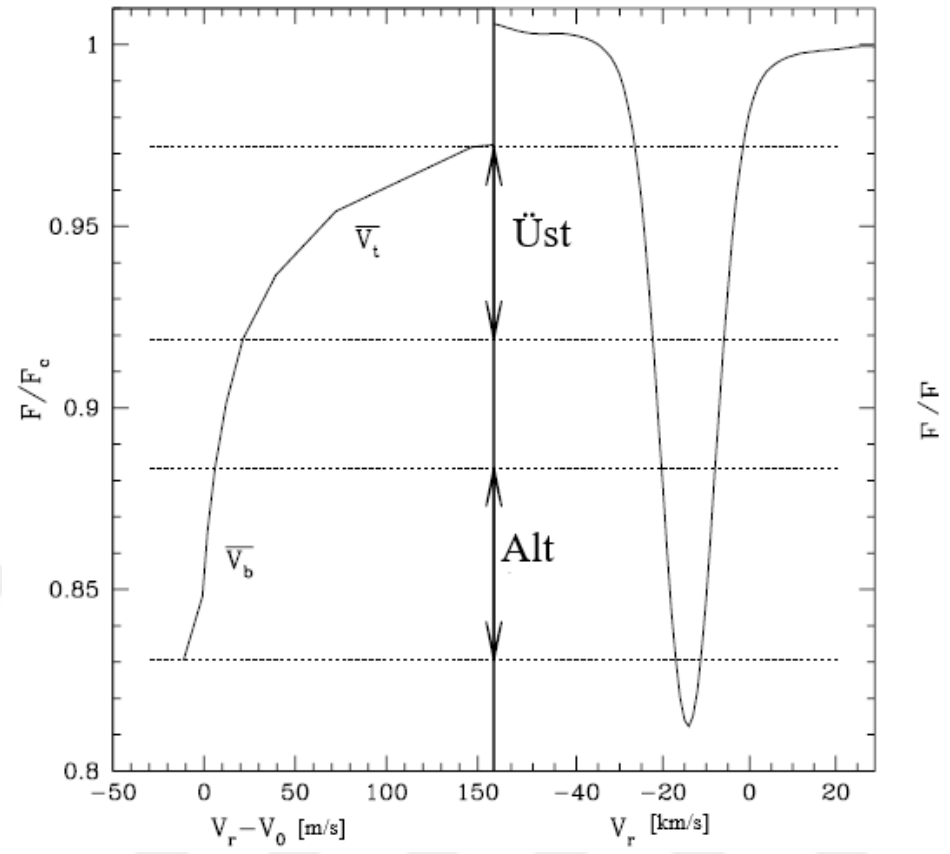
CCF'in en önemli avantajlarından biri de, zayıf şiddetli çizgilerin bile ortalama profilin oluşturulmasında bir etkisinin olmasıdır. (Dall vd. 2006). Çizgi ortay çalışmaları bu şekilde CCF profilleri üzerinden yapılabileceği gibi tekil çizgiler üzerinden de yapılabilmektedir. Ancak, ortay analizleri tekil çizgiler üzerinden yapılacaksa, yüksek çözünürlük ve S/N oranı gerekmektedir. Bu parlak yıldızlar için genellikle sorun

değildir. Ama sönük yıldızlarda tayfta yüksek S/N oranına erişebilmek için yüzlerce bireysel tayf çizgisine bir şablon tayf yardımıyla CCF uygulanarak ortalama bir tayf çizgi profili ile çalışılmaktadır. Eğer bu işlem uzun zaman aralığında alınan tayflar üzerinde yapılırsa, atmosferik etkiler ve dalga boyu kalibrasyonuna bağlı hatalar ortaya çıkması muhtemeldir. Geleneksel olarak dikine hız belirlemek için kullanılan CCF'ler tekil çizgilere göre pek çok çizginin yüksek S/N (Sinyal/Gürültü) oranına sahip bir "ortalaması" olarak değerlendirilebileceğinden birçok çalışmada sıklıkla kullanılmaktadır (Dall vd. 2006, Baştürk vd. 2011).

2.5 Çizgi Ortayı Analizinde Kullanılan Ölçütler

Çizgi asimetrilerini niceliksel olarak tanımlamak ve çizgi ortayının geometrik niteliğini belirlemek adına çizgi ortayı ölçütleri kullanılmaktadır. Bunların içerisinde en yaygın olarak kullanılan ise ortayın kapladığı hız alanı (ing. bisector span) parametresidir (Toner ve Gray 1988). Ortayın kapladığı hız alanını doğru ifade edebilmek, atmosferin üst katmanları ile alt katmanları arasındaki hız farklarını değerlendirmek açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple tanımlanan ölçütler ortayın tepesinde (fotosferin üst katmanlarındaki) ve ortayın dibinde (daha derindeki) hız alanları arasındaki farkı ifade etmektedir. Queloz vd. (2001) CCF'nın çizgi ortaylarının kullanılmasında öncülük etmiştir.

Klasik tek çizgi ortayı çalışması için kullanılan hız alanı tanımına benzer çizgi ortayının ters eğimi (ing. bisector inverse slope: BIS) olarak bir hız alanı kullanmışlardır. Queloz vd (2001)'nin yaptığı tanıma göre (Şekil 2.13); çizgi ortayının kapladığı hız alanı tam olarak çizgi ortayının eğiminin tersine eşittir (Dall vd. 2006). Dall vd (2006) ise ortayın ters eğimini çizgi derinliğinin % 10 - % 40'ı arasındaki hız değerlerinin ortalaması (v_t) ile % 55 - % 90'nı arasındaki hız değerlerinin ortalaması (v_b) arasındaki fark (v_t- v_b) olarak tanımladılar.



Şekil 2.13 Ortayın ters eğiminin (BIS) çizgi profili üzerinde çizgi derinliğine göre belirlenmesinin örnek gösterimi (Queloz vd. 2001'den değiştirilerek alınmıştır)

Diğer bir çizgi ortayı ölçütü olarak kullanılan yöntem ise ortayın eğriliği olarak Gray ve Hatzes (1997) tarafından tanımlanmıştır. Dall vd. (2006) çalışmasında, ortay eğriliğini ortay üzerinden üç farklı akı düzeyi arasındaki noktalarının hızlarının ortalamasını alarak hesaplamıştır. Bu hesaba göre çizgi derinliğinin % 20 - % 30'u arasındaki hız değerlerinin ortalamalarını ifade eden v_1, % 40 - % 55 arasındaki hız değerlerinin ortalamasını ifade eden v_2 ve %75 ile en tepe noktası arasındaki hız değerlerinin ortalamasını ifade eden v_3 kullanılarak;

$$c_b = (\mathrm{v}_3 - \mathrm{v}_2) - (\mathrm{v}_2 - \mathrm{v}_1) \tag{1.3}$$

şeklinde hesaplanır. Çizgi ortayı asimetrileri, hızlarının eğriliği (ing.bisector velocity curvature: BVC) ölçütü ile de niceliksel hale getirilebilir.

Çizgi ortayının kapladığı hız alanı (ing. bisector velocity span: BVS) yine oldukça sık kullanılan ölçütlerden birisidir. Ölçütün tanımları çalışmadan çalışmaya ufak farklılıklar gösterse de, temelde ortayın üst kısmına yakın noktalardaki hızların ortalaması ile ortayın dibine yakın noktalar arasındaki hızların ortalaması arasındaki farka eşittir (Toner ve Gray 1988, Queloz vd 2001, Dall vd 2006). Çizgi profilinin çizgi ortayında üst ve alt kısımları arasındaki farkı ifade ettiği için oldukça önemli bir ölçüttür. Çizgi derinliğinin % 20 - % 30 arasındaki noktaların hız değerleri ortalaması (v_1) ile % 75 - % 100 arasındaki noktaların hız değerleri ortalaması (v_3) arasındaki farka ($v_1 - v_3$) karşılık gelir (Dall vd. 2006).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

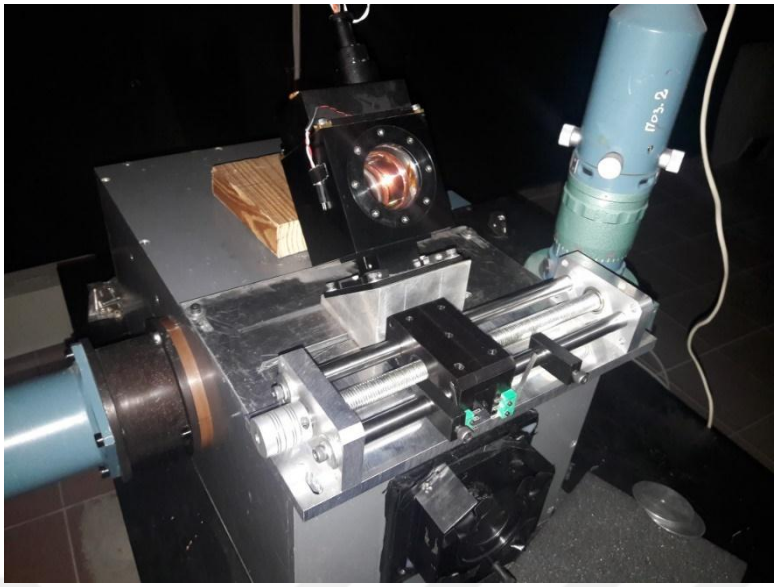
3.1 Materyal

Bu tez çalışmasında kullanılan HD 199719 yıldızının gözlemsel verisi, 50 G-K türü dev yıldızın hassas Doppler araştırması kapsamında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) elde edildi (Yılmaz vd. 2013). Bu tez çalışmasında 2010 Haziran ayından 2017 Aralık ayına kadar RTT150 teleskobu (Şekil 3.1) ve ona bağlı Coudé Échelle Tayfçekeri (CET) (Şekil 3.2) kullanılarak elde edilen 145 adet tayf kullanıldı. Hala devam etmekte olan gözlemlerin dikine hız hassasiyeti 10 m/s' dir.

Hassas dikine hız ölçümü elde etmek için (Şekil 3.3) tayf gözlemlerinin tamamında I_2 (iyodin) hücresi eklentisi kullanıldı. Kullanılan CET dalgaboyu aralığı 3500 Å ve 8000 Å aralığında olup çözünürlüğü R ~ 55000'dir. Tüm veri seti için 1800 s pozlama süresi verildi ve pixel başına S/N = 80-150 sinyal/gürültü oranı elde edildi.



Şekil 3.1 TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan 150 cm'lik RTT150 teleskobu.

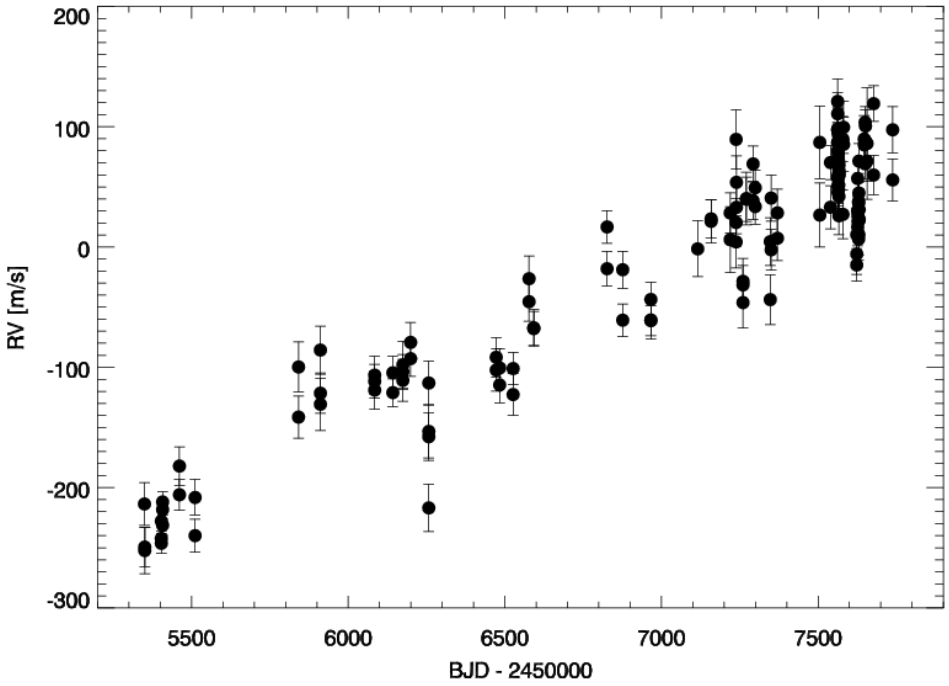


Şekil 3.2 Coudé Échelle Tayfçekeri (CET) ve I_2 (iyodin) soğurma hücresi

HD 199719 yıldızına ait katalog bilgileri ve bazı parametreleri Harlan (1969), McDonald vd. (2012) ve Paunzen (2015) tarafından yapılan çalışmalarla elde edilmiştir. Bu katalog bilgileri çizelge 3.1'de mevcuttur. Ayrıca HD 199719 yıldızının da içerisinde bulunduğu çok sayıda HIPPARCOS yıldızı için McDonald vd. (2012) Tayfsal Eneji Dağılımı (ing: SEDs Spectral Energy Distribution Fitting) yöntemi kullanılarak bazı temel parametrelerini hesapladıkları çalışmalarında orta kızılötesi bölge için ışınım artıklarını da (E_{IR}) vermişlerdir. HD 199719 için hesaplanan sıcaklık (T), ışınım gücü (L) ve E_{IR} parametreleri çizelge 3.1 içerisinde yer almaktadır. Bu çalışmayla, elde edilen kızılötesi artıklar yıldız çevreside kütle kaybına bağlı olarak bir toz katmanın varlığını gösterebilmektedir. HD 199719 kızılötesi bölgede bir artık gösteriyor olsa da, çalışmada yıldız çevresinde toz oluşumundan bahsedilmemiştir.

Çizelge 3.1 HD 199719 yıldızının Simbad veri tabanından alınan katalog bilgileri ve yapılan çalışmalarda elde edilmiş bazı fiziksel parametreleri

Sağaçıklık	20 58 18.71	Sıcaklık (K)	5297
Dikaçıklık	+23 02 46.83	Işınım Gücü($L_{\odot}$)	52.29
Parlaklık	6.57 (V)	E_{IR}	1.447
Tayf Türü	G8 III		



Şekil 3.3 HD 199719 yıldızına ait hassas dikine hız ölçümleri

3.2 Yöntem

HD 199719 yıldızına ait gözlem verilerinin indirgemesi (bias düzeltmesi, normalize flat düzeltmesi, saçılmış ışık düzeltmesi, tayfların çıkarılması ve dalgaboyu kalibrasyonu) IRAF[3] (Image Reduction and Analysis Facility) yazılım paketi kullanılarak standart yolla yapıldı.

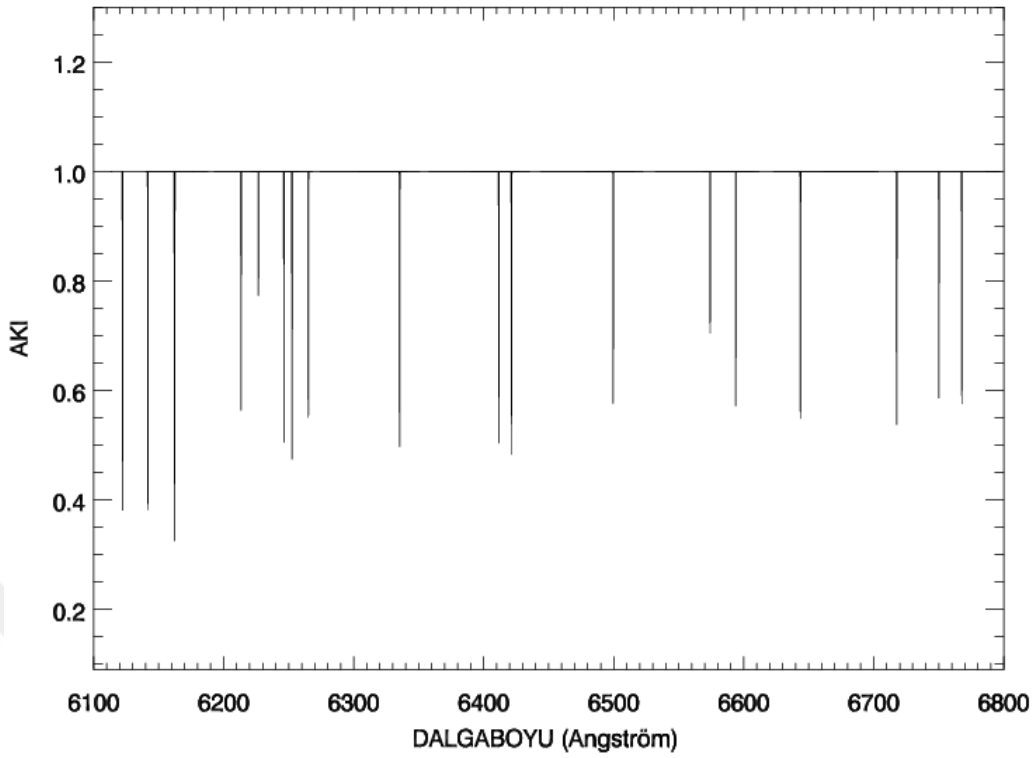
Yıldızın dikine hız ölçümleri Butler vd. (1996) ve Sato vd. (2002)'nin çalışmalarında tarif edilen analiz tekniğine dayanarak IDL (Interactive Data Language)[4] yazılım paketi ile yazılan bir kod kullanılarak gözlenen yıldız + I_2 tayflarından elde edildi. Bu indirgeme işleminden sonra tayftan çıkarılan basamaklar tek tek polinom fiti geçirilerek

[3] http://iraf.net.
IRAF is distributed by the National Optical Astronomy Observatories, which are operated by the Association of Universities for Research in Astronomy, Inc., under cooperative agreement with the National Science Foundation
[4]https://www.harrisgeospatial.com/Software-Technology/IDL#language

çizgi ortayı analizi yapılmak üzere normalize edildi. Normalizasyon işlemleri IDL yazılım dili ile yazılan bir kod kullanılarak yapıldı.

Gözlemsel olarak elde edilen tayfa aynı dalgaboyu aralığına sahip bir şablon tayf ile çapraz korelasyon uygulanarak ortalama (CCF) çizgi profilleri elde edildi. Şablon tayf ise, yıldızın atmosfer parametrelerine bağlı olarak model atmosfer programları kullanılarak oluşturulan bir sentetik tayftır. Çalışmada tüm tayf çizgilerini kullanmak yerine göreceli olarak orta şiddetteki çizgiler ve birbirleri ile örtüşmemiş (blend olmamış) çizgiler seçilerek bir maskeleme yapıldı. Bunun için toplam 18 adet çizgi kullanıldı ve bunların listesi çizelge 3.2'de verildi. Bu maskeleme hem gözlemsel tayfa hem de oluşturulan şablon tayfa uygulandı. Bu maske tayflar yardımıyla CCF ile ortalama çizgi profilleri oluşturuldu ve profilin orta noktaları hesaplandı. Bu orta noktaları hesaplamak için ortalama profil çizgisinin her iki kanadı da (mavi ve kırmızı kanadı) kullanıldı. Ancak her iki kanatta gözlemsel noktalar aynı akı değerlerine sahip olmayabileceğinden, interpolasyon ile aynı akı değerlerine sahip noktalar belirlendi. Daha sonra bu noktalara, karşılık gelen hız değerleri toplanarak ikiye bölündü ve böylece çizgi ortay noktaları belirlendi.

Çizgi profilinin iki kanadını birleştiren yatay doğruların orta noktalarından geçen eğriyi (çizgi ortayını) belirlemek için IDL yazılım dili kullanılarak bir kod yazıldı. Analizlerde çizgi profilleri oluştutulurken iyodinsiz bölgeler kullanıldı. Bu amaçla tayfın 6000Å ile 7210Å dalgaboyu aralığındaki iyodinsiz kısmı kullanıldı. Çizelge 3.2'de verilen çizgilerin maskelenmesi için bir IDL yazılım kodu geliştirildi. Uygulanan maskeleme için kullanılan örnek bir şablon şekil 3.4'de verilmiştir. Geliştirilen analiz kodları ile 145 adet tayf için benzer işlemler uygulanarak çizgi ortayları hesaplandı ve yıldızın doğasından kaynaklı etkilerin olup olmadığının araştırılması yapıldı.



Şekil 3.4 Uygulanan maske tayf için örnek bir şablon

Çizelge 3.2 Maske tayf için seçilen çizgiler, dalgaboyları ve kullanılan kaynaklar

Çizgi	**Dalgaboyu (λ)**	**Kaynak**
Ca I	6122.23	1
Ba II	6141.72	1
Ca I	6162.18	1
Fe I	6213.4	2
Fe I	6226.73	5
Fe I	6246.32	-
Fe I	6252.56	1,3
Fe I	6265.13	1
Fe I	6335.3	8
Fe I	6411.6	8
Fe I	6421.4	8
Ca I	6499.7	8
Fe I	6574.2	8

Çizelge 3.2 Maske tayf için seçilen çizgiler, dalgaboyları ve kullanılan kaynaklar (devam)

Fe I	6593.9	7,8
Ni I	6643.6	6
Ca I	6717.70	4,8
Fe I	6750.20	4
Ni I	6767.8	4

***Kaynaklar:** (1) Gray ve Toner (1986); (2) Hatzes vd. (1998); (3) Dall vd. (2006); (4) Nowak ve Niedzielski (2008); (5) Gray (2010); (6) Lee vd. (2016); (7) Niedzielski vd. (2016); (8) Lee vd. (2017)

Belirlenen ortay noktaların hataları Gray (2005a) tarafından verilen eşitlik temel alınarak hesaplandı. Ancak Gray'in dalga boyu biriminde hesapladığının aksine ortay noktalarının hataları hız biriminde hesaplandı (Baştürk vd. 2011). Her bir ortay noktasının dikine hız hatasını;

$$\delta V = \frac{1}{\frac{S}{N}\sqrt{2F}} \frac{dF}{dV} \tag{3.1}$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır (Baştürk vd. 2011). Burada S/N sinyal–gürültü oranını, dF / dV çizgi profilinin hız biriminde eğimini ve F akıyı ifade etmektedir.

Elde edilen ortayların asimetrilerini niceliksel olarak tanımlamak için ortayın ters eğimi (BIS), ortayın kapladığı hız alanı (BVS), ortay hızları eğriliği (BVC) olmak üzere üç adet çizgi ortay ölçütü kullanıldı (ayrıca bakınız bölüm 2). Bu ölçütlerin hız aralıklarını belirlemek üzere kullanılan akı seviyeleri ise şu şekildedir; BIS için; v_t = % 10 - % 40 ve v_B = % 55 - % 90 (Dall vd. 2006), BVS ve BVC için; v_1= % 5 - % 25, v_2= % 35 - % 55, v_3= % 65 - % 85 (Yılmaz vd. 2017).

Elde edilen ortay ölçütlerinin dönem analizi IDL dili kullanılarak yazılan kod ile yapıldı. Bu çalışmanın maçlarınıdan biri de Hα ve Hβ çizgileri için eşdeğer genişlik ölçümlerini elde etmektir. Bu ölçümleri belirlemek için IDL yazılım dilinde çalışan

BinMag[5] isimli program kullanıldı ve temelde gauss fiti kullanılarak bu ölçümler yapıldı. Eşdeğer genişlik ölçümlerinde örtüşmüş çizgilerden etkilenmemek için çizgi merkezinden itibaren ölçülen bir çizgi aralığı kullanıldı. Bu çizgi aralıkları Hα için ±1.0 Å ve Hβ için ± 0.8 Å olarak kabul edildi (Lee vd. 2016). Böylece 145 adet tayf için bu aralıklarda kalan çizgilerin eşdeğer genişlikleri ölçüldü.

[5] http://www.astro.uu.se/~oleg/binmag.html

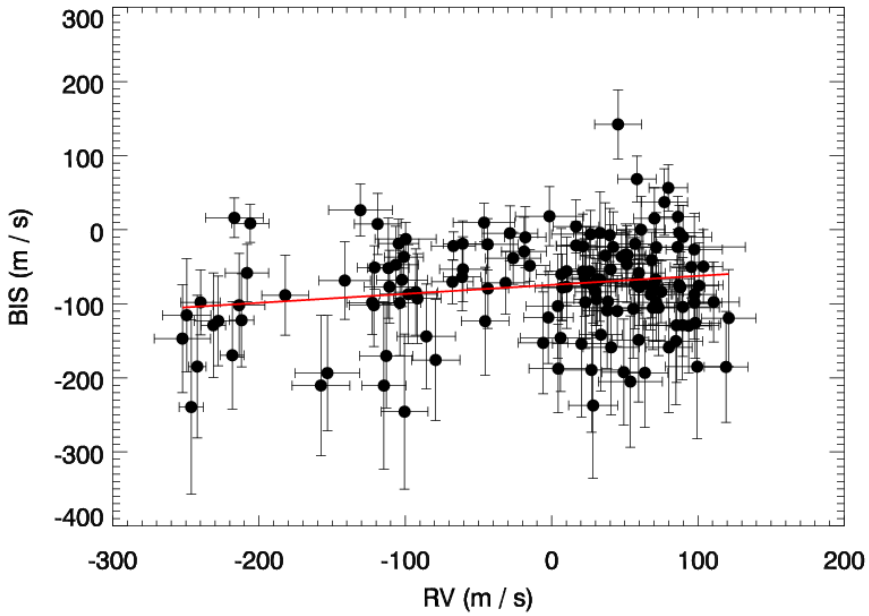
4. BULGULAR

Bu bölümde HD 199719 yıldızının dikine hız değişimlerine neden olabilecek yıldızın doğası kaynaklı etkileri ayırabilmek için, tayf çizgilerine yapılan çizgi ortay analizlerinden ve eşdeğer genişlik ölçümleri sonucunda elde edilen sonuçlar yer almaktadır.

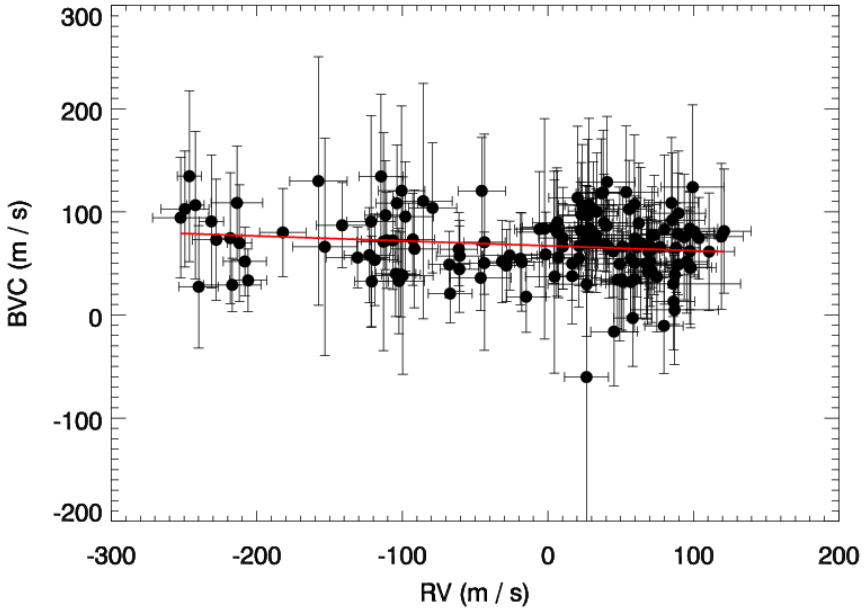
4.1 Ortay Analizi

CCF yardımıyla elde edilen ortalama çizgi profilleri üzerinden gerçekleştirilen ortay analizlerine ait ölçümleri ve dikine hız ölçümleri EK'te yer almaktadır. Ortaylara ait sonuçların dikine hız değerlerine göre dağılım grafikleri şekil 4.1 ile şekil 4.3 arasında verilmiştir. Dikine hızlar ile ölçütler arasında yapılan lineer fitler bir ilişki olmadığını göstermektedir ve lineer fitlerin eğimi sırasıyla şekil 4.1 için 0.121, şekil 4.2 için -0.048 ve şekil 4.3 için -0.111 olarak hesaplanmıştır. Grafiklerin korelasyon katsayısı (R^2) ve ki-kare (χ^2) değerleri ise sırasıyla BIS, BVC ve BVS grafikleri için $R^2_{BIS} = 0.0218$, $R^2_{BVC} = 0.022$, $R^2_{BVS} = 0.015$, $\chi^2_{BIS} = 0.923$, $\chi^2_{BVC} = 1.141$, $\chi^2_{BVS} = 0.140$ olarak hesaplandı. Bu değerler dikine hızlar ile ölçütler arasında bir korelasyondan söz edilmesinin mümkün olmadığını açıkça göstermektedir.

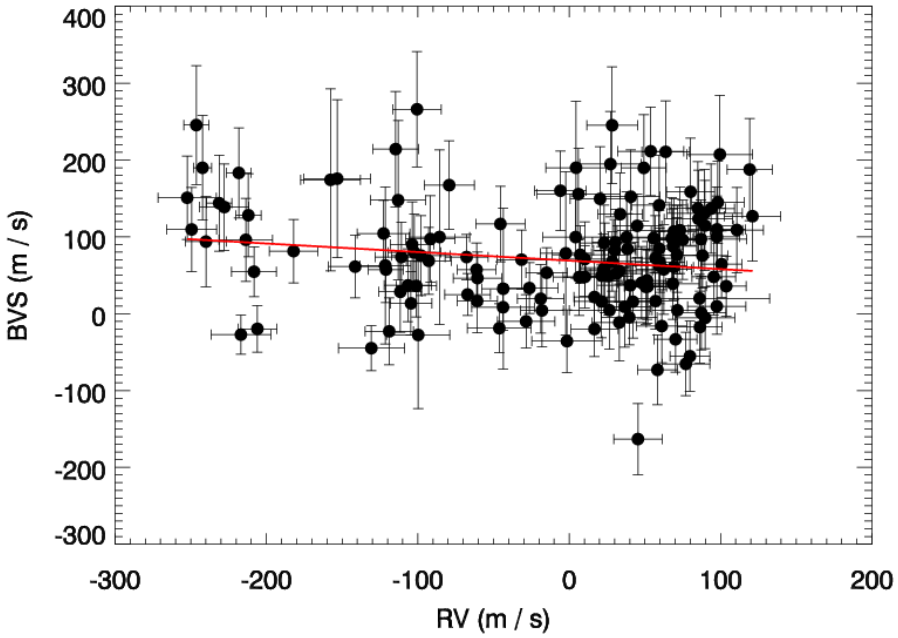
Ortaylara ait dönem analizlerinde Lomb-Scargle yöntemi kullanılarak ulaşılan sonuçlar ise şekil 4.4 ile şekil 4.6 arasında yer almaktadır. Dönem diyagramlarının sonuçlarında yüksek piklerin güvenirliliğini ölçmek için tipik bir yaklaşım olan FAP (ing. False Alarm Probability) değerleri kullanıldı. Kullanılan veri kümesi eğer bir pik vermeyecekse, FAP ile benzer bir büyüklükte (rastgele hatalar arasındaki rastlantısal uyum nedeniyle olabilecek) pikler elde edilme olasılığı belirlenebilir. Ayrıca Hα ve Hβ çizgilerinin eşdeğer genişlik ölçümlerinin zamana göre garfikleri ve dönem analizi sonuçları şekil 4.8 ile şekil 4.11 arasında yer almaktadır. Analizde kullanılan tüm çizgi ortaylarının herhangi bir şekilde kaydırma veya ölçeklendirme yapılmaksızın üst üste çizdirilmiş hali şekil 4.7'de verilmektedir.



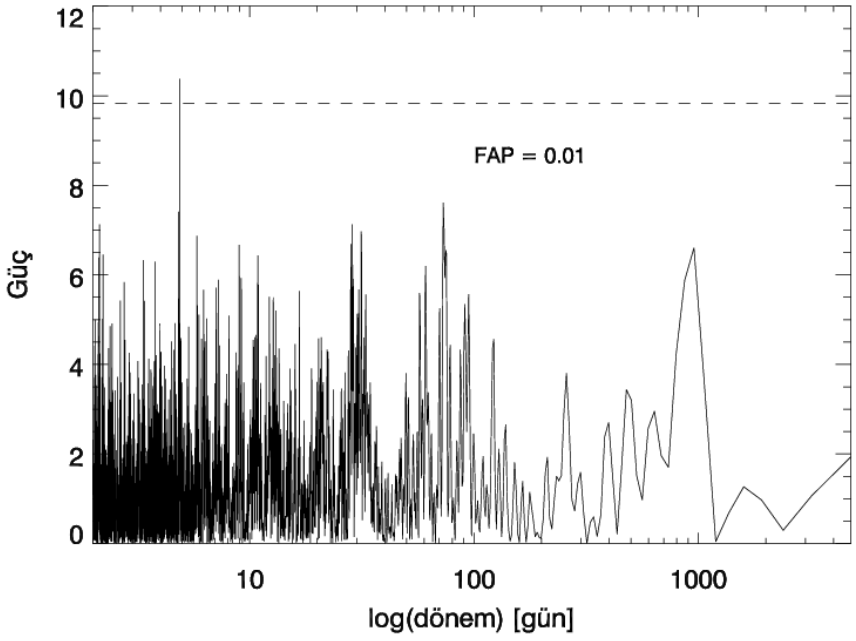
Şekil 4.1 Maske tayfı kullanılarak elde edilen ortayın ters eğiminin (BIS) dikine hıza göre değişimi



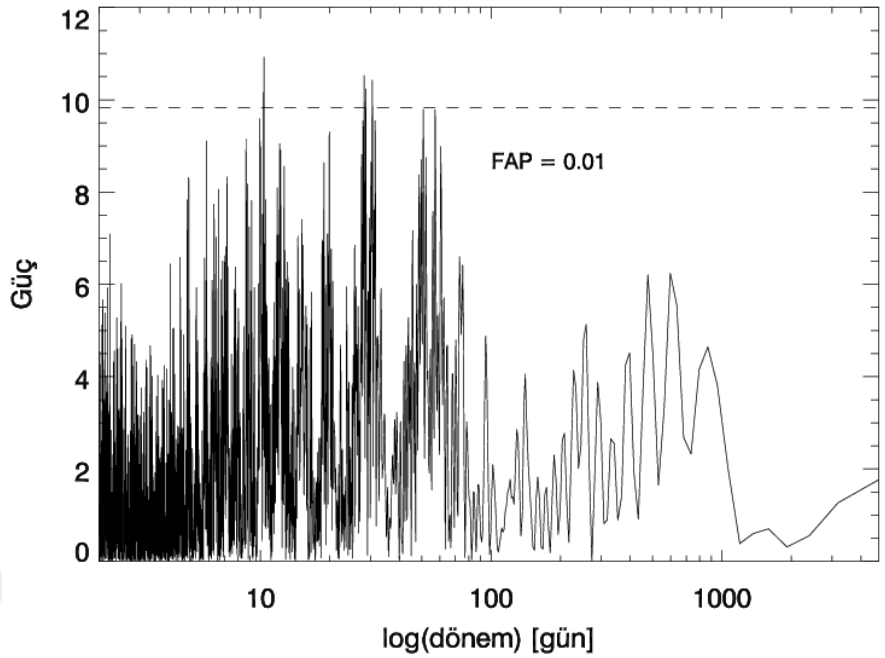
Şekil 4.2 Maske tayfı kullanılarak elde edilen ortayın hız eğriliğinin (BVC) dikine hıza göre değişimi



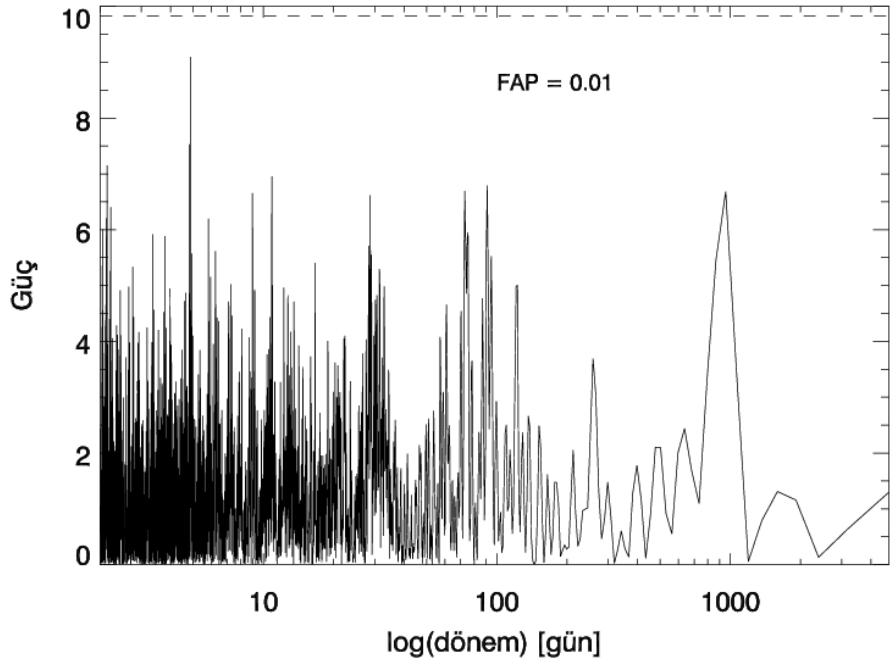
Şekil 4.3 Maske tayfı kullanılarak elde edilen ortayın kapladığı hız alanının (BVS) dikine hıza göre değişimi



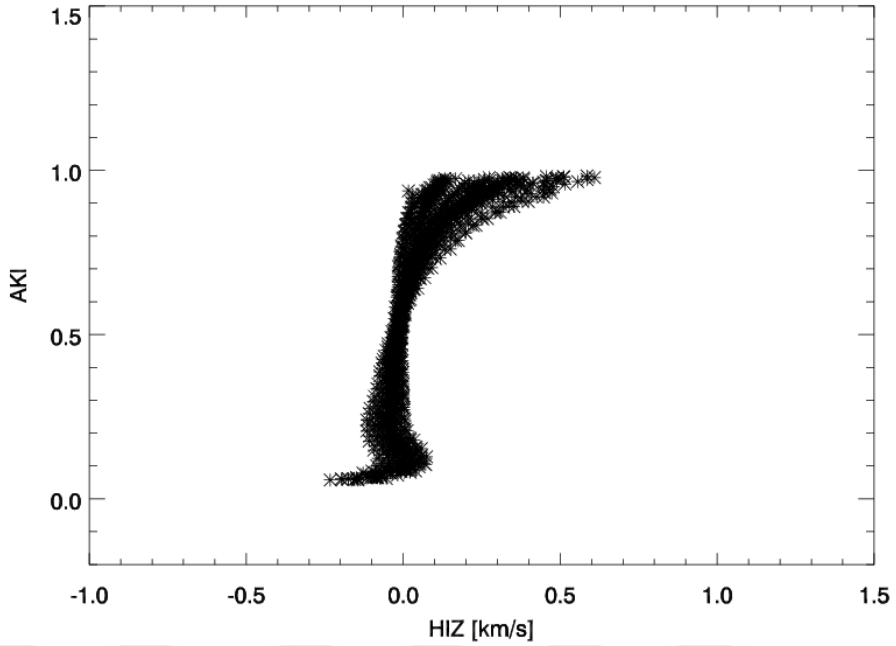
Şekil 4.4 BIS değerleri için dönem analizi



Şekil 4.5 BVC değerleri için dönem analizi

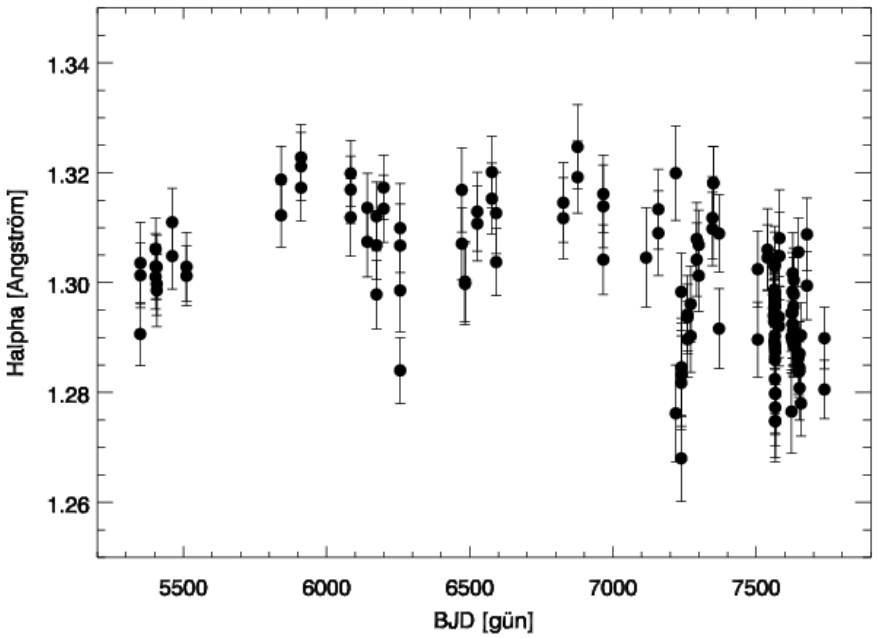


Şekil 4.6 BVS değerleri için dönem analizi

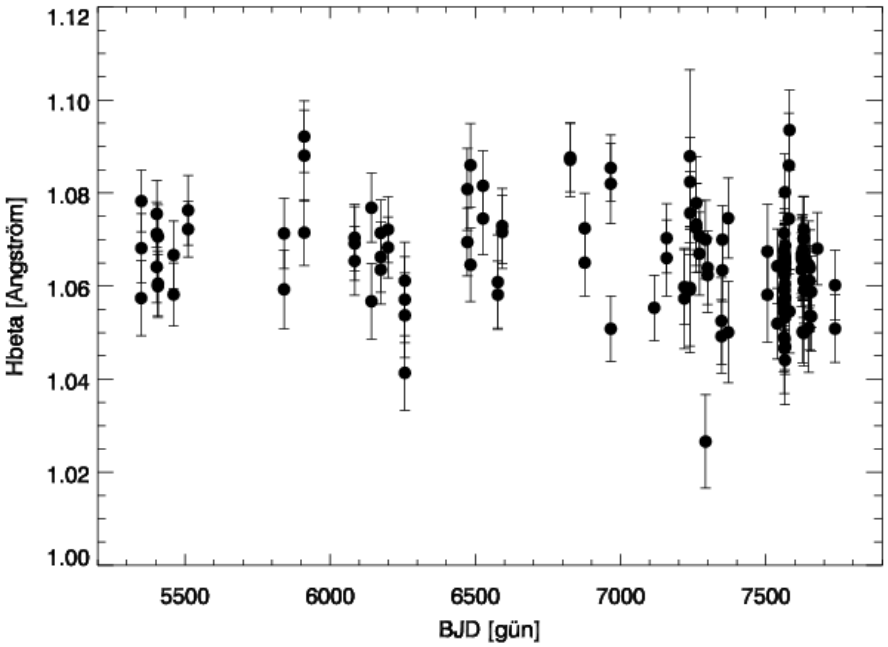


Şekil 4.7 Gözlemlerden elde edilen tüm çizgi ortayları

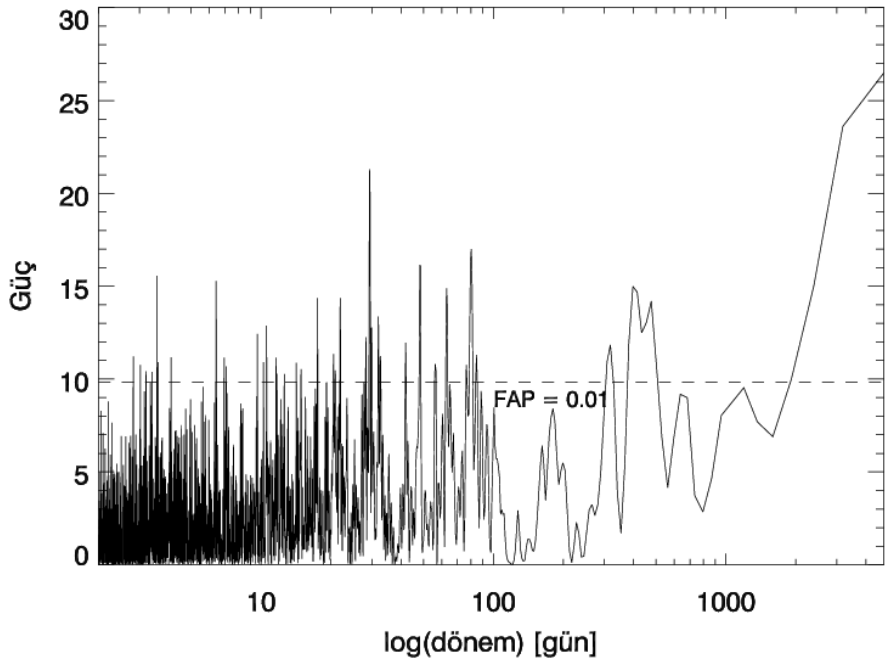
4.2 Eşdeğer Genişlik Ölçümleri



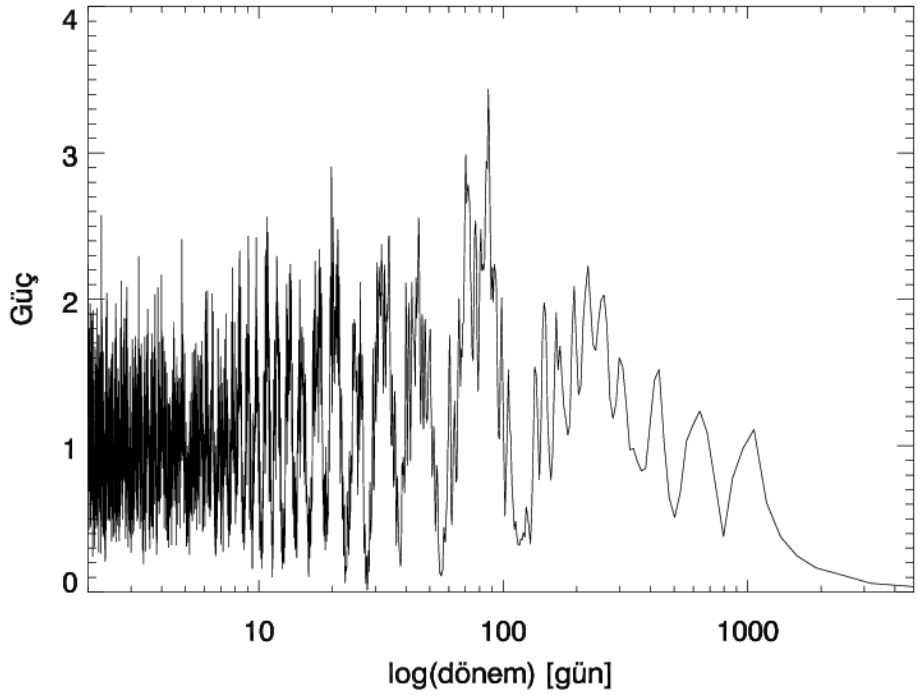
Şekil 4.8 Hα çizgisi için yapılan eşdeğer genişlik ölçümü



Şekil 4.9 Hβ için yapılan eşdeğer genişlik ölçümü



Şekil 4.10 Hα eşdeğer genişlik ölçümleri için dönem analizi



Şekil 4.11 Hβ eşdeğer genişlik ölçümleri için dönem analizi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında, Güneş benzeri dev bir yıldız olan HD 199719'un ~100 m/s mertebesindeki dikine hız değişimlerinin sebepleri araştırıldı. Dikine hızlarda değişime neden olabilecek yıldız doğası kaynaklı birden fazla olgu (bulgurlanma, zonklama, manyetik aktivite kaynaklı oluşan yüzey lekeleri ve manyetik çevrim) mevcuttur ve bunlar yıldızın etrafında olası bir ötegezegenin tespitini zorlaştırmaktadır. Bu tez çalışmasının öncelikli hedefi de, dikine hızda meydana gelen bu tür değişimlerin kaynağının irdelenmesidir. Bu amaçla, yıldızın sistematik olarak yapılan gözlemlerinden elde edilen ortalama tayfsal çizgi profillerinde, bu olguların sebep olabileceği çizgi asimetrileri ve çizgi ortay ölçütleri ile dikine hız arasındaki ilişki araştırıldı.

Çizgi asimetrilerini nicel olarak ifade etmek için kullandığımız çizgi ortay ölçütlerinin (BIS, BVC ve BVS) dikine hız değerlerine göre dağılım grafikleri şekil 4.1 - 4.3'te verilmektedir. Bu grafiklere bakıldığında çizgi ortay ölçütlerinin dikine hız değerlerine göre bir korelasyon göstermediği açıkça görülmektedir. Yapılan doğrusal fitlerin eğrileri bunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu durumda, bu bulgular bize yıldızın doğası kaynaklı etklerin dikine hız değişiminde önemli bir rol almadığını düşündürmektedir. Ancak BIS, BVC ve BVS ortay ölçütleri için elde edilen dönem analiz grafikleride, şekil 4.4 - 4.5'e bakıldığında, çok farklı bir tablo ortaya çıkmaktadır. Ölçütler için yapılan bu dönem analizlerinde güç grafiklerinde BIS için ~4.88 günlük, BVC için ise ~10.36 günlük dönemleri işaret eden pikler görülmektedir. Çizgi ortay analizlerinde bulunan bu kısa dönemler ilk bakışta, özellikle geç tayf türü yıldızların yüzeyinde görülen düşük genlikli salınımlardan kaynaklı olabileceğini düşündürmektedir.

Ölçüt grafikleri dikine hız ölçümleri ile bir korelasyon göstermediğinden manyetik aktivite kaynaklı leke oluşumlarının dikine hız değişimi yaratmadığı sonucuna varılabilir. Ancak, aktif bölgeler hem soğuk lekeleri hem de sıcak plaj bölgeleri ile fakülaları içerdiğinden ve bunların birbirlerine zıt yönlerde olabilecek ortak etkileri sebebiyle, yıldızın çizgi profillerinde yaratacakları değişimler görülemeyebilir. Aynı

zamanda dikine hızın zamana göre grafiğine (Şekil 3.3) bakıldığında, yukarı doğru devam eden ve oldukça uzun dönemli bir değişim göze çarpmaktadır. Bu çıkış bize çok uzun dönemli (1000 günden fazla) manyetik çevrim gibi bir etkinin varlığını veya görünmeyen bir bileşenin varlığını gösteriyor olabilir.

Ayrıca, şekil 4.7'de çizgi profilleri için hesaplanan ortayların üst üste çizdirilmiş bir grafiğini de verilmektedir. Bu grafiğe baktığımızda ortay şekillerinin asimetrik yapılara sahip ve her bir şeklin yapısının Gray'in (2005a) de belirttiği gibi biçimsiz bir 'C' şeklinde olduğu göze çarpmaktadır. Bu durumda, yıldızın yüzeyinde varolan bulgurlanma (granülasyon) hareketinden söz edilebilir. Yıldızın yüzeyinde görülen bu etki, geç tayf türü yıldızlarda süreklilik göstermekte ve dönemleri birkaç gün mertebesindedir. Benzer şekilde, çapsal zonklama kaynaklı değişimler G-K türü dev yıldızlar için de birkaç gün mertebesindedir ve çizgi asimetrilerine neden olmaktadır. Bu nedenle bulunan bu dönemler yıldızda meydana gelen çapsal veya çapsal olmayan zonklamlara ve burgurlanma (granülasyon) hareketinden kaynaklı olabilir. Dikine hız ölçümlerinin uzun dönemli bir değişim göstermesi manyetik bir çevrime işaret ediyor olabilir. Bu olguların özellikle manyetik çevrim varsayımının geçerli olup olmadığını anlamak için yıldızın ileri tarihli ve uzun süreli gözlem verilerine ihtiyaç vardır.

Hα ve Hβ için yapılan eşdeğer genişlik ölçümlerine bakıldığında, Hα için şekil 4.9'de büyük dönemli bir değişim gösterdiği görülmektedir. Bu değişim yıldızın manyetik çevrim kaynaklı olabilir ve burada bu değişimin küçük bir kısmı görünüyor olabilir. Ancak, Hα çizgisinin oldukça geniş bir çizgi olduğu ve içerisine birçok çizginin de dahil olabileceği unutulmamalı ve sadece Hα için yapılan bir analiz ile bu sonuca kesin yargılar ile varılmamalıdır. Bu sebeple, bu değişimin kesinleştirilmesi için Ca II H ve K çizgileri içinde bir analiz yapılmalıdır. Aynı şekilde Hβ için elde edilen eşdeğer genişlik grafiğine (Şekil 4.10) bakıldığında Hα çizgisindeki gibi bir değişim görülmemektedir.

Sonuç olarak, yıldızın ortay biçimlerinde ve ölçüt garfiklerinde yıldız yüzeyinde bulunan leke kaynaklı etkilere ilişkin bir kanıt elde edilememiş olsa da yıldızda kısa dönemli dikine hız değişimlerine neden olabilecek manyetik etkinlik olgusunun varlığı

tümüyle dışlanamaz. Daha çok biçimsiz 'C' şeklinden dolayı bulgurlanma (granülasyon) etkisinin var olduğu düşünülmektedir. Ancak bulgurlanma için tipik dönemlerin birkaç gün mertebesinde olması dikine hızdaki uzun dönemli değişimi açıklayamamaktadır. Bundan başka, ölçütler için elde edilen dönemler gene yıldız yüzeyinde meydana gelebilecek zonklamaların bir sonucunu işaret ediyor olabilir. Hα çizgisi için yapılan analizlere ve dikine hızın zamana göre değişim grafiğine dayanarak birkaç yıl mertebesinde bir döneme sahip manyetik çevrimden söz edilebilir. Her ne kadar yıldız doğası kaynaklı etkilerden şüpeleniyor olunsa da da dikine hız ölçümlerinde görülen uzun dönemli değişim yıldız altı bir cisimden veya bir ötegezegenden kaynaklı olma ihtimali de göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca bu tez çalışması boyunca yapılan analizlerde yıldızın orta-kızılöte bölge için elde edilen ışınım artıklarını (E_{IR}) doğrular nitelikte yıldız etrafında çevresel maddeye ilişkin bir belirtiye rastlanmadı.

KAYNAKLAR

Aigrain, S., Pont, F. and Zucker, S. 2012. A simple method to estimate radial velocity variations due to stellar activity using photometry. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 419 (4), 3147-3158.

Anonymous. 2017. Web Sitesi: https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu, Erişim Tarihi: 1.12. 2018.

Anonymous. 2018. Web Sitesi: https://www.nasa.gov/kepler/discoveries, Erişim Tarihi: 1.12. 2018.

Anonymous. 2017. Web Sitesi: https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/counts_detail.html, Erişim Tarihi: 1.12.2018.

Anonymous. 2012. Web Sitesi: http://iraf.net, Erişim Tarihi: 1.12. 2018.

Anonymous. 2018. Web Sitesi: https://www.harrisgeospatial.com/Software-Technology/IDL#language, Erişim Tarihi: 1.12. 2018.

Anonymous. 2015. Web Sitesi: http://www.astro.uu.se/~oleg/binmag.html, Erişim Tarihi: 1.12. 2018.

Bahng, J., Schwarzschild, M. 1961. Lifetime of solar granules. Astrophysical Journal, 134, 312.

Baştürk, Ö., Dall, T. H., Collet, R., Lo Curto, G. and Selam, S. O. 2011. Bisectors of the HARPS cross-correlation function. The dependence on stellar atmospheric parameters. Astronomy & Astrophysics, 535, A17.

Batalha N. M., Borucki, W.J., Bryson, S. T., Buchhave, L.A., Caldwell, D. A., Christensen-Dalsgaard, J., Ciardi, D., Dunham, E. W., Fressin, F., Gautier III, T.N., Gilliland, R. L., Haas, M. R., Howell, S. B., Jenkins, J. M., Kjeldsen, H. Koch, D. G., Latham, D. W., Lissauer, J. J., Marcy, G.W., Rowe, J. F., Sassleov, D. D., Seager, S., Steffen, J. H., Torres, G., Basri, G. S., Brown, T. M., Charbonneau, D., Christiansen, j., Clarke, B., Cochran, W. D., Dupree, A., Fabrycky, D. C., Fischer, D., Ford, E. B., Fortney, J., Girouard, F. R., Holman, M. J., Johnson, J., Isaacson, H., Klaus, T. C., Machalek, P., Moorehead, A. V., Morehead, R. C., Ragozzine, D., Tenenbaum, P., Twicken, J., Quinn, S., VanCleve, J., Walkowicz, M. L., Welsh, W. F., Devore, E. and Gould, A. 2011. Kepler's first rocky planet: Kepler-10b. The Astrophysical Journal, 729, 27.

Bedding, T. 2011. Solar-like oscillations: an observational perspective. arXiv preprints, Canary Islands Winter School of Astrophysics Volume XXII edited by Pere L. Pallé. Cambridge University Press, Cambridge.

Boisse, I., Moutou, C., Vidal-Madjar, A., Bouchy, F., Pont, F., Hébrard, G., Bonfils, X., Croll, B., Delfosse, X., Desort, M., Forveille, T., Lagrange, A.-M., Loeillet, B., Lovis, C., Matthews, J. M., Mayor, M., Pepe, F., Perrier, C., Queloz, D., Rowe, J. F., Santos, N. C., Ségransan, D. and Udry, S. 2009. Stellar activity of planetary host star HD 189 733. Astronomy and Astrophysics, 495 (3), 959-966.

Boisse, I., Bouchy, F., Hébrard, G., Bonfils, X., Santos, N. and Vauclair, S. 2011. Disentangling between stellar activity and planetary signals. Astronomy & Astrophysics, 528, A4.

Bonfils, X., Mayor, M., Delfosse, X., Forveille, T., Gillon, M., Perrier, C., Udry, S., Bouchy, F., Lovis, C., Pepe, F., Queloz, D., Santos, N. C. and Bertaux, J.-L. 2007. The HARPS search for southern extra-solar planets. X. A m sin i = 11 $M_{\oplus}$ planet around the nearby spotted M dwarf GJ 674. Astronomy and Astrophysics, 474 (1), 293-299.

Bouchy, F., Bazot, M., Santos, N. C., Vauclair, S. and Sosnowska, D. 2005. Asteroseismology of the planet-hosting star μ Arae. I. The acoustic spectrum. Astronomy & Astrophysics, 410 (2), 609-614.

Butler, R. P., Marcy, G. W., Williams, E., McCarthy, C., Dosanjh, P. and Vogt, S. S. 1996. Attaining doppler precision of 3 M s-1. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 108, 500.

Cosentino, R., Lovis, C., Pepe, F., Collier C. A., Latham, D. W., Molinari, E., Udry, S., Bezawada,N., Black, M., Born, A., Buchschacher, N., Charbonneau, D., Figueira, P., Fleury, M., Galli, A., Gallie, A., Gao, X., Ghedina, A., Gonzalez, C., Gonzalez, M. G. J., Henry, D., Horne, K., Hughes, I., Kelly, D., Lodi, M., Lunney, D., Maire, C., Mayor, M., Micela, G., Ordway, M. P., Peacock, J., Phillips, D., Piotto, G., Pollacco, D., Queloz, D., Rice, K., Riverol, C., Riverol, L., San J. J., Sasselov, D., Segransan, D., Sozzetti, A., Sosnowska, D., Stobie, B., Szentgyorgyi, A., Vick, A. and Weber, L. 2012. Harps-N: the new planet hunter at TNG. International Society for Optical Engineering (SPIE), 24 - 27 September 2012, Volume 8446, article id. 84461V, 20, Edinburgh, United Kingdom.

Cowling, T.G. 1941. The non-radial oscillations of polytropic stars. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 101, 367.

Dall, T.H., Santos, N.C., Arentoft, T., Bedding, T.R. and Kjeldsen, H. 2006. Bisectors of the cross correlation function applied to stellar spectra. Astronomy & Astrophysics, 454 (1), 341-348.

Dravins, D., Lindegren, L. and Nordlund, A. 1981. Solar granulation - Influence of convection on spectral line asymmetries and wavelength shifts. Astronomy and Astrophysics, 96, 345-364.

Dravins, D. 1982. Photospheric spectrum line asymmetries and wavelength shifts. Annual Review of Astronomy & Astrophysics, 20, 61-89.

Del Moro, D., Berrilli, F., Duvall, T. L. Jr., Kosovichev, A. G. 2004. Dynamics and structure of supergranulation. Solar Physics, 221 (1), 23-32.

Dumusque, X., Udry, S., Lovis, C., Santos, N. C. and Monteiro, M.J.P.F.G. 2011a. Planetary detection limits taking into account stellar noise. I. Observational strategies to reduce stellar oscillation and granulation effects. Astronomy & Astrophysics, 525, A140.

Dumusque, X., Santos, N.C., Udry, S., Lovis, C. and Bonfils, X. 2011b. Planetary detection limits taking into account stellar noise. II. Effect of stellar spot groups on radial-velocities. Astronomy & Astrophysics, 527, A182.

Dumusque, X., Lovis, C., Ségransan, D., Mayor, M., Udry, S., Benz, W., Bouchy, F., Lo Curto, G., Mordasini, C., Pepe, F., Queloz, D., Santos, N.C. and Naef, D. 2011c. The HARPS search for southern extra-solar planets. XXX. Planetary systems around stars with solar-like magnetic cycles and short-term activity variation. Astronomy & Astrophysics, 535, A55.

Dumusque, X., Pepe, F., Lovis, C., Ségransan, D., Sahlmann, J., Benz, W., Bouchy, F., Mayor, M., Queloz, D., Santos, N. and Udry, S. 2012. An Earth-mass planet orbiting α Centauri B. Nature, 491 (7423). 207-211

Faria, J. P., Haywood, R. D., Brewer, B. J., Figueira, P., Oshagh, M., Santerne, A. and Santos, N.C. 2016. Uncovering the planets and stellar activity of CoRoT-7 using only radial velocities. Astronomy & Astrophysics, 588, A31.

García, R. A., Jiménez, A., Mathur, S., Ballot, J., Eff-Darwich, A., Jiménez-Reyes, S. J., Pallé, P. L., Provost, J. and Turck-Chièze, S. 2008. Update on g-mode research. Astronomische Nachrichten, 329 (5), 476-484.

Gatewood G. and Eichhorn H. 1973. An unsuccessful search for a planetary companion of Barnard's Star (BD +4◦3561). Astronomical Journal, 78, 769–776.

Gillon, M., Triaud, A.H.M.J., Brice- Oliver D., Jehin, E., Agol, E., Deck, K. M., Lederer, S. M.., de Wit, J., Burdanov, A., Ingalls, J. G., Bolmont, E., Leconte, J., Raymond, S. N., Selsis, F., Turbet, M., Barkaoui, K., Burgasser, A., Burleigh, M. R., Carey, S. J., Chaushev, A., Copperwheat, C. M., Delrez, L., Fernandes, C. S., Holdsworth, D. L., Kotze, E., Grootel, V. V., Almleaky, Y., Benkhaldoun, Z., Magain, P. and Queloz D. 2017. Seven temperate terrestrial planets around the nearby ultracool dwarf star TRAPPIST-1. Nature, 542, 456-460.

Gray, D.F. and Toner, C.G. 1985. Inferred properties of stellar granulation. Astronomical Society of the Pacific, 97, 543-550.

Gray, D.F. and Toner, C.G. 1986. The remarkable spectral line asymmetries of F and G Ib supergiant stars. Astronomical Society of the Pacific, 98, 499-503.

Gray, D.F. 1988. Lectures on spectral line analysis, F, G and K stars. Alymer Express Ltd., 308, Ontario.

Gray, D F. 1990. High-resolution spectroscopy - Why, how, and what for. Società Astronomica Italiana, 61, 503-511.

Gray, D.F. 1992. Stellar convection: the observations (ınvited review). ASP Conference Series, 26, 127-138.

Gray, D.F. and Hatzes, A.P. 1997. Nonradial oscillation in the solar-temperature star 51 Pegasi. The Astrophysical Journal, 490, 412-424.

Gray, D.F. 2005a. The observation and analysis of stellar photospheres 3rd edition. Cambridge University Press, 533, Cambdridge.

Gray, D.F. 2005b. Shapes of spectral line bisectors for cool stars. The Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 117 (833), 711-720.

Gray, D.F. 2010. An explanation of reversed spectral – line bisectors. The Astrophysical Journal, 721(1), 670 - 674.

Gray, D.F. 2016. The orbit, rotation and granulation of the G7 giant β Her. The Astrophysical Journal, 832 (1), 68.

Gregory, Philip C. 2011. Bayesian re-analysis of the Gliese 581 exoplanet system. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 415 (3), 2523-2545.

Grigahcène, A., Antoci, V., Balona, L., Catanzaro, G., Daszyńska-Daszkiewicz, J., Guzik, J. A., Handler, G., Houdek, G., Kurtz, D. W., Marconi, M., Monteiro, M. J. P. F. G., Moya, A., Ripepi, V., Suárez, J.-C., Uytterhoeven, K., Borucki, W. J., Brown, T. M., Christensen-Dalsgaard, J., Gilliland, R. L., Jenkins, J. M., Kjeldsen, H., Koch, D., Bernabei, S., Bradley, P., Breger, M., Di Criscienzo, M., Dupret, M.-A., García, R. A., García Hernández, A., Jackiewicz, J., Kaiser, A., Lehmann, H., Martín-Ruiz, S., Mathias, P., Molenda-Żakowicz, J., Nemec, J. M., Nuspl, J., Paparó, M., Roth, M., Szabó, R., Suran, M.D. and Ventura, R. 2010. Hybrid γ Doradus-δ Scuti Pulsators: New Insights into the physics of the oscillations from Kepler Observations. The Astrophysical Journal, 713 (2), 192-197.

Hale, G.E. 1908. On the probable existence of a magnetic field in Sun-spots. Astrophysical Journal, 28, 315.

Hall, Jeffrey C. 2008. Stellar chromospheric activity. Living Reviews in Solar Physics, 5 (1), 2.

Harlan, E.A. 1969. MK classifications for F- and G-type stars. I. Astronomical Journal, 74, 916-919.

Hathaway, D.H. 2010. The solar cycle. Living Reviews in Solar Physics, 7 (1), 1.

Hatzes, A.P. and Cochran, W.D. 1993. Long-period radial velocity variations in three K giants. Astrophysical Journal, 413 (1), 339-348.

Hatzes, A.P. 1996. Simulations of stellar radial velocity and spectral line bisector variations: I. Nonradial pulsations. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 108, 839-843.

Hatzes, A.P. and Cochran, W.D. 1998. Stellar oscillations in K giant stars. ASP Conference Series, 154, 311-326.

Hatzes, A.P. and Cochran, W.D. 1999. Long-period, low-amplitude radial velocity variations in the K giant star pi Herculis: rotation, substellar companion or non-radial pulsations?. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 304 (1), 109-118.

Hatzes, A.P. 2002. Starspots and exoplanets. Astronomische Nachrichten, 323, 392 - 394.

Hatzes, A. P., Fridlund, M., Nachmani, G., Mazeh, T., Valencia, D., Hébrard, G., Carone, L., Pätzold, M., Udry, S., Bouchy, F., Deleuil, M., Moutou, C., Barge, P., Bordé, P., Deeg, H., Tingley, B., Dvorak, R., Gandolfi, D., Ferraz-Mello, S., Wuchterl, G., Guenther, E., Guillot, T., Rauer, H., Erikson, A., Cabrera, J., Csizmadia, S., Léger, A., Lammer, H., Weingrill, J., Queloz, D., Alonso, R., Rouan, D. and Schneider, J. 2011. The Mass of CoRoT-7b. The Astrophysical Journal, 743 (1), 75.

Hatzes, A.P. 2016. The radial velocity method for the detection of exoplanets. Springer International Publishing, 428, Springer, Cham.

Haywood, R D., Collier Cameron, A., Queloz, D., Barros, S C C., Deleuil, M., Fares, R., Gillon, M., Lanza, A.F., Lovis, C., Moutou, C., Pepe, F., Pollacco, D., Santerne, A., Ségransan, D. and Unruh, Y.C. 2014. Planets and stellar activity: Hide and seek in the CoRoT-7 system. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 443 (3), 2517 -2531.

Haywood, R.D.. 2014. Radial-velocity searches for planets around active stars. Springer International Publishing, 3-22, AG Switzerland.

Hébrard, G., Santerne, A., Montagnier, G., Bruno, G., Deleuil, M., Havel, M., Almenara, J.-M., Damiani, C., Barros, S. C. C., Bonomo, A. S., Bouchy, F., Díaz, R.F. and Moutou, C. 2014. Characterization of the four new transiting planets KOI-188b, KOI-195b, KOI-192b, and KOI-830b. Astronomy & Astrophysics, 572, A93.

Hekker, S., Reffert, S. and Quirrenbach, A. 2006. Radial velocity variations in K giants: planets of pulsations?. Communications in asteroseismology, 147, 121-124.

Huélamo, N., Figueira, P., Bonfils, X. Santos, N. C., Pepe, F., Gillon, M., Azevedo, R., Barman, T., Fernández, M., di Folco, E., Guenther, E. W., Lovis, C., Melo, C. H. F., Queloz, D. and Udry, S. 2008. TW Hydrae: evidence of stellar spots instead of a hot Jupiter. Astronomy and Astrophysics, 489 (2), L9 –L13.

Huygens, C. 1698. Kosmotheeoros: The celestial worlds discover'd. London.

Kjeldsen, H., Bedding, T. R., Frandsen, S. and dall, T. H. 1999. A search for solar-like oscillations and granulation in alpha CEN A. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 303 (3), 579-587.

Kuhn, J.R. 1983. Observations of global-scale photospheric Fraunhofer line shifts. Astrophysical Journal, 264, 689-698.

Labonte, B.J., Howard, R. and Gilman, P.A. 1981. An improved search for large-scale convection cells in the solar atmosphere. Astrophysical Journal, 250, 796-798.

Lagrange, A..M., Desort, M. and Meunier, N. 2010, Using the Sun to estimate Earth-like planets detection capabilities. I. Impact of cold spots. Astronomy and Astrophysics, 512, A38.

Lagrange, A.M., Meunier, N., Desort, M. and Malbet, F. 2011. Using the Sun to estimate Earth-like planets detection capabilities. III. Impact of spots and plages on astrometric detection. Astronomy & Astrophysics, 528, L9.

Lanza, A. F., Bonomo, A. S., Moutou, C., Pagano, I., Messina, S., Leto, G., Cutispoto, G., Aigrain, S., Alonso, R.., Barge, P., Deleuil, M., Auvergne, M., Baglin, A. and Collier Cameron, A. 2010. Photospheric activity, rotation, and radial velocity variations of the planet-hosting star CoRoT-7. Astronomy and Astrophysics, 520, A53.

Lee, B.-C., Han, I., Park, M.-G., Mkrtichan, D. E., Hatzes, A. P., Jeong, G. and Kim, K. -M. 2016. Long-period variations in the radial velocity of spectroscopic binary M giant μ Ursae Majoris. The Astronomical Journal, 151 (4), 106.

Lee, B.-C., Jeong, G., Park, M.-G., Han, I., Mkrtichian, D. E., Hatzes, A. P., Gu, S., Bai, J., Lee, S.-M., Oh, H.-Il and Kim, K.-M. 2017. Search for exoplanets around northern circumpolar stars. II. The detection of radial velocity variations in m giant stars HD 36384, HD 52030, and HD 208742. The Astrophysical Journal, 844 (1), 36.

Lindegren, L. and Dravins, D. 2003. The fundamental definition of ``radial velocity''. Astronomy and Astrophysics, 401, 1185-1201.

Lockwood, G.W., Skiff, B.A., Henry, Gregory W., Henry, S., Radick, R.R., Baliunas, S.L., Donahue, R.A. and Soon, W. 2007. Patterns of photometric and chromospheric variation among sun-like stars: A 20 year perspective. The Astrophysical Journal Supplement Series, 171 (1), 260-303.

Lovis, C. and Fischer, D. 2010. Exoplanets. AZ: University of Arizona Press, 526, ABD.

Lovis, C. Dumusque, X., Santos, N. C., Bouchy, F., Mayor, M., Pepe, F., Queloz, D., Ségransan, D. and Udry, S. 2011. The HARPS search for southern extra-solar planets. XXXI. Magnetic activity cycles in solar-type stars: statistics and impact on precise radial velocities. Astronomy & Astrophysics, arXiv:1107.5325.

Lozitsky, O. 2014. Creation and usage of program code for strong subtelescopic solar magnetic field diagnostics, 21th Young Scientists' Conference on Astronomy and Space Physics, 28 April – 3 May 2014, Taras Shevchenko National University of Kyiv Department of Astronomy and Space Physics, p. 34-35. Kyiv, Ukraine.

Makarov, V. V., Beichman C.A., Catanzarite J.H., Fischer D.A., Lebreton J., Malbet F. and Shao, M. 2009. Starspot jitter in photometry, astrometry, and radial velocity measurements. The Astrophysical Journal Letters, 707 (1), L73-L76.

Makarov, V. V. 2010. Variability of surface flows on the sun and the implications for exoplanet detection. The Astrophysical Journal, 715 (1), 500-505

Marcy, G. W., Isaacson, H., Howard, A. W. Rowe, J.F., Jenkins, J. M., Bryson, S.T. Latham, D. W., Howell, S. B., Gautier, T. N. III, Batalha, N.M., Rogers, L., Ciardi, D., Fischer, D. A., Gilliland, R. L., Kjeldsen, H., Christensen-Dalsgaard, J., Huber, D., Chaplin, W. J., Basu, S., Buchhave, L. A., Quinn, S. N., Borucki, W. J., Koch, D. G., Hunter, R., Caldwell, D. A., Van C. J., Kolbl, R., Weiss, L. M., Petigura, E., Seager, S., Morton, T., Johnson, J. A. Ballard, S., Burke, C., Cochran, W. D., Endl, M., MacQueen, P., Everett, M. E., Lissauer, J. J., Ford, E. B., Torres, G., Fressin, F., Brown, T. M., Steffen, J. H., Charbonneau, D., Basri, G. S., Sasselov, D. D. Winn, J., Sanchis-Ojeda, R., Christiansen, J., Adams, E., Henze, C., Dupree, A., Fabrycky, D. C., Fortney, J. J., Tarter, J., Holman, M. J., Tenenbaum, P., Shporer, A., Lucas, P. W., Welsh, W. F., Orosz, J. A., Bedding, T. R., Campante, T. L., Davies, G. R., Elsworth, Y., Handberg, R., Hekker, S., Karoff, C., Kawaler, S. D., Lund, M. N., Lundkvist, M., Metcalfe, T. S., Miglio, A., Silva Aguirre, V., Stello, D., White, T. R., Boss, A., Devore, E., Gould, A., Prsa, A., Agol, E. B. T., Coughlin, J., Brugamyer, E., Mullally, F., Quintana, E. V. Still, M., Thompson, S. E., Morrison, D., Twicken, J. D., Désert, J.-M., Carter, J., Crepp, J. R., Hébrard, G., Santerne, A., Moutou, C., Sobeck, C., Hudgins, D., Haas, M. R. Robertson, P., Lillo-Box, J. and Barrado, D. 2014. Masses, radii, and orbits of small kepler planets: The transition from gaseous to rocky planets. The Astrophysical Journal Supplement, 210 (2), 20.

Martínez-Fiorenzano, A. F., Gratton, R. G., Desidera, S., Cosentino, R. and Endl, M. 2005. Line bisectors and radial velocity jitter from SARG spectra. Astronomy & Astrophysics, 442, 775-784.

Mayor, M. and Queloz, D. 1995. A Jupiter-mass companion to a Solar-type star. Nature, 378, 355–59

Mayor, M., Pepe, F., Queloz, D., Bouchy, F., Rupprecht, G., Lo Curto, G., Avila, G., Benz, W., Bertaux, J.-L., Bonfils, X., Dall, T.H., Dekker, H., Delabre, B., Eckert, W., Fleury, M., Gilliotte, A., Gojak, D., Guzman, J. C., Kohler, D., Lizon, J.-L., Longinotti, A., Lovis, C., Megevand, D., Pasquini, L., Reyes, J., Sivan, J.-P., Sosnowska, D., Soto, R., Udry, S., van Kesteren, A., Weber, L. and Weilenmann, U. 2003. Setting New Standards with HARPS. Messenger, 114, 20-24.

McDonald, I., Zijlstra, A.A. and Boyer, M.L. 2012. Fundamental parameters and infrared excesses of HİPPARCOS stars. Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 427, 343-357.

Meunier, N., Desort, M. and Lagrange, A.M. 2010. Using the Sun to estimate Earth-like planets detection capabilities. II. Impact of plages. Astronomy and Astrophysics, 512, A39.

Murdin, P. 2001. Encyclopedia of astronomy and astrophysics. IOP Publishing and Nature Publishing, 3670, London.

Niedzielski, A., Villaver, E., Nowak, G., Adamów, M., Maciejewski, G., Kowalik, K., Wolszczan, A., Deka-Szymankiewicz, B. and Adamczyk, M. 2016. Tracking advanced planetary systems (TAPAS) with HARPS-N. IV. TYC 3667-1280-1: The most massive red giant star hosting a warm Jupiter. Astronomy & Astrophysics, 589,5.

Niedzielski, A., Konacki, M., Wolszczan, A., Nowak, G., Maciejewski, G., Gelino, C. R., Shao, M., Shetrone, M. and Ramsey, L. W. 2007. A planetary-mass companion to the K0 Giant HD 17092. The Astrophysical Journal, 669 (2), 1354-1358

Nowak, G. and Niedzielski, A. 2008. The PSU/TCfA search for planets around evolved stars: Bisector analysis of activity of a sample of red giants. Extreme Solar Systems, ASP Conference Series, 25 - 29 June 2007, Santorini Island, Greece.

Noyes, R.W., Weiss, N.O. and Vaughan, A.H. 1984, The relation between stellar rotation rate and activity cycle periods. Astrophysical Journal, 287,769-773.

Pasquini, L., Avila, G., Dekker, H., Delabre, B., D'Odorico, S., Manescau, A., Haehnelt, M., Carswell, B., Garcia-Lopez, R., Lopez, R., Osorio, M. T., Rebolo, R., Cristiani, S., Bonifacio, P., D'Odorico, V., Molaro, P., Spanò, P., Zerbi, F., Mayor, M., Dessauges, M., Megevand, D., Pepe, F., Queloz, D. and Udry, S. 2008. CODEX: the high-resolution visual spectrograph for the E-ELT, Instrumentation Engineers (SPIE), 23 -28 June 2008, Society of Photo-Optical 7014,1, Marseille, France.

Paunzen, E. 2015. A new catalogue of Strömgren-Crawford uvbyβ photometry. Astronomy & Astrophysics, 580, A23.

Pepe F. A., Cristiani, S., Rebolo L. R., Santos, N. C., Amorim, A., Avila, G., Benz, W., Bonifacio, P., Cabral, A., Carvas, P., Cirami, R., Coelho, J., Comari, M., Coretti, I., De C. V., Dekker, H., Delabre, B., Di Marcantonio, P., D'Odorico, V., Fleury, M., García, R., Herreros L. J. M., Hughes, I., Iwert, O., Lima, J., Lizon, J.-L., Lo Curto, G., Lovis, C., Manescau, A, Martins, C., Mégevand, D., Moitinho, A., Molaro, P., Monteiro, M., Monteiro, M., Pasquini, L., Mordasini, C., Queloz, D., Rasilla, José L., Rebordão, José M., Santana T. S., Santin, P., Sosnowska, D., Spanò, P., Tenegi, F., Udry, S., Vanzella, E., Viel, M., Zapatero Osorio, M. R. and Zerbi, F. 2010. ESPRESSO: the Echelle spectrograph for rocky exoplanets and stable spectroscopic observations, The International Society for Optical Engineering (SPIE), 27 June – 2 July 2010 ,7735, San Diego, California, United States.

Pepe, F., Lovis, C., Ségransan, D., Benz, W., Bouchy, F., Dumusque, X., Mayor, M., Queloz, D., Santos, N.C. and Udry, S. 2011. The HARPS search for Earthlike planets in the habitable zone. I. Very low-mass planets around HD 20794, HD 85512, and HD 192310. Astronomy & Astrophysics, 534, A58.

Povich, M. S., Giampapa, M.S., Valenti, J.A., Tilleman, T., Barden, S., Deming, D., Livingston, W.C. and Pilachowski, C. 2001. Limits on line bisector variability for stars with extrasolar planets. The Astronomical Journal, 121, 1136-1146.

Queloz, D. 1999. Indirect searches: Doppler spectroscopy and pulsar timing. In planets outside the Solar system: theory and observations, ed. J.M., Mariotti, D Alloin, NATO ASI, 532, 229–47. Dordrecht: Kluwer.

Queloz, D., Henry, G.W., Sivan, J.P., Baliunas, S.L., Beuzit, J.L., Donahue, R.A., Mayor, M., Naef, D., Perrier, C. and Udry, S. 2001. No planet for HD 166435. Astronomy and Astrophysics, 379, 279-287.

Quintana, E. V., Barclay, T., Raymond, S.N., Rowe, J.F., Bolmont, E., Caldwell, D.A., Howell, S.B., Kane, S. R., Huber, D., Crepp, J. R., Lissauer, J.J., Ciardi, D.R., Coughlin, J. L., Everett, M.E., Henze, C.E., Horch, E., Isaacson, H., Ford, E. B., Adams, F. C., Still, M., Hunter, R. C., Quarles, B. and Selsis. F. 2014. An Earth-sized planet in the habitable zone of a cool stars. Science, 344, 277-280

Radick, Richard R., Lockwood, G.W., Skiff, B.. and Baliunas, S.L. 1998. Patterns of variation among Sun-like stars. The Astrophysical Journal Supplement Series, 118 (1), 239-258.

Reuyl, D. and Holmberg, E. 1943. On the existence of a third component in the system 70 Ophiuchi. Astrophysical Journal, 97, 41–45.

Robertson, P., Mahadevan, S., Endl, M. and Roy, A. 2014. Stellar activity masquerading as planets in the habitable zone of the M dwarf Gliese 581. Science, 345 (6195), 440-444.

Roudier, Th., Malherbe, J.M., Vigneau, J. and Pfeiffer, B. 1998. Solar mesogranule lifetime measurements. Astronomy and Astrophysics, 330, 1136-1144.

Saar, S. H. ve Donahue, R. A. 1997. Activity-Related Radial Velocity Variation in Cool Stars. The Astrophysical Journal, 485 (1), 319 -327.

Santos, N. C., Mayor, M., Naef, D., Pepe, F., Queloz, D., Udry, S., Burnet, M., Clausen, J.V., Helt, B.E., Olsen, E.H., Pritchard, J.D. 2002. The CORALIE survey for southern extra-solar planets IX. A 1.3 day period brown dwarf disguised as a planet. Astronomy & Astrophysics, 392, 215-229.

Santos, N. C., Bouchy, F., Mayor, M., Pepe, F., Queloz, D., Udry, S., Lovis, C., Bazot, M., Benz, W., Bertaux, J.-L., Lo Curto, G., Delfosse, X., Mordasini, C., Naef, D., Sivan, J.-P., Vauclair, S. 2004b. The HARPS survey for southern extra-solar planets. II. A 14 Earth-masses exoplanet around μ Arae. Astronomy and Astrophysics, 426, L19-L23.

Santos, N. C., Gomes da Silva, J., Lovis, C., Melo, C. 2010. Do stellar magnetic cycles influence the measurement of precise radial velocities? Astronomy & Astrophysics, 511, A54.

Sato, B., Kambe, E., Takeda, Y., Izumiura, H., Ando, H., 2002. Development of iodine cells for the Subaru HDS and the Okayama HIDES: II. New software for precise radial velocity measurements. Publications of the Astronomical Society of Japan, 54, 873 – 882.

Schrijver, C.J. and Zwaan, C. 2000. Solar and stellar magnetic activity. Cambridge University Press, 384, Cambridge.

Schrijver, C. J. 2002. Solar spots as prototypes for stellar spots. Astronomische Nachrichten, 323, 157-164.

Strand K.A. 1943. 61 Cygni as a triple system. Astronomical Society of The Pacific, 55, 29-32.

Strassmeier, K. G. 2009. Starspots. The Astronomy and Astrophysics Review, 17 (3), 251-308.

Toner, C.G. and Gray, D.F. 1988. The starpatch on the G8 dwarf XI Bootis A. Astrophysical Journal, 334, 1008-1020.

van de Kamp P. 1963. Astrometric study of Barnard's Star from plates taken with the 24-inch Sproul refractor. Astronomical Journal, 68, 515–521.

Vanderburg, A., Plavchan, P., Johnson, J.A., Ciardi, D.R., Swift, J. and Kane, S.R. 2016. Radial velocity planet detection biases at the stellar rotational period, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 459 (4), 3565-3573.

Vaughan, A.H., Preston, G.W. and Wilson, O.C. 1978. Flux measurements of CA II H and K emission. Astronomical Society of the Pacific, 90, 867-274.

Wilson, O.C. 1968. Flux measurements at the centers of stellar H and K lines. Astrophysical Journal, 153, 221.

Wolszczan, A. and Frail, D.A. 1992. A planetary system around the millisecond pulsar PSR 1257+12. Nature, 355, 145–47

Yılmaz, M. 2011. Hassas radyal hız ölçümleriyle G-türü dev yıldızların çevresinde gezegen araştırmaları. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, 143, Ankara.

Yılmaz, M., Sato, B., Bikmaev, I., Selam, S.O., Izumiura, H., Keskin, V., Kambe, E., Melnikov, S. S., Galeev, A., Özavcı, İ., Irtuganov, E.N. and Zhuchkov, R.Y. 2017. A Jupiter-mass planet around the K0 giant HD 208897. Astronomy & Astrophysics, 608, A14.

Yılmaz, M., Selam, S.O., Sato, B., Izumiura, H., Bikmaev, I., Ando, H., Kambe, E. and Keskin, V. 2013. Extrasolar planet searches at the TUG: Test observations and capabilities. New Astronomy, 20, 24-29.

EKLER

Analiz Sonuç Çizelgeleri

Çizelge 1 Hesaplanan BIS değerleri ve hataları

BJD +2450000 [gün]	**BIS [m/s]**	**Hata**
5349.534864	99.091	68.046
5350.442026	142.878	71.057
5350.464559	112.207	74.349
5403.372381	179.573	93.674
5403.395493	119.645	58.698
5403.418478	232.686	114.626
5407.366599	125.373	68.549
5407.389144	118.831	61.072
5407.412141	164.766	70.475
5461.249897	-8.338	24.892
5461.272421	85.978	52.602
5511.194187	95.317	42.785
5511.216770	56.734	37.630
5841.375881	66.661	50.879
5841.397722	12.229	21.463
5911.146018	140.039	68.859
5911.168763	99.105	54.276
5911.191473	-25.617	34.179
6084.459057	50.375	65.916
6084.481741	-7.521	39.973
6084.504297	46.030	50.398
6142.448052	49.639	28.695
6142.470575	18.197	31.871
6174.352882	84.555	65.117
6174.375428	96.040	69.142
6174.397975	74.872	47.846
6199.265574	81.889	56.621
6199.310645	170.937	79.376
6257.175123	204.403	92.107
6257.197659	-15.587	26.058
6257.220196	165.644	68.202
6257.253069	188.118	75.675
6472.449379	65.842	35.114
6472.473695	90.237	58.908
6483.389966	238.826	101.712
6483.412546	204.586	109.913
6526.405895	95.658	41.582

Çizelge 1 Hesaplanan BIS değerleri ve hataları (devam)

6526.428475	35.793	28.711
6577.320602	120.009	70.703
6577.343149	37.357	34.166
6592.271616	68.433	28.953
6592.294175	21.426	18.700
6826.433557	9.996	40.186
6826.456078	20.649	31.281
6876.318013	28.691	44.957
6876.340581	18.343	29.849
6966.169289	77.200	52.221
6966.191872	62.049	44.428
6966.214443	51.959	42.682
7115.618076	-17.650	38.768
7158.493913	21.843	42.400
7158.516412	69.763	73.989
7219.351309	230.683	95.698
7219.373796	142.005	70.487
7238.304625	125.283	71.340
7238.327113	149.666	96.295
7238.354323	100.272	68.381
7239.352625	199.315	86.099
7239.375125	65.456	54.608
7260.281642	-9.303	25.288
7260.304142	69.837	41.188
7260.326641	4.612	35.987
7271.313068	52.001	58.218
7271.335568	7.067	34.847
7292.374739	94.179	66.358
7292.397240	102.441	54.926
7299.274655	186.933	69.794
7299.297168	137.811	74.332
7347.303252	19.175	33.785
7347.325754	182.331	57.883
7350.201912	115.171	60.361
7350.224413	154.359	88.850
7370.183516	75.886	43.745
7370.206006	74.013	48.499
7505.475686	72.609	26.893
7505.498172	5.924	31.159
7539.450658	4.152	53.941
7539.473157	-14.771	40.434
7562.402469	84.991	42.067
7562.424979	115.980	63.791
7562.496421	95.607	48.000

Çizelge 1 Hesaplanan BIS değerleri ve hataları (devam)

7562.518931	-16.958	26.795
7562.541441	94.822	52.588
7562.563951	4.023	36.115
7563.413868	154.464	85.325
7563.436378	-54.887	30.343
7563.458888	-132.244	45.413
7563.481409	-66.441	30.148
7563.503919	32.574	40.127
7563.526429	70.186	59.869
7564.424075	78.642	37.119
7564.446585	102.287	62.939
7564.469095	-36.238	43.549
7564.491605	48.880	40.411
7564.514115	126.086	62.034
7564.536625	122.351	46.173
7564.559343	81.508	40.461
7565.411194	45.129	50.346
7565.433704	33.169	30.213
7565.456214	85.271	46.001
7565.478724	65.155	34.886
7565.501234	56.691	41.461
7565.523744	35.380	34.676
7565.546254	73.577	35.510
7566.425048	-0.016	43.588
7566.449421	144.712	81.499
7566.471931	187.825	71.557
7566.494441	54.626	57.833
7566.516951	71.544	69.982
7566.539461	39.674	36.277
7566.562133	22.839	46.191
7579.332366	184.079	81.721
7579.355652	101.323	65.106
7581.337379	125.387	75.163
7581.359889	179.667	94.799
7623.337415	47.205	20.860
7623.360332	54.450	44.927
7623.382820	148.549	66.844
7626.296617	81.773	43.979
7626.319105	-4.260	35.011
7626.341594	18.519	25.842
7627.318456	54.708	41.350
7627.340967	91.219	47.658
7629.423006	33.811	69.311
7629.445518	105.955	76.000

Çizelge 1 Hesaplanan BIS değerleri ve hataları (devam)

7629.468030	58.656	60.072
7630.291169	74.899	54.713
7630.316122	95.218	51.496
7630.338634	106.692	46.597
7631.272596	64.948	60.836
7631.295108	62.739	51.141
7631.317619	95.206	60.831
7647.308313	9.385	41.340
7647.330826	146.145	83.348
7650.260616	48.329	48.330
7650.283128	71.949	51.529
7651.294003	71.949	51.529
7651.316515	75.588	46.785
7656.215404	23.045	45.290
7656.237917	22.768	23.071
7677.214694	180.109	72.823
7677.237207	75.355	50.058
7738.155487	25.966	47.088
7738.178000	103.808	64.839

Çizelge 2 Hesaplanan BVS değerleri ve hataları

BJD +2450000 [gün]	**BVS [m/s]**	**Hata**
5349.534864	-93.457	52.489
5350.442026	-146.673	52.818
5350.464559	-106.539	53.061
5403.372381	-184.542	66.238
5403.395493	-134.890	54.629
5403.418478	-238.589	75.068
5407.366599	-139.826	60.648
5407.389144	-124.509	52.468
5407.412141	-178.089	56.971
5461.249897	19.203	29.386
5461.272421	-79.136	40.144
5511.194187	-91.142	56.913
5511.216770	-53.137	31.501
5841.375881	-59.542	39.386
5841.397722	26.916	92.960
5911.146018	-96.973	110.241
5911.168763	-60.993	99.422
5911.191473	43.659	28.425
6084.459057	-27.641	51.013

6084.481741	22.289	42.470
6084.504297	-35.848	46.066
6142.448052	-55.802	41.765
6142.470575	-13.089	40.232
6174.352882	-73.526	50.648
6174.375428	-87.489	54.044
6174.397975	-71.638	44.071
6199.265574	-66.874	42.324
6199.310645	-162.655	56.011
6257.175123	-169.331	115.237
6257.197659	26.493	24.796
6257.220196	-143.575	100.852
6257.253069	-170.751	99.806
6472.449379	-77.480	48.612
6472.473695	-94.511	54.635
6483.389966	-258.596	72.812
6483.412546	-208.168	73.049
6526.405895	-101.457	41.873
6526.428475	-35.127	39.228
6577.320602	-113.517	47.710
6577.343149	-32.447	32.001
6592.271616	-71.689	28.544
6592.294175	-24.247	26.587
6826.433557	-4.126	46.272
6826.456078	-21.078	44.587
6876.318013	-18.867	43.328
6876.340581	-16.093	40.468
6966.169289	-31.528	101.754
6966.191872	-55.778	33.671
6966.214443	-45.035	33.105
7115.618076	34.726	39.437
7158.493913	-15.387	46.012
7158.516412	-58.109	56.585
7219.351309	-238.341	73.842
7219.373796	-151.286	57.940
7238.304625	-127.163	55.457
7238.327113	-145.309	65.782
7238.354323	-96.929	51.960
7239.352625	-205.457	56.038
7239.375125	-54.223	39.765
7260.281642	18.412	30.863
7260.304142	-68.357	37.424
7260.326641	9.670	33.930
7271.313068	-35.927	43.120
7271.335568	4.683	34.549
7292.374739	-81.762	44.658

Çizelge 2 Hesaplanan BVS değerleri ve hataları (devam)

7292.397240	-104.062	41.002
7299.274655	-184.430	67.124
7299.297168	-125.870	52.177
7347.303252	-8.164	29.018
7347.325754	-184.632	84.068
7350.201912	-76.334	103.471
7350.224413	-147.968	59.293
7370.183516	-74.488	36.393
7370.206006	-65.961	37.454
7505.475686	-94.321	49.479
7505.498172	-4.394	49.194
7539.450658	11.095	48.368
7539.473157	32.343	41.457
7562.402469	-97.324	51.655
7562.424979	-123.341	56.928
7562.496421	-106.697	53.724
7562.518931	16.944	45.355
7562.541441	-105.896	53.860
7562.563951	-0.926	46.677
7563.413868	-154.235	67.789
7563.436378	53.813	44.479
7563.458888	158.577	45.047
7563.481409	71.013	44.182
7563.503919	-33.982	47.676
7563.526429	-70.205	53.942
7564.424075	-85.185	47.194
7564.446585	-105.600	54.944
7564.469095	63.506	40.225
7564.491605	-46.577	48.213
7564.514115	-132.857	56.500
7564.536625	-140.886	52.216
7564.559343	-93.526	50.269
7565.411194	-42.097	49.338
7565.433704	-34.357	46.357
7565.456214	-95.458	51.316
7630.338634	-111.127	40.178
7631.272596	-50.634	46.036
7631.295108	-55.514	45.100
7631.317619	-89.473	47.817
7647.308313	5.306	39.076
7647.330826	-133.173	58.998
7650.260616	-34.751	38.060
7650.283128	-59.145	41.135
7651.294003	-59.145	41.135

Çizelge 2 Hesaplanan BVS değerleri ve hataları (devam)

7651.316515	-73.447	40.856
7656.215404	-4.326	36.017
7656.237917	-19.360	30.284
7677.214694	-182.383	64.640
7677.237207	-65.494	38.516
7738.155487	-9.374	35.419
7738.178000	-95.578	44.209

Çizelge 3 Hesaplanan BVC değerleri ve hataları

BJD +2450000 [gün]	**BVC [m/s]**	**Hata**
5349.534864	-105.536	53.697
5350.442026	-91.645	56.907
5350.464559	-99.770	54.628
5403.372381	-103.392	69.710
5403.395493	-70.758	57.148
5403.418478	-130.724	80.388
5407.366599	-88.085	62.647
5407.389144	-67.652	54.939
5407.412141	-72.357	61.750
5461.249897	-32.571	29.449
5461.272421	-77.719	41.555
5511.194187	-26.485	57.765
5511.216770	-50.355	32.498
5841.375881	-84.435	40.162
5841.397722	-37.005	92.992
5911.146018	-107.211	110.957
5911.168763	-87.956	99.657
5911.191473	-54.039	28.719
6084.459057	-93.929	51.175
6084.481741	-51.853	43.105
6084.504297	-70.225	46.266
6142.448052	-31.521	42.674
6142.470575	-38.706	40.396
6174.352882	-92.609	51.440
6174.375428	-105.245	54.956
6174.397975	-70.296	45.288
6199.265574	-71.184	43.378
6199.310645	-100.864	61.355
6257.175123	-126.135	117.163
6257.197659	-28.316	25.049
6257.220196	-69.068	102.624

Çizelge 3 Hesaplanan BVC değerleri ve hataları (devam)

6257.253069	-64.206	102.313
6472.449379	-31.950	49.802
6472.473695	-62.228	55.629
6483.389966	-117.007	79.767
6483.412546	-130.502	77.347
6526.405895	-56.322	44.734
6526.428475	-38.045	39.943
6577.320602	-116.897	50.348
6577.343149	-55.895	32.609
6592.271616	-47.468	31.320
6592.294175	-20.112	27.766
6826.433557	-49.718	46.312
6826.456078	-36.529	44.882
6876.318013	-52.919	43.428
6876.340581	-43.120	40.661
6966.169289	-68.459	101.806
6966.191872	-61.947	34.491
6966.214443	-55.607	33.578
7115.618076	-56.962	39.898
7158.493913	-53.365	46.132
7158.516412	-103.638	56.806
7219.351309	-103.434	81.743
7219.373796	-78.046	60.513
7238.304625	-76.357	57.461
7238.327113	-110.438	67.384
7238.354323	-82.495	52.809
7239.352625	-115.667	62.751
7239.375125	-75.246	40.379
7260.281642	-34.913	30.910
7260.304142	-50.240	38.646
7260.326641	-46.493	34.025
7271.313068	-83.877	43.252
7271.335568	-66.426	34.653
7292.374739	-86.958	45.832
7292.397240	-59.340	43.258
7299.274655	-47.955	72.558
7299.297168	-97.274	55.552
7347.303252	-48.813	29.261
7347.325754	-36.081	90.945
7350.201912	-81.163	103.884
7350.224413	-125.203	61.863
7370.183516	-54.229	38.021
7370.206006	-81.449	39.339
7505.475686	-4.675	51.471

Çizelge 3 Hesaplanan BVC değerleri ve hataları (devam)

7505.498172	-28.947	49.348
7539.450658	-69.702	48.537
7539.473157	-50.280	42.332
7562.402469	-44.738	53.100
7562.424979	-78.950	58.543
7562.496421	-60.168	55.340
7562.518931	-12.632	45.639
7562.541441	-59.615	55.338
7562.563951	-37.836	46.706
7563.413868	-80.550	70.285
7563.436378	10.264	44.921
7563.458888	15.722	51.119
7563.481409	2.952	45.670
7563.503919	-33.537	47.822
7563.526429	-53.097	54.308
7564.424075	-40.449	49.327
7564.446585	-75.264	56.295
7564.469095	-63.890	41.956
7564.491605	-50.262	48.735
7564.514115	-73.326	59.088
7564.536625	-44.483	56.768
7564.559343	-35.819	52.083
7565.411194	-64.510	49.564
7565.433704	-31.212	46.780
7565.456214	-48.742	52.777
7565.478724	-41.603	48.662
7565.501234	-48.900	48.632
7565.523744	-33.093	46.010
7565.546254	-33.704	49.622
7566.425048	-63.731	46.614
7566.449421	-104.035	65.524
7566.471931	-67.641	71.207
7566.494441	-72.092	49.467
7566.516951	-86.372	56.950
7566.539461	-46.583	45.365
7566.562133	-62.302	46.338
7579.332366	-93.384	72.044
7579.355652	-95.766	58.553
7581.337379	-89.250	63.620
7581.359889	-120.421	77.575
7623.337415	-17.142	33.522
7623.360332	-64.526	40.304
7623.382820	-80.817	54.301
7626.296617	-68.418	40.940

Çizelge 3 Hesaplanan BVC değerleri ve hataları (devam)

7626.319105	-48.350	34.769
7626.341594	-31.014	35.976
7627.318456	-64.963	37.622
7627.340967	-72.152	43.654
7629.423006	-114.524	51.215
7629.445518	-115.412	58.289
7629.468030	-87.112	48.744
7630.291169	-72.384	47.899
7630.316122	-75.680	45.307
7630.338634	-59.869	43.389
7631.272596	-97.959	46.411
7631.295108	-79.697	45.658
7631.317619	-94.401	49.136
7647.308313	-47.524	39.152
7647.330826	-105.506	61.588
7650.260616	-72.378	38.350
7650.283128	-65.882	42.048
7651.294003	-65.882	42.048
7651.316515	-63.223	42.196
7656.215404	-61.906	36.080
7656.237917	-29.268	30.778
7677.214694	-73.852	68.795
7677.237207	-72.033	39.926
7738.155487	-81.270	35.552
7738.178000	-99.641	46.074

Çizelge 4 Hα ve Hβ için EW ölçümleri ile hataları

BJD + 2450000 [gün]	**Hα [Å]**	**Hata**	**Hβ [Å]**	**Hata**
5349.534864	1.2906	0.0057	1.0574	0.0081
5350.442026	1.3036	0.0074	1.0682	0.0074
5350.464559	1.3013	0.0059	1.0783	0.0066
5403.372381	1.3030	0.0060	1.0712	0.0068
5403.395493	1.3061	0.0056	1.0641	0.0077
5403.418478	1.3011	0.0059	1.0755	0.0071
5407.366599	1.3028	0.0059	1.0600	0.0067
5407.389144	1.2986	0.0066	1.0605	0.0070
5407.412141	1.2998	0.0057	1.0707	0.0068
5461.249897	1.3110	0.0062	1.0667	0.0073
5461.272421	1.3048	0.0060	1.0582	0.0068
5511.194187	1.3029	0.0062	1.0722	0.0060
5511.216770	1.3012	0.0055	1.0763	0.0075

Çizelge 4 Hα ve Hβ için EW ölçümleri ile hataları (devam)

5841.375881	1.3188	0.0061	1.0713	0.0076
5841.397722	1.3122	0.0058	1.0593	0.0085
5911.146018	1.3212	0.0062	1.0922	0.0077
5911.168763	1.3228	0.0059	1.0715	0.0071
5911.191473	1.3173	0.0061	1.0881	0.0097
6084.459057	1.3119	0.0071	1.0704	0.0072
6084.481741	1.3199	0.0060	1.0692	0.0079
6084.504297	1.3169	0.0061	1.0654	0.0074
6142.448052	1.3136	0.0063	1.0768	0.0074
6142.470575	1.3074	0.0064	1.0567	0.0081
6174.352882	1.3068	0.0062	1.0714	0.0071
6174.375428	1.3121	0.0062	1.0663	0.0076
6174.397975	1.2978	0.0062	1.0635	0.0074
6199.265574	1.3173	0.0058	1.0722	0.0071
6199.310645	1.3134	0.0061	1.0683	0.0066
6257.175123	1.2840	0.0060	1.0414	0.0080
6257.197659	1.2986	0.0076	1.0612	0.0082
6257.220196	1.3067	0.0076	1.0571	0.0093
6257.253069	1.3099	0.0081	1.0537	0.0091
6472.449379	1.3169	0.0077	1.0808	0.0088
6472.473695	1.3071	0.0066	1.0695	0.0073
6483.389966	1.2998	0.0074	1.0860	0.0090
6483.412546	1.3002	0.0073	1.0646	0.0079
6526.405895	1.3107	0.0068	1.0816	0.0076
6526.428475	1.3129	0.0072	1.0745	0.0077
6577.320602	1.3153	0.0065	1.0582	0.0072
6577.343149	1.3201	0.0065	1.0609	0.0102
6592.271616	1.3037	0.0061	1.0716	0.0079
6592.294175	1.3127	0.0074	1.0729	0.0081
6826.433557	1.3117	0.0074	1.0871	0.0079
6826.456078	1.3145	0.0072	1.0877	0.0074
6876.318013	1.3247	0.0077	1.0724	0.0075
6876.340581	1.3192	0.0065	1.0650	0.0072
6966.169289	1.3042	0.0063	1.0854	0.0071
6966.191872	1.3139	0.0075	1.0820	0.0086
6966.214443	1.3161	0.0070	1.0508	0.0070
7115.618076	1.3045	0.0091	1.0553	0.0070
7158.493913	1.3134	0.0073	1.0660	0.0082
7158.516412	1.3090	0.0077	1.0703	0.0075
7219.351309	1.3199	0.0086	1.0598	0.0080
7219.373796	1.2762	0.0088	1.0573	0.0108
7238.304625	1.2680	0.0079	1.0879	0.0186
7238.327113	1.2818	0.0086	1.0592	0.0135
7238.354323	1.2983	0.0070	1.0597	0.0125

Çizelge 4 Hα ve Hβ için EW ölçümleri ile hataları (devam)

7239.352625	1.2832	0.0094	1.0757	0.0089
7239.375125	1.2846	0.0090	1.0824	0.0096
7260.281642	1.2942	0.0071	1.0725	0.0096
7260.304142	1.2897	0.0069	1.0778	0.0100
7260.326641	1.2937	0.0061	1.0733	0.0088
7271.313068	1.2903	0.0066	1.0670	0.0090
7271.335568	1.2961	0.0069	1.0707	0.0077
7292.374739	1.3042	0.0067	1.0700	0.0085
7292.397240	1.3079	0.0066	1.0266	0.0101
7299.274655	1.3013	0.0065	1.0624	0.0080
7299.297168	1.3069	0.0063	1.0639	0.0079
7347.303252	1.3098	0.0067	1.0492	0.0079
7347.325754	1.3118	0.0075	1.0525	0.0093
7350.201912	1.3182	0.0066	1.0700	0.0073
7350.224413	1.3181	0.0067	1.0634	0.0067
7370.183516	1.2916	0.0072	1.0501	0.0109
7370.206006	1.3089	0.0070	1.0746	0.0086
7505.475686	1.3024	0.0069	1.0674	0.0101
7505.498172	1.2896	0.0068	1.0581	0.0102
7539.450658	1.3060	0.0074	1.0520	0.0076
7539.473157	1.3046	0.0059	1.0643	0.0080
7562.402469	1.2929	0.0075	1.0545	0.0074
7562.424979	1.2940	0.0075	1.0563	0.0072
7562.496421	1.2953	0.0076	1.0490	0.0074
7562.518931	1.2942	0.0076	1.0677	0.0080
7562.541441	1.2978	0.0081	1.0557	0.0071
7562.563951	1.2937	0.0069	1.0713	0.0079
7563.481409	1.2893	0.0062	1.0571	0.0064
7563.503919	1.2988	0.0064	1.0628	0.0071
7563.526429	1.2959	0.0069	1.0590	0.0085
7564.424075	1.3029	0.0063	1.0656	0.0077
7564.446585	1.2985	0.0065	1.0623	0.0074
7564.469095	1.2957	0.0071	1.0671	0.0096
7564.491605	1.2937	0.0072	1.0568	0.0082
7564.514115	1.2956	0.0070	1.0558	0.0072
7564.536625	1.2981	0.0069	1.0486	0.0065
7564.559343	1.2945	0.0062	1.0660	0.0074
7565.411194	1.2903	0.0061	1.0660	0.0074
7565.433704	1.2859	0.0060	1.0532	0.0069
7565.456214	1.3033	0.0069	1.0604	0.0070
7565.478724	1.2882	0.0058	1.0659	0.0081
7565.501234	1.2958	0.0058	1.0802	0.0082
7565.523744	1.2824	0.0064	1.0644	0.0069
7565.546254	1.2887	0.0065	1.0441	0.0096

Çizelge 4 Hα ve Hβ için EW ölçümleri ile hataları (devam)

7566.425048	1.2798	0.0074	1.0543	0.0068
7566.449421	1.2874	0.0071	1.0636	0.0075
7566.471931	1.2748	0.0074	1.0662	0.0073
7566.494441	1.2748	0.0067	1.0650	0.0080
7566.516951	1.2773	0.0070	1.0687	0.0071
7566.539461	1.2969	0.0083	1.0576	0.0082
7566.562133	1.2799	0.0073	1.0469	0.0059
7579.332366	1.2921	0.0073	1.0745	0.0118
7579.355652	1.2937	0.0074	1.0859	0.0113
7581.337379	1.3048	0.0080	1.0936	0.0086
7581.359889	1.3081	0.0088	1.0546	0.0090
7623.337415	1.2765	0.0076	1.0668	0.0084
7623.360332	1.2945	0.0070	1.0635	0.0079
7623.382820	1.2902	0.0066	1.0659	0.0084
7626.296617	1.2984	0.0071	1.0502	0.0067
7626.319105	1.2894	0.0060	1.0670	0.0078
7626.341594	1.2945	0.0068	1.0637	0.0067
7627.295944	1.2924	0.0062	1.0679	0.0074
7627.318456	1.2925	0.0062	1.0653	0.0075
7627.340967	1.3017	0.0074	1.0660	0.0071
7629.423006	1.2914	0.0063	1.0703	0.0089
7629.445518	1.2912	0.0063	1.0612	0.0079
7629.468030	1.2915	0.0068	1.0701	0.0091
7630.291169	1.2957	0.0060	1.0499	0.0071
7630.316122	1.2886	0.0058	1.0644	0.0073
7630.338634	1.2894	0.0063	1.0721	0.0072
7631.272596	1.2979	0.0068	1.0642	0.0074
7631.295108	1.2909	0.0068	1.0660	0.0073
7631.317619	1.3005	0.0058	1.0592	0.0072
7647.308313	1.2863	0.0066	1.0510	0.0095
7647.330826	1.3055	0.0063	1.0646	0.0094
7650.260616	1.2846	0.0055	1.0588	0.0085
7650.283128	1.2838	0.0055	1.0612	0.0076
7651.294003	1.2871	0.0058	1.0639	0.0081
7651.316515	1.2808	0.0058	1.0536	0.0074
7656.215404	1.2904	0.0059	1.0588	0.0076
7656.237917	1.2780	0.0059	1.0535	0.0075
7677.214694	1.2994	0.0062	1.0680	0.0078
7677.237207	1.3088	0.0066	1.6531	0.0087
7738.155487	1.2805	0.0053	1.0602	0.0075
7738.178000	1.2899	0.0056	1.0508	0.0073

Çizelge 5 Dikine hız değerleri ve hataları

BJD + 2450000 [gün]	**Dikine Hız [m/s]**	**Hata**
5349.534864	-213.6265	17.7558
5350.442026	-252.3586	19.1729
5350.464559	-249.4433	16.4585
5403.372381	-242.2083	6.0724
5403.395493	-227.8306	16.2758
5403.418478	-246.3381	8.1748
5407.366599	-231.2497	8.3547
5407.389144	-211.9279	8.3433
5407.412141	-218.2490	8.1462
5461.249897	-205.9650	12.8187
5461.272421	-182.0954	15.9634
5511.194187	-239.9598	13.6433
5511.216770	-208.2265	14.8260
5841.375881	-141.4040	17.5745
5841.397722	-99.7274	20.8715
5911.146018	-85.6469	19.9324
5911.168763	-121.5001	16.8496
5911.191473	-130.7097	21.7666
6084.459057	-111.5591	14.1169
6084.481741	-118.9323	15.9538
6084.504297	-106.5141	15.6629
6142.448052	-121.0339	11.6185
6142.470575	-104.5470	13.7314
6174.352882	-97.9630	19.3678
6174.375428	-103.7637	14.4048
6174.397975	-110.8649	17.4100
6199.265574	-92.8048	14.8142
6199.310645	-79.2584	16.5747
6257.175123	-157.6987	19.6947
6257.197659	-216.8678	19.6786
6257.220196	-113.0407	18.1072
6257.253069	-153.2714	22.0130
6472.449379	-102.2987	17.5449
6472.473695	-91.6769	16.2930
6483.389966	-100.5242	15.9767
6483.412546	-114.6291	14.9638
6526.405895	-122.6553	17.4850
6526.428475	-101.0053	13.3431
6577.320602	-45.4632	16.2400
6577.343149	-26.2997	18.9481
6592.271616	-67.7808	14.1687
6592.294175	-67.1680	15.0796

Çizelge 5 Dikine hız değerleri ve hataları (devam)

6826.433557	-18.0097	14.1495
6826.456078	16.7012	13.5608
6876.318013	-18.8467	15.3163
6876.340581	-60.8137	13.3407
6966.169289	-43.6095	14.2861
6966.191872	-61.2026	12.6162
6966.214443	-60.6147	15.9919
7115.618076	-1.5016	23.1763
7158.493913	21.3572	17.9791
7158.516412	23.4338	15.9708
7219.351309	28.3411	16.7508
7219.373796	6.1240	27.4350
7238.304625	89.4713	24.8077
7238.327113	20.3753	19.6979
7238.354323	4.2331	21.5969
7239.352625	53.8072	21.9388
7239.375125	32.9639	22.0239
7260.281642	-46.1847	21.0576
7260.304142	-31.5056	16.1826
7260.326641	-28.5126	18.9601
7271.313068	40.3738	21.9076
7271.335568	39.6986	18.3704
7292.374739	38.5210	15.6695
7292.397240	69.1510	14.8980
7299.274655	49.2634	14.7398
7299.297168	33.6558	14.6481
7347.303252	-43.7185	20.7158
7347.325754	4.5143	19.9539
7350.201912	-2.2688	16.9262
7350.224413	40.6851	19.1187
7370.183516	7.2843	18.5366
7370.206006	28.3789	19.7021
7505.475686	87.0028	30.1631
7505.498172	26.5950	26.5868
7539.450658	33.0744	17.8934
7539.473157	70.2484	14.0877
7562.402469	97.5609	14.8918
7562.424979	121.0460	18.7143
7562.496421	97.6394	18.9215
7562.518931	86.3377	14.7327
7562.541441	110.7775	17.4957
7562.563951	87.2271	16.3483
7563.413868	80.1224	15.8468
7563.436378	79.7227	13.1373

Çizelge 5 Dikine hız değerleri ve hataları (devam)

7563.458888	45.3974	16.0134
7563.481409	58.2865	13.2047
7563.503919	50.5785	13.7177
7563.526429	56.9511	16.6488
7564.424075	68.5890	15.5208
7564.446585	73.1192	41.4579
7564.469095	77.0640	15.7855
7564.491605	95.4688	14.4007
7564.514115	93.7144	15.5165
7564.536625	98.1340	17.3183
7564.559343	74.9840	15.0647
7565.411194	51.4314	17.4923
7565.433704	51.7737	15.3897
7565.456214	67.6792	14.1179
7565.478724	71.1491	15.8952
7565.501234	59.6300	18.0639
7565.523744	47.8751	15.8217
7565.546254	59.4334	16.1116
7566.425048	61.0960	16.6230
7566.449421	59.4254	18.0709
7566.471931	63.7098	15.7963
7566.494441	25.9893	15.6538
7566.516951	62.4241	18.3707
7566.539461	68.4302	17.2663
7566.562133	42.0868	16.8779
7579.332366	27.2211	20.1652
7579.355652	89.6675	18.7620
7581.337379	85.3634	22.6613
7581.359889	99.5348	21.6749
7623.337415	-14.9407	13.6039
7623.360332	10.2786	14.3319
7623.382820	-5.8229	17.0645
7626.296617	30.0572	13.9105
7626.319105	16.6928	15.6850
7626.341594	56.9923	14.8074
7627.295944	26.5445	15.0709
7627.318456	21.3717	14.6165
7627.340967	30.5046	15.2306
7629.423006	36.6467	17.1933
7629.445518	37.9235	16.6088
7629.468030	6.5785	17.2240
7630.291169	10.3074	16.6737
7630.316122	71.4174	14.6431
7630.338634	44.9076	16.2278

Çizelge 5 Dikine hız değerleri ve hataları (devam)

7631.272596	31.1047	17.0854
7631.295108	22.5327	14.9277
7631.317619	23.0123	15.5900
7647.308313	89.8030	19.5809
7647.330826	84.9063	18.5351
7650.260616	103.7255	13.0874
7650.283128	69.1853	12.8056
7651.294003	100.6061	13.3912
7651.316515	88.0023	16.6772
7656.215404	71.4611	16.7707
7656.237917	86.0857	46.3401
7677.214694	119.2059	14.8310
7677.237207	59.8671	16.3725
7738.155487	97.4580	19.2025
7738.178000	55.8050	17.3608

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Didem Dilan İZCİ

Doğum Yeri : ANKARA

Doğum Tarihi : 15/06/1990

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Mobil Lisesi (2004)

Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü (2009)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı (01/2013 – …)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

-

Ödüller

1. 21. Ulusal Astronomi Kongresi 10. Ulusal Öğrenci Kongresi Güncel veya Özgün Bildiri Ödülü, 3 – 7 Eylül 2018, Erciyes Üniversitesi, Kayseri

Yayınlar (SCI)

1. Basturk, O., Bahar, E., Senavci, H. V., Kilicoglu, T., Ozavci, I., Burdanov, A., Yilmaz, M., Caliskan, S., Tezcan, C. T., Yorukoglu, O., Ozkeles, A.; **Izci, D. D**., Gumus, D., Avci, Z., Ozturk, D., Selam, S. O., Ekmekci, F., Albayrak, B. " Times of Minima of Eclipsing Binaries and Mid – Transit Times of Transiting Exoplanets" 2014, IBVS, 6125.

2. Yılmaz, M., **İzci, D. D.,** Gümüş, D., Özavcı, İ., Selam, S, O. 2015. "Period Variations of the Eclipsimg Binary Systems T LMi and VX Lac" ,ASPC, 273

3. Yılmaz, M., Nelson, R. H., Şenavcı, H. V., **İzci, D. D.,** Özavcı, İ., Gümüş, D., "Light Curve and Orbital Period Analysis of VX Lac", RMXAA, 2017, 53, 29