



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SW SEXTANTIS TÜRÜ KATAKLİSMİK DEĞİŞENLERİN
DOĞASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Hatice Bahar ATALI

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışman

Prof. Dr. A. Talât SAYGAÇ

II. Danışman

Prof. Dr. Antonio BIANCHINI

Temmuz, 2014

İSTANBUL



**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SW SEXTANTIS TÜRÜ KATAKLİSMİK DEĞİŞENLERİN
DOĞASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

Hatice Bahar ATALI

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı

Danışman

Prof. Dr. A. Talât SAYGAÇ

II. Danışman

Prof. Dr. Antonio BIANCHINI

Temmuz, 2014

İSTANBUL

Bu çalışma 11/07/ 2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı Astronomi ve Uzay Bilimleri programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi:



Prof. Dr. A. Talât SAYGAÇ(Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Prof. Dr. M. Türker ÖZKAN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Doç. Dr. Hasan H. ESENOĞLU
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Yard. Doç. Dr. Hulusi GÜLSEÇEN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi



Yard. Doç. Dr. Murat HÜDAVERDİ
Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi

Bu alışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yürütücü Sekreterliğinin 26483 ve 3685 numaralı projesi ile desteklenmiştir.

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda, yüksek lisans ve lisans eğitimim boyunca her türlü desteğini, bilgisini ve tecrübelerini paylaşan değerli danışmanım Prof. Dr. A. Talât SAYGAÇ'a,

Tez çalışmamın konusunun ve içeriğinin oluşmasında yardımlarını esirgemeyen ikinci danışmanım Prof. Dr. Antonio BIANCHINI'ye,

Tez çalışmam boyunca üçüncü danışmanım gibi desteğiyle ve bilgisiyle her zaman yanımda olan Araş. Gör. Dr. Sinan ALİŞ'e ve Araş. Gör. F. Korhan YELKENCİ'ye,

Tez çalışmamın sonuçlarını oluşturmamda bilgisini ve deneyimlerini paylaşan değerli Yard. Doç. Dr. Hulusi GÜLSEÇEN'e,

Tez verilerimin oluşturulmasında bilgisini ve emeğini paylaşan Prof. Dr. Tansel AK'a ve Araş. Gör. Dr. Yasemin KAÇAR'a ve yapıcı katkılarından dolayı Prof. Dr. Günay TAŞ'a, Prof. Dr. Serdar EVREN'e ve Doç. Dr. Ömür ÇAKIRLI'ya,

Üniversite hayatım boyunca her daim yanımda olan, desteğini her zaman hissettiğim ve özellikle tez çalışmam boyunca ortak duyguları paylaştığım değerli dostum, kardeşim Yeliz NURANOĞLU'na,

Değerli astronom arkadaşlarım başta Figen YILMAZ'a, Hülya MEMİŞ'e, Muhlis SEZGİN'e, Deniz ÖZEN'e ve diğer tüm arkadaşlarıma,

Yüksek lisans çalışmamda beni destekleyen İ.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (BAP) ve İ.Ü. Sağlık, Kültür ve Spor Daire Başkanlığı'na (SKS),

Eğitim ve öğretim hayatım boyunca desteğini hiçbir zaman esirgemeyen canım aileme,

Yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini her zaman hissettiğim hayat arkadaşım Koray ATALI'ya,

İçten duygularıyla teşekkür ederim.

Temmuz, 2014

Hatice Bahar ATALI

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ	x
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL KISIMLAR	4
2.1. KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLAR	4
2.1.1. Kataklistmik Değişen Yıldızların Sınıflandırılması.....	12
2.2. KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLARIN EVRİMİ.....	16
2.2.1. Açısal Momentum Kayıp Mekanizmaları.....	17
2.2.1.1. Manyetik Frenleme	18
2.2.1.2. Kütle Çekimsel Işıma.....	20
2.2.2. Kütle Aktarımı ile Açısal Momentum Değişimi.....	21
2.2.3. Yörünge Periyotlarının Dağılımı	24
2.3. NOVA BENZERİ DEĞİŞEN YILDIZLAR	26
2.4. SW SEXTANTIS (SW SEX) TÜRÜ KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLAR	30
2.4.1. SW Sex Türü Kataklistmik Değişenlerin Fotometrik Özellikleri.....	32
2.4.2. SW Sex Türü Kataklistmik Değişenlerin Tayfsal Özellikleri.....	35
2.4.3. Seçilen SW Sex Yıldızları.....	41
2.4.3.1. <i>PX And</i>	41
2.4.3.2. <i>V1315 Aql</i>	48
2.4.3.3. <i>BH Lyn</i>	52
2.4.3.4. <i>HS0455+8315</i>	56
2.4.3.5. <i>HS0129+2933</i>	58
2.4.3.4. <i>HS1813+6122</i>	61

3. MALZEME VE YÖNTEM	64
3.1. VERİLER	64
3.1.1. Gözlem Dönemleri.....	66
3.1.2. Gözlenen Cisimler	68
3.1.2.1. <i>PX And</i>	68
3.1.2.2. <i>V1315 Aql</i>	69
3.1.2.3. <i>BH Lyn</i>	71
3.1.2.4. <i>HS0455+8315</i>	72
3.1.2.5. <i>HS0129+2933</i>	74
3.1.2.6. <i>HS1813+6122</i>	75
3.2. FOTOMETRİK VERİ ANALİZLERİ	77
3.2.1. Ön İndirgeme	77
3.2.2. Parlaklık Ölçümü	79
3.2.2. Periyot Analizi	81
4. BULGULAR	83
4.1. SEÇİLEN SW SEX YILDIZLARININ ANALİZLERİ.....	83
4.1.1. <i>PX And</i>	83
4.1.2. <i>V1315 Aql</i>	91
4.1.3. <i>BH Lyn</i>	95
4.1.4. <i>HS0455+8315</i>	100
4.1.5. <i>HS0129+2933</i>	106
4.1.6. <i>HS1813+6122</i>	112
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	113
KAYNAKLAR	121
EKLER.....	135
EK 1.....	135
ÖZGEÇMİŞ.....	139

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

- Şekil 2.1:** Yukarıdaki şekilde bileşen yıldız, beyaz cüce, yığılma diski ve sıcak leke gösterilmiştir. Aynı zamanda kataklismik değişenin yörünge evreleri şeklin etrafında verilmiştir (Hellier, 2001).....4
- Şekil 2.2:** Kataklismik değişenlerin bileşenlerinin enerji dağılımları verilmiştir. Bu şekle göre, beyaz cüce bileşeni morötesinde, yığılma diski görsel bölgede, bileşen yıldız ise kıvılcık bölgesinde baskın olarak toplam ışıma katkıda bulunur (Hellier, 2001).....5
- Şekil 2.3:** Z Cha cüce novasının ışık eğrisi verilmiştir. Işık eğrisinin hemen altında düz çizgi ile gösterilen beyaz cücenin, kesikli çizgi ile gösterilen yığılma diskinin ve noktalar ile gösterilen sıcak lekenin ışık eğrisidir. Üç bileşenden gelen toplam ışığın ışık eğrisi yukarıda gösterilen ışık eğrisidir. Sıcak lekeden kaynaklanan yörünge hörgücü de tutulma başlangıcında kendini göstermektedir. (Warner, 1995).....8
- Şekil 2.4:** Yörünge evresini değiştirmeden eğimli yığılma diskinin presesyon hareketi gösterilmiştir. Ok ile gösterilen yön yörünge hareketini göstermektedir. Ancak diskin presesyon hareketi yörünge hareketinin tersi yönündedir (Hellier, 2001).....10
- Şekil 2.5:** Eğimli yığılma diskinin düğüm presesyonu sırasında yığılma akımının davranışı gösterilmiştir. Yığılma akımı; a'da diskin kenarına (birinci düğüm noktası), b, c, d ve e'de diskin yüzeyine ve f'de diskin diğer tarafındaki kenarına (ikinci düğüm noktası), daha sonra tekrar diskin yüzeyine ve tekrar birinci düğüm noktasına çarpar (Wood ve Burke, 2007).11
- Şekil 2.6:** Kataklismik değişen yıldızların sınıflandırması, alt türleriyle birlikte gösterilmiştir (BKD: kataklismik değişenin manyetik alanı).....13
- Şekil 2.7:** V2467 Cyg hızlı novasının uzun dönemli ışık eğrisi.14
- Şekil 2.8:** U Gem, Z Cam ve SU UMa cüce novalarının uzun dönemli ışık eğrileri.....15
- Şekil 2.9:** RS Oph tekrarlayan novasının uzun dönemli ışık eğrisi.15
- Şekil 2.10:** Z And simbiyotik yıldızının uzun dönemli ışık eğrisi.....16
- Şekil 2.11:** Yıldızın r uzaklığına kadar CXX' bölgesi ile sınırlandırılmış olan kapalı alan çizgilerinin bulunduğu bölge; manyetik frenlemenin etkisinin en az olduğu bölgedir ve açısal momentum kaybına katkıda bulunamaz. Genişleyen sıcak korona, termal basınç gradyenti ve merkezkaç ivmesi tarafından yönlendirilir ve dışta açık manyetik alanlı bölgeyi oluşturur. Burası yıldız rüzgârlarının olduğu bölgedir. Eğer yıldız rüzgârları, Alfvén yüzeyini (S_A) geçecek kadar kuvvetli bir manyetik basınçla sahipse yıldız frenleme torku uygulanır ve yıldız açısal momentum kaybeder (Mestel ve Spruit, 1987).....19

- Şekil 2.12:** Katakлизмik değişenlerin Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğu kullanılarak oluşturulmuş yörünge periyodu - frekans dağılımı gösterilmiştir. Kesikli çizgi ile gösterilen periyot değeri kuramsal olarak belirlenmiş $P_{min} = 65$ dakika (Kolb, 1993) değerini, kalın çizgi ile gösterilen periyot değeri gözlemsel olarak belirlenmiş $P_{min} = 82$ dakika (Gänsicke ve diğ., 2009) değerini ve yaklaşık 2 - 3 saat periyot aralığını temsil eden koyu bölge ise periyot boşluğunu göstermektedir.24
- Şekil 2.13:** Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğundan alınan 315 nova benzeri katakлизмik değişen için oluşturulmuş yörünge periyot dağılımı gösterilmiştir.27
- Şekil 2.14:** Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğu ile Hoard'ın SW Sex yıldızlarının listesinden alınan 70 SW Sex yıldızı ile oluşturulan yörünge periyodu – frekans dağılımı gösterilmiştir.32
- Şekil 2.15:** Manyetik olmayan 106 nova benzeri değişenin içerisinde yer alan 70 SW Sex türü değişen yıldızın yörünge periyodu – frekans dağılımı karşılaştırılmıştır (Ritter ve Kolb, 2013 (v.7.20)).33
- Şekil 2.16:** SW Sex türü bir değişen olan BH Lyn yıldızının farklı evrelere göre (Φ) bileşenlerinin durumu gösterilmiştir. Koyu siyah ile gösterilen bölge sıcak lekeyi ve disk taşmasının (disc overflow) olduğu alanı göstermektedir (Hoard, 1998).37
- Şekil 2.17:** Bileşen yıldızdan gelen yığılma akımı diske çarptığı bölgede (birinci çarpışma) disk taşması meydana getirir ve 0,2 – 0,6 evreleri arasında merkezi absorbsiyon bölgesi oluşturur. Disk içerisinde serbest düşme yolunu izleyen akım iç diske ulaştığında (ikinci çarpışma), iç disk rüzgârlarının emisyonuna çift tepeli çizgi profilini doldurarak tek tepeli çizgi profiline dönüştüren ek bir emisyon oluşturur (Hellier, 1996).38
- Şekil 2.18:** SW Sex türü V1315 Aql yıldızının 0,44 – 0,53 evreleri arasındaki tayflarda H γ ve H β çizgilerinde görülen 0,5 evresi absorbsiyonu ve 0,68 – 0,84 evreleri arasındaki tayflarda P Cygni profili görülmektedir (Hellier, 1996).39
- Şekil 2.19:** SW Sex yıldızının farklı evre aralıklarındaki ortalama tayflarında, Balmer çizgilerinin ve HeII $\lambda 4686$ çizgisinin evreye göre tutulma profilleri görülmektedir (Groot ve diğ., 2001).40
- Şekil 2.20:** Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında 0,146350 gün yörünge periyodu değeri ile elde edilen evre diyagramı gösterilmiştir. Tutulma sonrası hörgüç görülmüştür.41
- Şekil 2.21:** 8 Eylül 1993 ve 6 Kasım 1993 tarihlerinde McDonald 0,8 m teleskobu ile PX And yıldızının, I ve V filtresinde yapılan fotometrik gözlemler sonucu elde edilmiş ışık eğrileridir. Flickering etkileri ve tutulma profilinin değişimi açıkça görülmektedir (Hellier ve Robinson, 1994).42
- Şekil 2.22:** PX And'ın 2000 ve 2001 yıllarında yapılan gözlemlerinden oluşturulan ışık eğrileri. Işık eğrileri üzerinden geçirilen sinüs fiti negatif süperhörgüçü göstermektedir (Stanishev ve diğ., 2002).44
- Şekil 2.23:** Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında bulunan 4,8 günlük presesyon periyoduna göre oluşturulmuş evre diyagramı ve ışık eğrileri verilmiştir. Tutulma derinlikleri açısından incelendiğinde presesyon periyodunun minimumuna gelindiğinde daha derin bir tutulma profili görülmüştür.45

Şekil 2.24: Yukarıdaki şekle göre 0,13 presesyon evresinde ve 0 yörünge evresinde diske $i = 0^\circ$ ile bakıldığında diskin yapısının durumu gösterilmiştir. θ diskin yörünge düzlemi ile arasındaki eğim açısı, reimpact (ikinci çarpışma) bölgesi yığılma akımının diskin iç kısmıyla çarpıştığı bölgedir. Ayrıca düğümler çizgisi ile yörünge ters yönde döndüğü de gösterilmiştir (Stanishev ve diğ., 2002).....	46
Şekil 2.25: Dhillon ve diğ. (1991) çalışmasında bütün evrelerin tayflarının karşılaştırılması yapılmış ve çizgi davranışları açıklanmaya çalışılmıştır. Bu şekle göre Balmer çizgilerinin ve HeI çizgisinin tutulmadan etkilenmediği ancak 0,5 evresi yakınında absorbsiyon profili gösterdiği görülmektedir. HeII $\lambda 4686$ ve CIII/NIII $\lambda 4640-4650$ çizgilerinin ise tutulma gösterdikleri görülmektedir.....	49
Şekil 2.26: Dhillon ve diğ. (1991) çalışmasında V filtresinde verilen ışık eğrisi.	50
Şekil 2.27: Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında elde edilen ışık eğrileri verilmiştir. 15 Ağustos 2003 tarihinde görülen tutulma derinliği 3,2 kadir, 22 Ağustos 2004 tarihindeki tutulma derinliği ise 1,5 kadir kadar ölçülmüştür. 2003 gözlemleri ve 22 Ağustos 2004 gözlemi filtresiz olarak diğer 2004 gözlemleri R filtresi ile yapılmıştır.	51
Şekil 2.28: BH Lyn yıldızının R bandında alınmış gözlemlerinin ışık eğrisi gösterilmiştir (Dhillon ve diğ., 1992).....	52
Şekil 2.29: BH Lyn yıldızının yörünge evresine bağlı olarak emisyon çizgilerinin değişimi (Dhillon ve diğ., 1992).....	53
Şekil 2.30: BH Lyn yıldızının ışık eğrisi (Hoard ve Szkody, 1997).....	54
Şekil 2.31: BH Lyn yıldızının V filtresinde elde edilmiş ışık eğrileri verilmiştir. 8 - 9 Ocak 2000 tarihlerindeki ışık eğrilerinden geçirilen sinüs eğrisi süperhörgüçü göstermektedir (Stanishev ve diğ. 2006).	55
Şekil 2.32: Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında verilen O-C değişimi.....	56
Şekil 2.33: Soldaki şekilde HS0455+8315 yıldızının R filtresiyle alınmış gözlemlerinden oluşturulmuş ışık eğrileri verilmiştir. Sağdaki şekilde ise, farklı dalga boylarındaki tayfları verilmiştir. Balmer çizgileri ve HeI çizgisinde çift tepeli emisyon profili gözlenmektedir. HeII $\lambda 4686$ çizgisi ise tek tepelidir (Gänsicke ve diğ., 2002).....	57
Şekil 2.34: HS0455+8315 yıldızının farklı zamanlarda R filtresiyle yapılan gözlemleriyle oluşturulmuş ışık eğrileridir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).	57
Şekil 2.35: HS0455+8315 yıldızının Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen optik tayfi.....	58
Şekil 2.36: HS0455+8315 yıldızının Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen uzak morötesi tayfi.....	58
Şekil 2.37: HS0129+2933 yıldızının B ve V filtresinde alınmış gözlemlerinin ışık eğrileri verilmiştir (Warren ve diğ., 2006).	59
Şekil 2.38: HS0129+2933 yıldızının R ve I filtresinde alınmış gözlemlerinin ışık eğrileri verilmiştir (Warren ve diğ., 2006).	60

Şekil 2.39: HS0129+2933 yıldızının farklı zamanlarda filtresiz gözlemleriyle oluşturulmuş ışık eğrileridir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).	61
Şekil 2.40: HS0129+2933 yıldızının akı kalibrasyonu yapılmış optik tayfı (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).	61
Şekil 2.41: HS1813+6122 yıldızının farklı zamanlarda filtresiz yapılan gözlemleriyle oluşturulmuş ışık eğrileridir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).	61
Şekil 2.42: HS1813+6122 yıldızının periyodogramı (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).	62
Şekil 2.43: Üsteki evre diyagramı, süperhörgüç periyoduna göre tüm veri ile çizilmiştir. Alttaki evre diyagramı ise süperhörgüç periyodu çıkarıldıktan sonra kalan (residual) veri ile çizilmiştir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).	62
Şekil 2.44: HS1813+6122 yıldızının akı kalibrasyonu yapılmış optik tayfı (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).	63
Şekil 2.45: Üstte; H α +H β radyal hız verilerinin periyodogramı, Altta binning uygulanmamış radyal hız eğrisi verilmiştir.	63
Şekil 3.1: Solda Türkiye'nin en hızlı teleskobu olan İST60 teleskobu ve sağda gözlemevinin genel görünümü.	64
Şekil 3.2: Soldaki fotoğraf Apogee Alta U42 model CCD kameraya, sağdaki fotoğraf ise SBIG STL1001E model CCD kameraya aittir.	65
Şekil 3.3: PX And yıldızının, 23 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2,5). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar PX And (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir. (Görüntüdeki izlerin teleskop içerisindeki yansılardan kaynaklandığı düşünülmektedir.)	69
Şekil 3.4: V1315 Aql yıldızının 18 Ağustos 2012 gözleminde Apogee Alta U42 model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 4). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar V1315 Aql (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir. (CCD'nin sol üst kısmı problemli olduğu için yıldız ortalanmamıştır.) ..	70
Şekil 3.5: BH Lyn yıldızının 24 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar BH Lyn (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir.	72
Şekil 3.6: HS0455+8315 yıldızının 22 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar HS0455+8315 (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir.	73
Şekil 3.7: HS0129+2933 yıldızının 24 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar HS0129+2933 (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir.	75

Şekil 3.8: HS1813+6122 yıldızının 23 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar HS1813+6122 (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir.	76
Şekil 3.9: Yukarıdaki şekilde açıklık (aperture), annulus ve dannulus olarak ölçülen bölgeler gösterilmiştir.	79
Şekil 4.1: PX And yıldızının ışık eğrileri. V-C _{ort} değişen yıldızının aletsel parlaklığından mukayese yıldızların parlaklıklarının ortalamasının farkıdır.	83
Şekil 4.2: Ağustos 2012 gözleminde elde edilen ışık eğrisi.	84
Şekil 4.3: Eylül 2012 gözleminde elde edilen ışık eğrisi.	84
Şekil 4.4: Ekim 2013 gözleminde elde edilen ışık eğrisi.	84
Şekil 4.5: PX And yıldızının Period04 analizi sonucu elde edilen güç spektrumu ($f_{yör}$: yörünge frekansı).	86
Şekil 4.6: PX And yıldızının gözlemlerinden tutulmaların çıkarılmasıyla, Period04 ile elde edilen güç spektrumu (f_2 : ikinci periyodik değişim).	87
Şekil 4.7: PX And yıldızının 3 gecelik verileri ile Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasındaki 0,146353 günlük yörünge periyodu değeri kullanılarak elde edilmiş evre diyagramı.	88
Şekil 4.8: PX And yıldızının 3 gecelik verileri ile Patterson (1999) çalışmasında bulunan negatif süperhörgüç periyodu 0,1415 gün değeri kullanılarak çizilmiş evre diyagramı.	88
Şekil 4.9: PX And yıldızının 3 gecelik verileri ile Stanishev ve diğ., (2002) çalışmasında bulunan negatif süperhörgüç periyodu 0,1420 gün değeri kullanılarak çizilmiş evre diyagramı.	89
Şekil 4.10: PX And yıldızının O-C diyagramı.	89
Şekil 4.11: V1315 Aql yıldızının Ağustos 2012 gözleminin ışık eğrisi. V-C _{ort} değişen yıldızının aletsel parlaklığından mukayese yıldızların parlaklıklarının ortalamasının farkıdır.	91
Şekil 4.12: V1315 Aql yıldızının Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında verilen yörünge periyoduna göre çizilmiş evre diyagramı.	93
Şekil 4.13: V1315 Aql yıldızının O-C diyagramı.	93
Şekil 4.14: BH Lyn yıldızının ışık eğrileri. V-C _{ort} değişen yıldızının aletsel parlaklığından mukayese yıldızların parlaklıklarının ortalamasının farkıdır.	95
Şekil 4.15: BH Lyn yıldızının Eylül 2012 gözleminin ışık eğrisi.	96
Şekil 4.16: BH Lyn yıldızının Ekim 2013 gözleminin ışık eğrisi.	96
Şekil 4.17: BH Lyn yıldızının Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında verilen yörünge periyodu ile çizilmiş evre diyagramı.	97

Şekil 4.18: BH Lyn yıldızının O-C diyagramı. Kare ile gösterilenler Andronov ve diğ. (1989) çalışmasındaki ilk iki minimum ile bulunan O-C değerleri, üçgen ile gösterilenler literatürde verilen diğer minimumlar ile bulunan O-C değeri, daire ile gösterilen ise tez çalışmasında verilen minimum değeri ile bulunan O-C değerini göstermektedir.	98
Şekil 4.19: HS0455+8315 yıldızının Eylül 2012 ve Ekim 2013 gözlemlerinin ışık eğrileri.....	100
Şekil 4.20: HS0455+8315 yıldızının Eylül 2012 gözleminin ışık eğrisi.	101
Şekil 4.21: HS0455+8315 yıldızının Ekim 2013 gözleminin ışık eğrisi.	101
Şekil 4.22: HS0455+8315 yıldızının Period04 ile elde edilmiş güç spektrumu. ($f_{yör}$: yörünge frekansı).	102
Şekil 4.23: HS0455+8315 yıldızının tutulmalara karşılık gelen verilerinden DCTFT kullanılarak elde edilen 0-30 çevrim/gün aralığındaki güç spektrumu verilmiştir. f_1 ; yörünge frekansı, $2f_1$, $3f_1$, $4f_1$ yörünge frekansının harmonikleridir.	103
Şekil 4.24: HS0455+8315 yıldızının Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen yörünge periyodu ile çizilmiş evre diyagramı.	104
Şekil 4.25: HS0455+8315 yıldızının O-C diyagramı.	104
Şekil 4.26: HS0129+2933 yıldızının Eylül 2012 ve Ekim 2013 dönemi ışık eğrileri.	106
Şekil 4.27: HS0129+2933 yıldızının Eylül 2012 gözleminin ışık eğrisi.	107
Şekil 4.28: HS0129+2933 yıldızının Ekim 2013 gözleminin ışık eğrisi.	107
Şekil 4.29: HS0129+2933 yıldızının Period04 ile elde edilen güç spektrumu. ($f_{yör}$: yörünge frekansı).	109
Şekil 4.30: HS0129+2933 yıldızının Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen yörünge periyodu kullanılarak elde edilen evre diyagramı.....	110
Şekil 4.31: HS0129+2933 yıldızının O-C diyagramı.	110
Şekil 4.32: HS1813+6122 yıldızının Eylül 2012 gözlemi.	112

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1: Tez çalışması kapsamında kullanılan SW Sex yıldızlarının periyot dağılımları verilmiştir (Ritter ve Kolb 2013, v.7.20).	3
Tablo 2.1: Aşağıdaki tabloda Hoard'ın SW Sex yıldızları listesi ile oluşturduğu kesin, mümkün ve olası sistemlerin yörünge eğimine ve yörünge periyoduna göre sayıları gösterilmiştir.	31
Tablo 3.1: Aşağıdaki tabloda İST60 teleskobunun genel özellikleri gösterilmiştir.	64
Tablo 3.2: Aşağıdaki tabloda gözlemlerde kullanılan CCD kameraların genel özellikleri verilmiştir.	65
Tablo 3.3: Aşağıda tez kapsamında seçilmiş 6 SW Sex türü kataklismik değişen yıldızın genel özellikleri gösterilmiştir. Cisimlerin koordinatları ve periyot değerleri Ritter ve Kolb (2003, güncelleme 7.20) kataloğundan, <i>B</i> , <i>V</i> , <i>R</i> parlaklık değerleri Norton ve diğ. (2007) ve Cutri ve diğ. (2003), uzaklık değerleri ise Ak ve diğ. (2008) çalışmasından alınmıştır.	66
Tablo 3.4: Ağustos 2012 döneminde gözlenen yıldızların gözlemsel bilgileri ve görüntü sayıları verilmiştir.	66
Tablo 3.5: Eylül 2012 döneminde gözlenen yıldızların gözlemsel bilgileri ve görüntü sayıları verilmiştir.	67
Tablo 3.6: Ekim 2013 döneminde gözlenen yıldızların gözlemsel bilgileri ve görüntü sayıları verilmiştir.	67
Tablo 3.7: PX And yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Henden ve Honeycutt, 1995; Aladin Sky Atlas).	68
Tablo 3.8: V1315 Aql yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Hog ve diğ., 2000; Henden ve Honeycutt, 1995).	70
Tablo 3.9: BH Lyn yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Henden ve Honeycutt, 1995; Aladin Sky Atlas).	71
Tablo 3.10: HS0455+8315 yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Roriguez-Gil ve diğ., 2007; Aladin Sky Atlas).	73

Tablo 3.11: HS0129+2933 yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Rogriguez-Gil ve diğ., 2007; Aladin Sky Atlas).	74
Tablo 3.12: HS1813+6122 yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Rogriguez-Gil ve diğ., 2007; Aladin Sky Atlas).	76
Tablo 4.1: PX And yıldızının minimum zamanları.....	85
Tablo 4.2: PX And yıldızının verilen epok ve yörünge periyodu değerleri.	87
Tablo 4.3: PX And yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.....	90
Tablo 4.4: V1315 Aql yıldızının minimum zamanları.	92
Tablo 4.5: V1315 Aql yıldızının epok ve yörünge periyodu değerleri.	92
Tablo 4.6: V1315 Aql yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.....	94
Tablo 4.7: BH Lyn yıldızının epok ve yörünge periyodu değerleri.	97
Tablo 4.8: BH Lyn yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.....	99
Tablo 4.9: HS0455+8315 yıldızının minimum zamanları.	102
Tablo 4.10: HS0455+8315 yıldızının literatürde verilen epok ve yörünge periyodu değerleri.....	103
Tablo 4.11: HS0455+8315 yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.	105
Tablo 4.12: HS0129+2933 yıldızının minimum zamanları.	108
Tablo 4.13: HS0129+2933 yıldızının literatürde verilen epok ve yörünge periyodu değerleri.....	109
Tablo 4.14: HS0129+2933 yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.	111

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Simgeler	Açıklama
$P_{yör}$	: Yörünge periyodu
P_{min}	: Minimum yörünge periyodu
P_{sh}	: Süperhörgüç periyodu
P_p	: Presesyon periyodu
$M_{\odot}$	: Güneş kütlesi
$R_{\odot}$	: Güneş'in yarıçapı
R_A	: Alfvén yarıçapı
S_A	: Alfvén yüzeyi
q	: Kütle oranı
M_1	: Bileşen yıldızın kütlesi
M_2	: Beyaz cücenin kütlesi
$\dot{M}$	: Kütle transfer oranı
a	: Yörünge açıklığı
L_1	: Birinci Lagrange noktası
G	: Evrensel kütle çekim sabiti
J	: Toplam yörünge açısal momentumu
$\dot{J}$	: Toplam yörünge açısal momentum kaybı
Ω	: Açısal hız
k	: Eylemsizlik yarıçapı
$\text{\AA}$	: Angstrom
L_{sl}	: Sıcak lekenin ışıma gücü
L_{disk}	: Yığılma diskinin ışıma gücü
i	: Eğim açısı
ϵ	: Periyot artışı
B_{KD}	: Katakлизмik değişenin manyetik alan şiddeti
Φ	: Evre
$V-C_{ort}$	: Değişenin parlaklığından mukayeselerin ortalama parlaklığının farkı

Kisaltmalar	Açıklama
NB	: Nova benzeri katakлизмik değişen
SW	: SW Sex yıldızı
KD	: Katakлизмik değişen yıldız
IP	: Intermediate Polar
KN	: Klasik nova
CN	: Cüce nova
Nr	: Tekrarlayan nova
Na,b,c	: Hızlı, yavaş, çok yavaş nova
HJD	: Heliocentric Julien Date (Helyosentrik Julyen Tarihi)

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SW SEXTANTIS TÜRÜ KATAKLİSMİK DEĞİŞENLERİN DOĞASI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

Hatice Bahar ATALI

İstanbul Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Talât SAYGAÇ

II. Danışman: Prof. Dr. Antonio BIANCHINI

SW Sextantis (SW Sex) türü değişen yıldızlar, periyot boşluğunun (2,15-3,18 saat; Knigge, 2006) üst sınırında, $2,8 < P_{\text{yör}} < 4$ saat yörünge periyodu aralığında bulunan ve bu sebeple kataklismik değişenlerin evriminin anlaşılması açısından önemli yıldızlardır. SW Sex yıldızlarının doğasının gözlemsel çalışmalarla birlikte araştırılması, kataklismik değişenlerin periyot boşluğuna girmeden önce nasıl davrandıklarını açıklayabilir (Schmidtobreick, 2012). Bu tez çalışmasında, Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğunda verilen 70 SW Sex yıldızı içerisinde seçilen PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315, HS0129+2933 ve HS1813+6122 yıldızlarının fotometrik gözlemleri Ulupınar Astrofizik Gözlemevi'nde (Çanakkale) bulunan İST60 teleskobu (0,6 m) kullanılarak yapılmıştır.

Gözlem verileri, IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı kullanılarak indirgenmiş ve ışık eğrileri elde edilmiştir. Sistemlerin ışık eğrilerindeki tutulma derinlikleri hesaplanmış ve literatürde verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca ışık eğrilerinde, yörünge hörgücünün konumu, şiddeti ve flickering aktivitesi incelenmiştir. Tez yıldızlarından HS0129+2933 yıldızının ışık eğrilerinde tutulmalar sırasında görülen ani parlaklık sıçramaları belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak, flickering aktivitesinin tutulma sırasında da görüldüğü tartışılmıştır (Bianchini, 2014).

Sistemlerin ışık eğrileri üzerinden Period04 v.1.2 (Lenz ve Breger, 2005) ve CLEAN algoritmalarını (Roberts ve diğ., 1987) içeren DCDFE (Data Compensated Discrete

Fourier Transform) (Ferraz-Mello, 1981; Foster, 1995) (TS v.1.2; AAVSO (American Association of Variable Star Observers)) programları kullanılarak periyodik değişimler araştırılmıştır. Sonuç olarak, PX And yıldızının yörünge frekansı ve ikinci güçlü frekansı sırasıyla $f_{yör} = 7,42296 \pm 0,00004$ çevrim/gün (0,134717 gün) ve $f_2 = 6,47787 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,154365 gün) olarak tespit edilmiştir. HS0455+8315 yıldızının yörünge frekansı $f_{yör} = 6,99599 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,14293907 gün) ve HS0129+2933 yıldızıninki ise $f_{yör} = 7,82505 \pm 0,00820$ çevrim/gün (0,127794776 gün) olarak bulunmuştur. Periyot analizi için yeterli gözlem verisi bulunmadığından, V1315 Aql, BH Lyn ve HS1813+6122 yıldızlarının periyot analizleri sonuç vermemiştir.

Kwee ve van Woerden (1956) metodu kullanılarak minimum zamanları hesaplanmıştır. Elde edilen minimum zamanlar, sistemlerin literatürdeki minimum zamanları (Bkz. Tablo 4.3, 4.6, 4.8, 4.11, 4.14) ile birleştirilmiştir ve literatürde verilen yörünge periyotları üzerinden O-C analizleri yapılmıştır. PX And, V1315 Aql, HS0455+8315, HS0129+2933 yıldızları için yörünge periyodunun değişimine rastlanmamıştır. Yalnızca BH Lyn yıldızı için yapılan O-C analizi yörünge periyodunun arttığını göstermekte ve bu sonuç Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında verilen O-C değişimini desteklemektedir.

Temmuz 2014, 155 sayfa

Anahtar kelimeler: Katakлизмik Değişen Yıldızlar, Nova Benzeri Değişenler, SW Sextantis Yıldızları, Fotometri, SW Sex, PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315, HS0129+2933, HS1813+6122

SUMMARY

M.SC. THESIS

A STUDY ON THE NATURE OF SW SEXTANTIS TYPE OF CATAclysmic VARIABLES

Hatice Bahar ATALI

Istanbul University

Graduate School of Science and Engineering

Department of Astronomy and Space Sciences

Supervisor: Prof. Dr. A. Talât SAYGAÇ

Co-Supervisor: Prof. Dr. Antonio BIANCHINI

SW Sextantis (SW Sex) systems are considered as important objects to understand the evolution of cataclysmic variables (CVs) as their orbital periods are just above the period gap: $2,8 \text{ hr} < P_{\text{orb}} < 4 \text{ hr}$. It is thought that investigating SW Sex-type systems can give clues about the behavior of CVs before entering the period gap. In this thesis, six SW Sex-type CVs were taken among 70 systems given by Ritter and Kolb (2013) and were observed with the IST60 telescope located in Ulupınar Astrophysical Observatory in Çanakkale.

Data taken during observations were reduced and analyzed with IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) and light curves were obtained. For each object eclipse depths were determined and compared with the values given in the literature. Additionally, position of the eclipse hump and its amplitude and flickering activity of the system were inspected. Among the targets, HS0129+2933 shows some sudden brightness increase in its eclipse light curves. This finding indicates that system shows strong flickering activity during eclipses.

Among many existing softwares which DCDFT (Data Compensated Discrete Fourier Transform) (Ferraz-Mello, 1981; Foster, 1995) (TS v.1.2; AAVSO (American Association of Variable Star Observers)) including CLEAN algorithms (Roberts et al., 1987) and, Period04 v.1.2 (Lenz & Breger, 2005) were used to detect periodicities in the light curves. Frequency for orbital period and second strongest frequency of PX And

was found as $f_{orb} = 7,42296 \pm 0,00004$ cycle/day (0,134717 day) and $f_2 = 6,47787 \pm 0,00005$ cycle/day (0,154365 day), respectively. Frequencies corresponding to the orbital periods of HS0455+8315 and HS0129+2933 are $f_{orb} = 6,99599 \pm 0,00005$ cycle/day (0,142939 day) and $f_{orb} = 7,82505 \pm 0,00820$ cycle/day (0,127794 day), respectively. For V1315 Aql, BH Lyn and HS1813+6122 systems we could not detect any strong periodicities.

Minima times of the eclipses seen in the light curves were computed with Kwee and van Woerden (1956) method. Those times computed in this thesis were combined with other minima times collected from the literature and O-C analysis were done for each system. Except BH Lyn any indication for period change has not been seen. Only BH Lyn shows strong period change as Stanishev et al. (2006) stated before. According to that orbital period of BH Lyn seems increasing.

July 2014, 155 pages

Keywords: Cataclysmic Variable Stars, Novalike Stars, SW Sextantis Stars, Photometry, SW Sex, PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315, HS0129+2933, HS1813+6122

1. GİRİŞ

Değişen yıldızlar, parlaklıklarını zaman içerisinde geometrik ya da fiziksel nedenlerden dolayı değiştiren yıldızlar olarak tanımlanır. Bu yıldızlar; tek, çift veya daha fazla yıldızdan oluşabilirler. Parlaklık değişimlerinin sebeplerine göre geometrik ve bünyesel değişen yıldızlar olarak iki sınıfa ayrılırlar. Geometrik değişen yıldızlar; yıldız sistemindeki yıldızların birbirleri etrafında dönerken örtülmeleri ve birbirlerini örtmeleri sonucu parlaklıklarını değiştiren yıldızlardır. Bünyesel değişen yıldızlar ise; yıldız sistemindeki fiziksel değişikliklerden kaynaklanan (zonklamalar gibi) parlaklık değişimleri gösteren sistemlerdir. Katakлизмik değişen yıldızlar da bünyesel değişen yıldızların bir alt sınıfı olarak tanımlanmaktadır. Bu sistemler; bileşen yıldız Roche lobunu doldurmuş düşük kütleli bir yıldız, baş bileşeni ise beyaz cüce olan, kısa periyotlu etkileşen yakın çift sistemlerdir. Sistemin ışımasının büyük çoğunluğu, bileşen yıldızın Roche lobunun taşmasıyla beyaz cüceye doğru aktarılan maddenin, beyaz cüce etrafında oluşturduğu yığılma diskinden gelmektedir (Hellier, 2001).

Katakлизмik değişenlerin yörünge periyotları dakika mertebesinde gün mertebesine kadar değişiklik gösterir. Standart Evrim Modeli'ne göre katakлизмik değişen yıldızlar, evrimleri boyunca açısal momentum kaybederek uzun yörünge periyotlarından daha kısa yörünge periyotlarına doğru evrimleşirler (Knigge, 2011). Bu modele göre; açısal momentum kayıp mekanizmalarından biri olan *manyetik frenleme mekanizması*, $P_{yör} > 3$ saat olan yörünge periyotlarında baskındır ve bu periyotlarda bileşen, yüksek kütle aktarım oranlarıyla madde aktarımına devam eder (Verbunt ve Zwaan, 1981; Pacýnski, 1981). Ancak yörünge periyotları 3 saate ulaştığında, çok az gözlemlendikleri ya da hiç gözlenemedikleri “*periyot boşluğu*” olarak adlandırılan yaklaşık $2 < P_{yör} < 3$ saat aralığındaki bölgeye girerler. Artık baskın açısal momentum kayıp mekanizması, *kütle çekimsel ışımadır* (Paczýnski ve Sienkiewicz, 1981; Rappaport ve diğ., 1982). Sistemler periyot boşluğunda katakлизмik değişen yıldız olarak gözlenemezler. Çünkü kütle aktarımı durmuştur ve sistem artık ayırık bir sistem haline gelmiştir (Knigge, 2011). Bu aşamanın devamında daha küçük yörünge periyotlarına doğru evrimleşerek katakлизмik değişen sistem olarak tekrar gözlenmeye başlarlar. Bu kez düşük kütle aktarım

oranlarıyla kütle aktarımını sürdürürler ve oldukça sönük bir sistem haline gelirler. Bu sebeple kısa periyotlarda gözlenen kataklismik değişenlerin çoğunluğunun, geçirdikleri patlamalarla keşfedildiklerini söylemek yanlış olmayacaktır (Warner, 1995; Hellier, 2001; Knigge, 2011).

SW Sextantis (SW Sex) türü kataklismik değişenler; yörünge periyodu dağılımına bakıldığında periyot boşluğunun üst sınırında, $2,8 < P_{yör} < 4$ saat yörünge periyodu aralığında bulunan, manyetik olmayan ya da çok zayıf manyetik alana sahip olan nova benzeri sistemlerdir (Thorstensen ve diğ., 1991). SW Sex değişenleri bulundukları bu yörünge aralığından da anlaşılabilir gibi çok yüksek kütle aktarım oranlarına sahip yıldızlardır. Aynı zamanda bu yıldızların, gösterdikleri özellikler bakımından kataklismik değişenlerin evriminin bir aşaması olduğu düşünüldüğünden oldukça önemli yıldızlardır (Schmidtobreick, 2013). Bu yıldızlarla ilgili ayrıntılı bilgiler Bölüm 2.4'te anlatılmıştır.

Tez çalışması kapsamında, SW Sex türü değişenlerin genel özelliklerinin incelenmesi ve kataklismik değişenlerin evrimini açıklanabilmesi açısından önemli olan bu yıldızlarla ilgili literatüre yeni bulgular eklenebilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple; PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315, HS0129+2933, HS1813+6122 olmak üzere 6 SW Sex yıldızı seçilmiş ve bu yıldızların fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Bu yıldızların seçilmesi aşamasında, literatürde bulunan SW Sex yıldızlarının bir listesi oluşturulmuştur. Gözlem için seçilen yıldızların gökyüzündeki konumlarına, Tablo 1.1'de gösterilen yörünge periyotlarına ve kullanılan gözlem aletleri açısından uygun gözlem koşulları sağlanıp sağlanamayacağına dikkat edilmiştir. Ayrıca PX And, V1315 Aql ve BH Lyn yıldızları, SW Sex türü değişen yıldızların, nova benzeri değişenlerin bir alt türü olarak sınıflandırılmaları aşamasında incelenen ilk yıldızlar; HS0455+8315, HS0129+2933, HS1813+6122 yıldızları ise literatür bilgileri bakımından çalışma sayıları az olan yıldızlar olmaları dolayısıyla kullanılmışlardır (Romano, 1978a,b; Downes ve diğ., 1986; Thorstensen ve diğ., 1991a,b; Rodriguez-Gil, 2005; Gänsicke ve diğ., 2002; Rodriguez-Gil, 2007). Bu yıldızların gözlemlerinden elde edilen bulgular ise Bölüm 4'te anlatılmıştır.

Tablo 1.1: Tez çalışması kapsamında kullanılan SW Sex yıldızlarının periyot dağılımları verilmiştir (Ritter ve Kolb 2013, v.7.20).

Yıldız	Periyot (saat)
PX And	3,51
V1315 Aql	3,35
BH Lyn	3,74
HS0455+8315	3,56
HS0129+2933	3,35
HS1813+6122	3,54

Tez çalışması kapsamında seçilen 6 SW Sex yıldızının fotometrik gözlemleri; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi arasındaki bir ortaklık ile kurulmuş olan ve Ulupınar Astrofizik Gözlemevi'nde bulunan İST60 teleskobu (0,6 m) ile yapılmıştır. Gözlemler; Ağustos 2012, Eylül 2012 ve Ekim 2013 olmak üzere üç dönem halinde ve filtresiz olarak gerçekleştirilmiştir. Apogee Alta U42 ve SBIG STL1001E olmak üzere iki farklı CCD kamera ile gerçekleştirilen gözlemler; İstanbul Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü'nden Sinan Aliş ve F. Korhan Yelkenci ile Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fizik Bölümü'nden Yasemin Kaçar tarafından yapılmıştır.

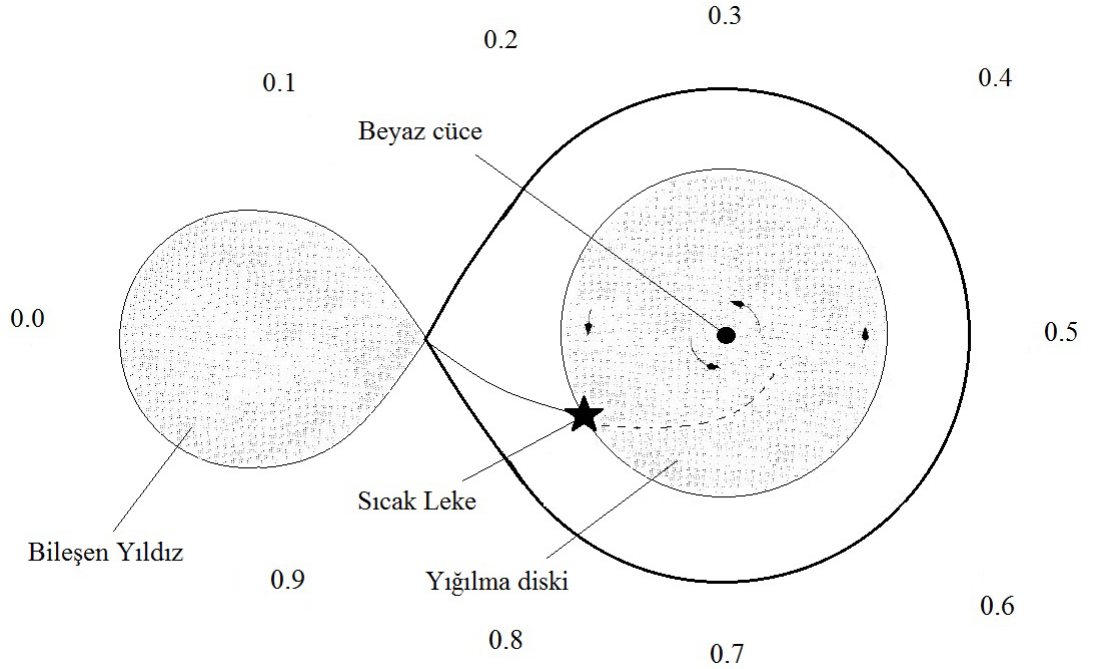
Bölüm 3.'te anlatıldığı gibi; üç gözlem döneminde toplam yedi gecede elde edilen fotometrik gözlem verilerinin ışık eğrisi analizlerinde, astronomik verilerin analizi için NOAO (National Optical Astronomy Observatory) tarafından geliştirilmiş olan IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı kullanılmıştır. Elde edilen ışık eğrileri üzerinden periyodik değişimlerin araştırılması için Discrete Fourier Transform içeren Period04 v.1.2 programı (Lenz ve Breger, 2005) ile CLEAN algoritmalarını (Roberts ve diğ., 1987) içeren DCDFIT - Data Compensated Discrete Fourier Transform (Ferraz-Mello, 1981; Foster, 1995) (TS 1.2; AAVSO (American Association of Variable Star Observers)) kullanılmıştır.

PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315, HS0129+2933 ve HS1813+6122 yıldızlarının elde edilen bulguları üzerinden yapılan tartışmalar ve sonuçlar Bölüm 5'te anlatılmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLAR

Kataklismik değişen yıldızlar; baş bileşeni bir *beyaz cüce*, *bileşen yıldızı* ise Roche lobunu doldurmuş düşük kütleli G, K, M tayf türünden bir bileşen yıldızdan beyaz cüceye kütle aktarımı sonucu beyaz cüce etrafında oluşan ve *yığılma diski* olarak adlandırılan bir diske sahip etkileşen yarı ayırık çift yıldızlardır (Bkz. Şekil 2.1). Bileşen yıldızın Roche lobunu doldurmasıyla, L_1 Lagrange noktasından beyaz cüce üzerine akan maddenin (*yığılma akımı*) yığılma diski ile temas ettiği bölgede, maddenin kinetik enerjisinin termal enerjiye dönüşmesiyle birlikte “*sıcak leke*” adı verilen bölge oluşur (Warner, 1995; Hellier, 2001).

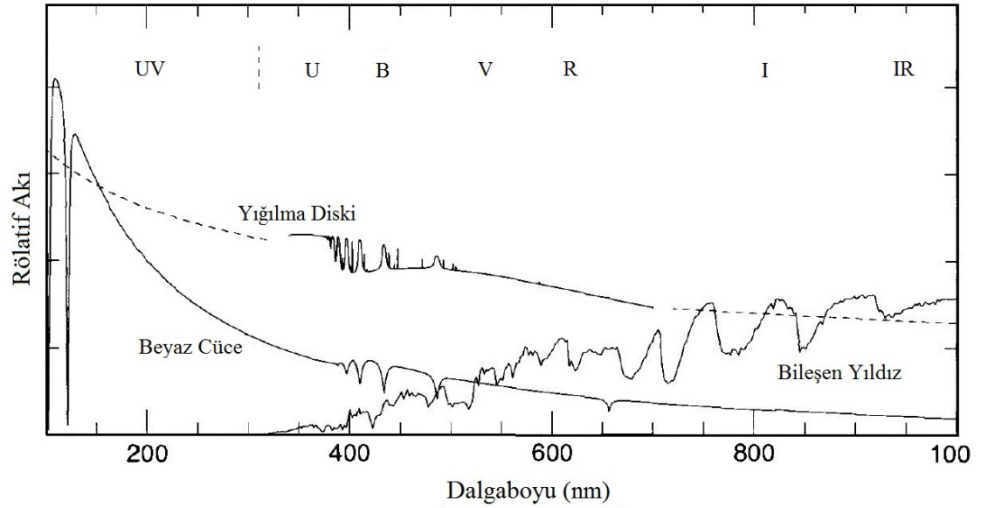


Şekil 2.1: Yukarıdaki şekilde bileşen yıldız, beyaz cüce, yığılma diski ve sıcak leke gösterilmiştir. Aynı zamanda kataklismik değişenin yörünge evreleri şerhin etrafında verilmiştir (Hellier, 2001).

Kataklismik değişenler, gözlemsel olarak fotometrik ve tayfsal yöntemlerle incelenebilir ve böylece elde edilen bilgiler ışığında bu sistemlerin gözlemsel özellikleri

belirlenebilir. Fotometrik gözlemler ile sistemlerin yörüngeleri, bileşenlerin genel özellikleri, yörünge periyodu haricinde *süperhörgüç* ve *flickering (parıldama)* gibi sahip olabilecekleri farklı periyodik değişimler ile patlama sonrası davranışları hakkında bilgi sahibi olunabilir. Fotometrik yöntemler ile kataklismik değişenlerin bileşenlerini ayrı ayrı tespit etmek oldukça güçtür. Sistemin optik bölgede bakıldığında ışımaya en büyük katkı yapan bileşeni yığılma diskidir. Bileşen yıldızın kızılötesinde ışıma yapmasından ve beyaz cücenin, yığılma diskinin özelliklerine (optikçe kalın ya da ince oluşuna ve yörünge eğimine) bağlı olarak gözlenebilmesi zorlaştığından dolayı fotometrik gözlemlerde bileşenlerin ışımasını ayrı ayrı tespit etmek zorlaşmaktadır.

Kataklismik değişenler tayfsal olarak incelendiklerinde ise, her biri farklı dalga boylarında ışıma yapan beyaz cüce, bileşen yıldız ve yığılma diskinden gelen toplam ışıma tespit edilebilir.



Şekil 2.2: Kataklismik değişenlerin bileşenlerinin enerji dağılımları verilmiştir. Bu şekle göre, beyaz cüce bileşeni morötesinde, yığılma diski görsel bölgede, bileşen yıldız ise kızılötesi bölgede baskın olarak toplam ışıma katkıda bulunur (Hellier, 2001).

Kataklismik sistemlerin baş bileşeni olan beyaz cüceler; karacisim ışımasına yakın bir tayf gösterirler. Şekil 2.2’de de görüldüğü gibi beyaz cücenin sistemin toplam ışımasına katkısı, morötesi bölgede baskındır. Beyaz cüceler görsel bölgede incelendiğinde gösterdikleri geniş hidrojen Balmer çizgileri ve morötesi bölgede görülen Lyman çizgileri sebebiyle karacisim ışımasından sapmalar gösterirler. Ancak beyaz cücenin

ışınımını gözleyebilmek bazı durumlar haricinde oldukça zordur. Yığılma diski, sıcak leke ve hatta bileşen yıldızın ışıınımları beyaz cüceden gelen ışıınımi engellemektedir. Ancak düşük kütle aktarım oranlı (örneğin; cüce novalar) veya yüksek eğim açılarına sahip sistemlerde beyaz cücenin ışıınıımını gözlemleyebilmek mümkündür. Katakлизмik değişenlerde beyaz cücelerin kütleleri Güneş kütleşi civarında ya da daha küçük, sıcaklıkları ise 10^4 K mertebesindedir (Hellier, 2001).

Katakлизмik değişenlerde bileşen yıldızlar; düşük kütleli ve soğuk geri tayf türünden anakol yıldızlarıdır. Ancak yörünge periyodu 6 saatten büyük olan sistemler için geçerli olduğu düşünülen, kütleşinin büyüklüğüne bağılı olarak evrimleşmiş ve anakoldan ayrılmış bileşen yıldızlar da mevcuttur (Knigge, 2011). Roche loblarını doldurmuş olan bu yıldızlar beyaz cüce üzerine madde aktarımını sürdürerek beyaz cüce etrafında bir yığılma diski oluşumuna neden olmaktadır. Bileşen yıldızlar, sistemin toplam ışıınıımına baskın olarak kızılötesi bölgede katkıda bulunurlar. Yüzey sıcaklıkları 10^3 K mertebesindedir. Bileşenin düşük sıcaklıklara sahip olmasından dolayı tayflarında çoğunlukla TiO gibi molekül bantları görülür. Katakлизмik sistemlerdeki bileşenler ile aynı tayf türündeki diğer tekil yıldızlar karşılaştırıldığında birtakım farklılıklar gözlenmiştir. Bileşenin dönme hareketinin sistemin yörünge hareketine kilitlenmesinden dolayı bileşenin beyaz cüceye bakan yüzeyinin konumu değişmez. Bu sebeple bileşenin bu yüzeyi, beyaz cüce tarafından ısıtılır ve toplam ışıınıımda bir artış olur. Bu durum “*yansıma etkisi*” olarak adlandırılır. Yansıma etkisi baskın olarak bileşenin kutuplarına yakın bölgelerde kendini göstermekte, ekvator bölgesinde yığılma diskinden etkilenmektedir. Böylece bileşen yıldız, (yüksek eğim açılı sistemler hariç) tekil yıldızlara göre daha erken tayf türünde bir yıldızmış gibi gözlenir. Aslında daha geç tayf türünden bir yıldızdır (Knigge, 2006). Bileşen yıldızın boyutu, sistemin yörünge açıklığı ile karşılaştırılabilir boyutlardadır. Dönme ve gelgit etkilerinden dolayı bileşen yıldızın beyaz cüceye bakan kısmı L_1 Lagrange noktasına doğru uzamıştır.

Yığılma diskinden gelen ışıınıım ise baskın olarak görsel bölgede olmasına rağmen morötesi ve kızılötesi bölgede de toplam ışıımaya katkıda bulunur. Ancak görsel bölge dışında yaptığı ışıımayı tespit edebilmek için atmosfer dışında, uydulardan alınan gözlemlerin incelenmesi gerekir. Yığılma diskinin iç kısımlarının beyaz cüce tarafından ısıtılması ve buna ek olarak potansiyel enerjinin ısı enerjisine dönüşmesinden dolayı bu

bölgede sıcaklıklar 10^4 K mertebesinde. Diskin dış kısımları ise daha soğuk 10^3 K mertebesinde sıcaklıklara sahiptir. O halde diskten iç kısımlarından gelen ışıma maviye yakın, dış kısımlarından gelen ışıma ise kırmızıya daha yakın bir tayf vermektedir. Yığılma disklerinin tayfları normal yıldızlarınkinden çok daha farklıdır. Yığılma disklerinin tayfları değerlendirilirken sıcaklık farklarına bağlı olarak oluşan çizgilere göre disk halkaları oluşturulur. Disk halkalarının verdiği tayflar daha çok bir emisyon tayfı gösterirler. Ancak diskten iç kısımları ve dış kısımları arasındaki sıcaklık farkları yüzünden, iç kısımlardan yayınlanan fotonlar daha soğuk olan dış kısımlardan geçerken absorpsiyon çizgileri oluştururlar (Hellier, 2001).

Kataklizmik değişen yıldızlarda bileşen yıldızdan M_1 kütleli beyaz cüceye doğru aktarılan $\dot{M}_2$ kütleli maddenin beyaz cüceye r_d uzaklığında disk kenarıyla etkileştiği bölge olan sıcak lekenin ışıma gücü L_{sl} , G ; evrensel kütle çekim sabiti olmak üzere aşağıdaki gibi ifade edilir (Warner, 1995):

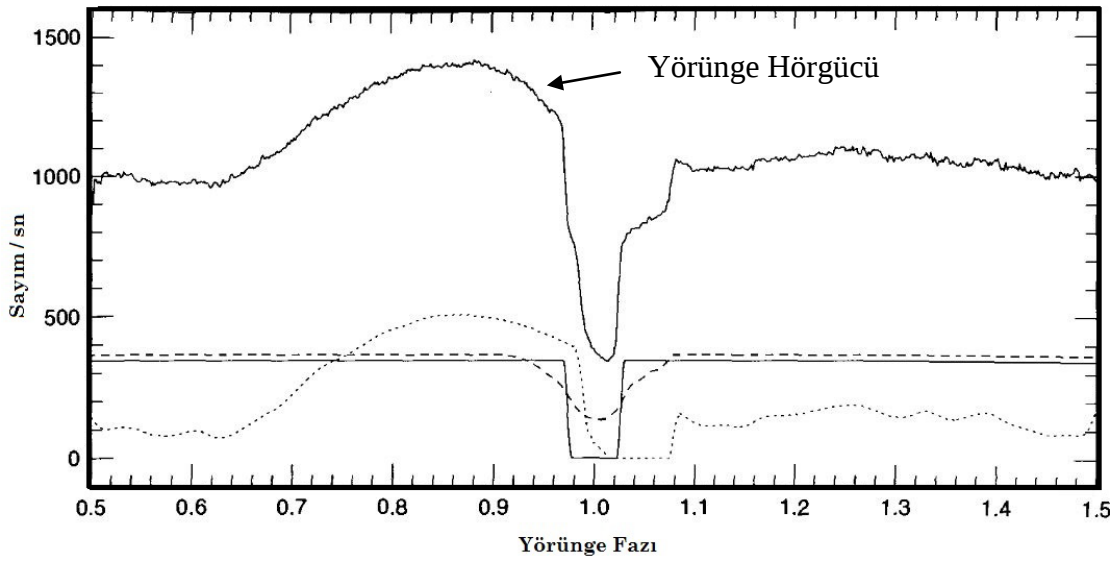
$$L_{sl} = \frac{GM_1\dot{M}_2}{r_d} \quad (2.1)$$

Bileşen yıldızdan aktarılan maddenin diskle çarpışmasıyla maddenin kinetik enerjisi ısı enerjisine çevrilir ve böylece diske aktarılan maddenin oranında düşüş olabilir. Bu durumda; G Evrensel kütle çekim sabiti, M_1 beyaz cücenin kütlesi, R_1 beyaz cücenin yarıçapı, $\dot{M}_d$ diske aktarılan kütle miktarı olmak üzere yığılma diskinin toplam ışıma gücü L_{disk} , aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$L_{disk} = \frac{1}{2} \frac{GM_1\dot{M}_d}{R_1} \quad (2.2)$$

Bu ifadeye göre yığılma diskten gelen ışıma, toplam yığılma enerjisinin yarısını oluşturmaktadır. Diğer yarısı ise, beyaz cüce ile yığılma diskinin iç kısmı arasında kalan geçiş bölgesinden gelmektedir. Beyaz cücenin yüzey hızı ~ 300 km/sn civarında iken yüzeyin üzerindeki bölgede maddenin dönme hızı ~ 3000 km/sn kadardır. Böylece içteki hızlı dönen maddenin beyaz cücenin yüzey hızına yakın hızlara yavaşlatılmasıyla maddenin kinetik enerjisi ısı enerjisine dönüştürülür ve böylece ışımanın gerçekleştiği bu bölge *geçiş bölgesi* olarak adlandırılır (Warner, 1995; Hellier, 2001; Uthas, 2011).

Sıcak lekenin sistemin ışıması üzerindeki etkisi baskın olarak optik bölgede görülmektedir. Şekil 2.3'te görüldüğü gibi sıcak leke, ışık eğrilerinde *yörünge hörgücü* olarak adlandırılan, büyük genlikli, tutulma sınırlarında görülen parlaklık artışı ile kendini göstermektedir. Yörünge hörgücü baskın olarak cüce novalarda görülmekte, nova benzeri ve klasik nova türlerinde ya hiç görülmemekte ya da düşük bir etkiye sahip olabilmektedir. Buna göre diske aktarılan maddenin kütlesi bakımından nova benzeri sistemler ile cüce novalar karşılaştırılırsa, nova benzeri sistemler için $\dot{M}_d = \dot{M}_2$, cüce novalar için $\dot{M}_d \ll \dot{M}_2$ ifadesi yazılabilir (Warner, 1995).



Şekil 2.3: Z Cha cüce novasının ışık eğrisi verilmiştir. Işık eğrisinin hemen altında düz çizgi ile gösterilen beyaz cücenin, kesikli çizgi ile gösterilen yığılma diskinin ve noktalar ile gösterilen sıcak lekenin ışık eğrisidir. Üç bileşenden gelen toplam ışığın ışık eğrisi yukarıda gösterilen ışık eğrisidir. Sıcak lekeden kaynaklanan yörünge hörgücü de tutulma başlangıcında kendini göstermektedir. (Warner, 1995).

Sistemin kütle aktarım oranına bağlı olarak sıcaklığı değişebilen sıcak lekenin varlığı, periyodik olmayan, kısa süreli ışık değişimlerini temsil eden flickering etkilerine sebep olmaktadır.

Cüce nova türü yıldızlarda düşük oranlı kütle aktarımı sonucunda oluşan yığılma diskinin akışkanlığı da düşük olmaktadır. Bu sebeple yığılma akımının diskle çarpışması sonucu flickering etkisi kendini göstermektedir. Yapılan diğer çalışmalar sonucunda (Vogt ve diğ., 1981; Patterson, 1981) flickering etkilerinin tutulma dışında

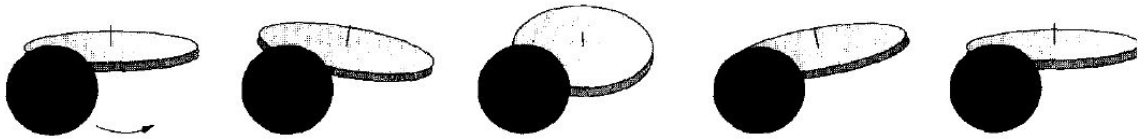
da gözlenmesinden dolayı yalnızca sıcak leke civarından gelmediği anlaşılmıştır. Tutulma gösteren nova benzeri sistemler üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda (Horne ve Stiening, 1985; O'Donoghue, Fairall, Warner, 1987) yığılma diskinin iç kısımlarından gelen flickering etkilerine rastlanmıştır. Sonuç olarak flickering etkilerinin sıcak lekeden ya da yığılma diskinin iç bölgelerinden geldiği anlaşılmıştır (Warner, 1995).

Kataklismik sistemlerde, kütle aktarım oranına bağlı olarak yığılma disklerini etkileyen farklı durumlar da mevcuttur. Düşük kütle aktarım oranlı sistemlerde diskten gelen ışınının tayfında genellikle hidrojen çizgileri ve HeI emisyon çizgileri gözlenir. Ancak yüksek kütle aktarım oranlı sistemlerin tayfına bakıldığında hidrojen ve HeI emisyon çizgilerinin yanı sıra daha yüksek sıcaklıklarda oluşan HeII $\lambda 4686$ ve CIII/NIII emisyon çizgilerine de rastlanır. Yüksek kütle aktarım oranlarından dolayı diskteki çarpışmalar artarken akışkanlıkta artar ve bu durumda disk kararlı bir yapıya kavuşmuş olur. Böyle diskler madde yoğunluğundan dolayı optikçe kalın disklerdir. Sistemin yörünge eğim açısı da diskten gelen ışınımı etkilemektedir. Yörünge eğim açısı; sistemin yörünge düzlemi ile gökküresine teğet düzlem arasındaki açı olarak tanımlanır ve $i = 0^\circ$ ise iki düzlem paralel (tutulma yok), $i = 90^\circ$ olduğunda ise düzlemler birbirine dik (tam tutulma durumu) konumdadır. Sistemin yüksek eğim açlarına sahip olması durumunda, diskin iç kısımlarının gözlemi zorlaşacağından dolayı çizgilerin şiddetleri de azalır. Ancak düşük eğim açılarında çizgilerin şiddetleri daha büyük olacaktır. Ayrıca yüksek kütle aktarım oranlı diskler nova benzeri sistemlerde gözlenir. Genellikle cüce novaların oluşturduğu düşük kütle aktarım oranlı sistemler ise, bu durumun tersine kararsız bir diske sahiptir. Yani aktarılan maddenin hızı ile diskteki maddenin dönme hızları birbirinden farklı olduğu için akışkanlık düşüktür. Madde akımının devamıyla birlikte artan kütle ve sıcaklığın etkisiyle disk içerisinde atomlar iyonlaşır ve bunun sonucunda sistemin parlaklığında bir artış olur. Bu parlaklık artışı *cüce nova patlaması* olarak adlandırılır (Warner, 1995).

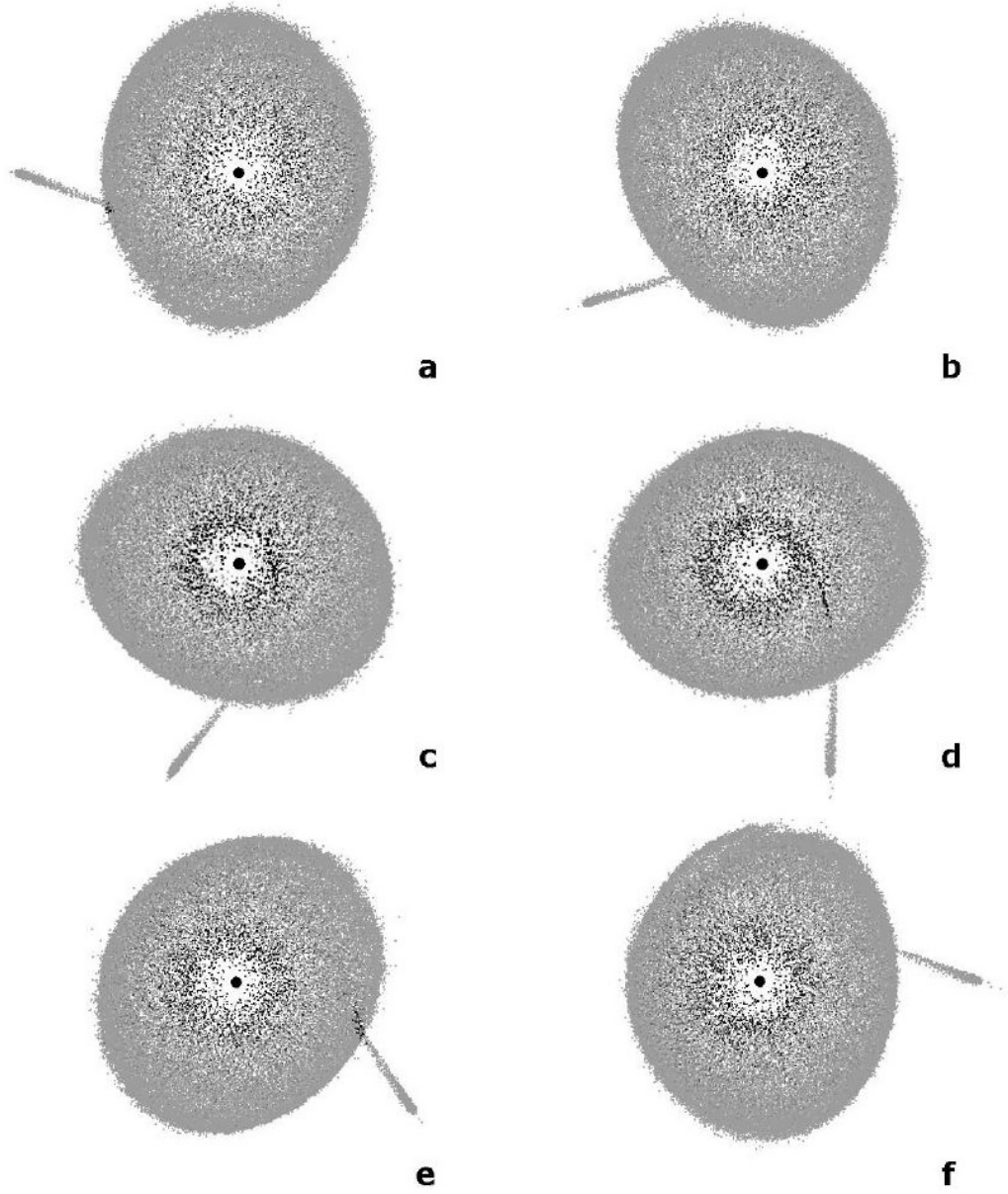
Kataklismik değişenlerin alt türleri olan cüce novalar ve nova benzeri yıldızlarda görülen yörünge periyodu haricindeki diğer bir periyodik değişim ise yığılma diskinin yapısından kaynaklanan süperhörgüçlerdir. Yığılma diskinin özelliklerine bağlı olarak ortaya çıkan süperhörgüçler; *pozitif* ve *negatif* süperhörgüçlerdir. Pozitif

süperhörgüçler, eliptik disklerin *eksen dönmesinden* (apsidal precession) kaynaklanan, yığılma akımının eliptik disk ile çarpışmasıyla ortaya çıkan parlaklık değişimleridir. Bu parlaklık değişimlerinin periyodu yörünge periyodundan daha büyüktür. Burada, eliptik diskin eksen dönmesi de bir presesyon periyoduna sahiptir. Pozitif süperhörgüç, ilk olarak VW Hyi yıldızının geçirdiği cüce nova patlaması sırasında tespit edilmiştir (Vogt, 1974). SU UMa türü cüce novalarda görülen, *süper patlamalar* olarak adlandırılan bu patlamalar diskin eliptik hale gelmesine sebep olan patlamalardır. Ayrıca, kütle oranı $q < 0,33$ olan sistemlerde bileşen yıldızın çekimsel etkileri dolayısıyla yığılma diskinin eliptik hale geldiği ve presesyon hareketine başladığı tespit edilmiştir (Whitehurst, 1988). Pozitif süperhörgüçler aynı zamanda nova benzeri değişenlerde de görülmektedir (Hellier, 2001).

Negatif süperhörgüçler; eğimli (tilted) yığılma disklerine sahip 3-4 saat yörünge periyotlu nova benzeri yıldızların birçoğunda, $P_{yör} < 3$ saat olan nova benzeri değişenlerin tümünde ve bazı SU UMa türü cüce novalarda görülen, yığılma akımı ile diskin etkileşimi sonucunda yörünge periyodundan daha kısa periyotlarda ortaya çıkan parlaklık değişimleridir (Skillman ve diğ., 1998; Montgomery, 2012). Eğimli disklerin sahip olduğu *düğüm presesyonu* (nodal precession) ise yörünge hareketinin tersi yönünde meydana gelir ve düğüm presesyonu da bir periyoda sahiptir (Bkz. Şekil 2.4). Yığılma akımının bir yörünge periyodu boyunca diskin kenarı ile çarpıştığı iki bölge vardır ve bunlar da diskin düzlemi ile yörünge düzleminin kesiştiği diskin kenarında kalan düğüm noktalarıdır. Yüksek eğim açılı sistemlerde tek bir düğüm noktası gözlenebilir. Bu noktaların dışında yığılma akımı diskin eğim açısına bağlı olarak diskin yüzeyine çarpar (Wood ve Burke, 2007; Bkz. Şekil 2.5).



Şekil 2.4: Yörünge evresini değiştirmeden eğimli yığılma diskinin presesyon hareketi gösterilmiştir. Ok ile gösterilen yön yörünge hareketini göstermektedir. Ancak diskin presesyon hareketi yörünge hareketinin tersi yönündedir (Hellier, 2001).



Şekil 2.5: Eğimli yığılma diskinin düğüm presasyonu sırasında yığılma akımının davranışı gösterilmiştir. Yığılma akımı; a’da diskin kenarına (birinci düğüm noktası), b, c, d ve e’de diskin yüzeyine ve f’de diskin diğer tarafındaki kenarına (ikinci düğüm noktası), daha sonra tekrar diskin yüzeyine ve tekrar birinci düğüm noktasına çarpar (Wood ve Burke, 2007).

Presesyon periyodu P_p ; negatif süperhörgüç periyodu P_{sh}^- olmak üzere aşağıdaki formül ile tespit edilebilir (Skilman ve diğ., 1998):

$$\frac{1}{P_p} = \frac{1}{P_{sh}^-} - \frac{1}{P_{yör}} \quad (2.3)$$

Patterson (1999) çalışmasında negatif süperhörgüçün periyot artığının (ϵ_-) pozitif süperhörgüçün periyot artığının (ϵ_+) yarısı olduğunu göstermiştir. Bu çalışmaya göre;

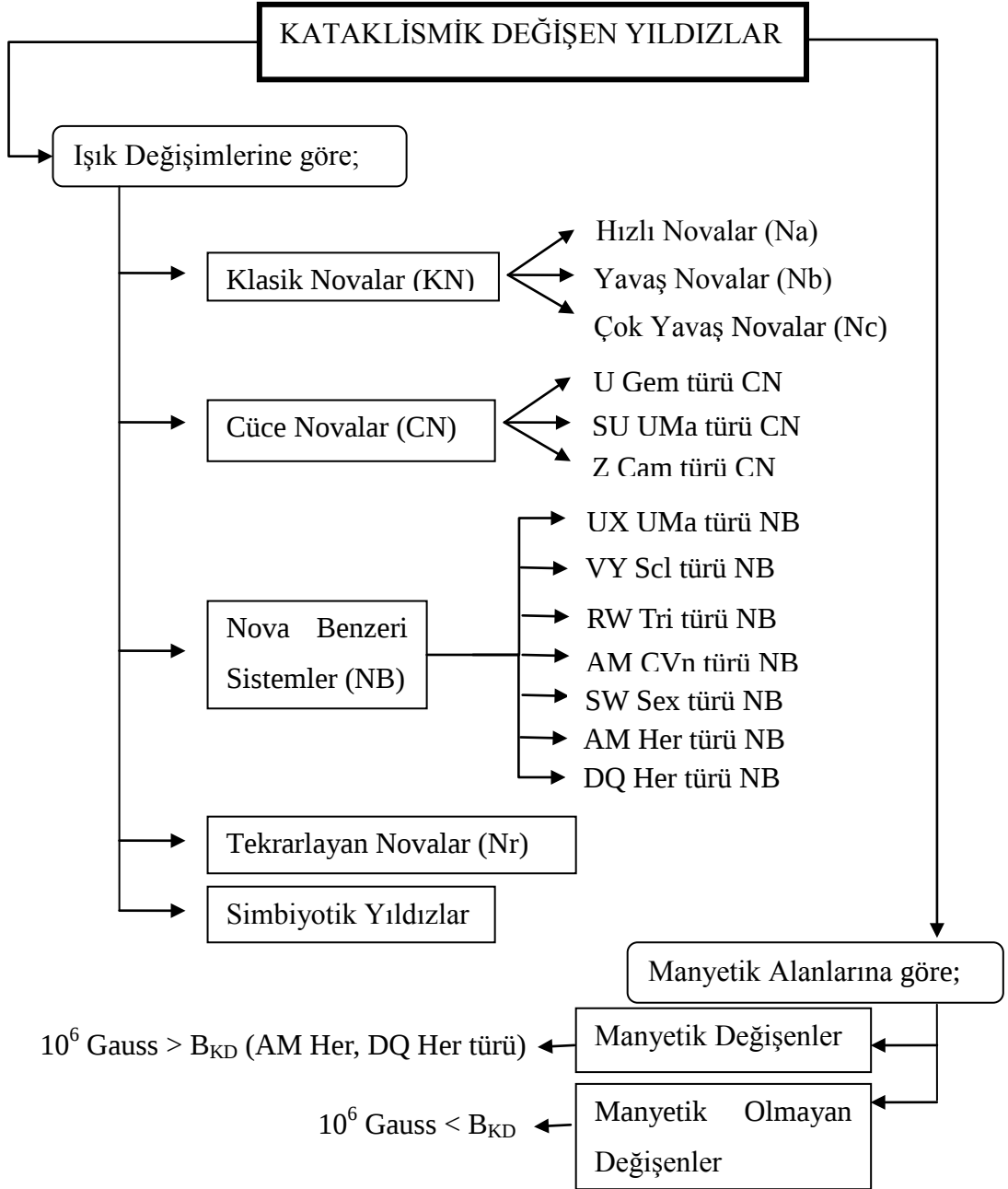
$$\epsilon_- = -0.5\epsilon_+ \quad (2.4)$$

$$\epsilon = \frac{(P_{sh} - P_{orb})}{P_{orb}} \quad (2.5)$$

denklemleri kullanılarak pozitif süperhörgüç periyodu tahmin edilebilir.

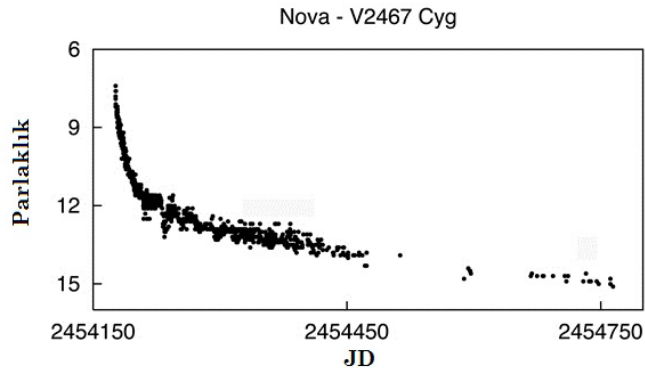
2.1.1. Katakлизмik Değişen Yıldızların Sınıflandırılması

Katakлизмik değişenler ışık değişimlerine göre; klasik novalar, cüce novalar, nova benzeri değişenler, tekrarlayan novalar, simbiyotik yıldızlar; manyetik alanlarına göre ise manyetik ve manyetik olmayan yıldızlar olarak sınıflandırılmışlardır (Bkz. Şekil 2.6) (Percy, 2007).



Şekil 2.6: Katakliksmik değişen yıldızların sınıflandırması, alt türleriyle birlikte gösterilmiştir (B_{KD}: katakliksmik değişenin manyetik alanı).

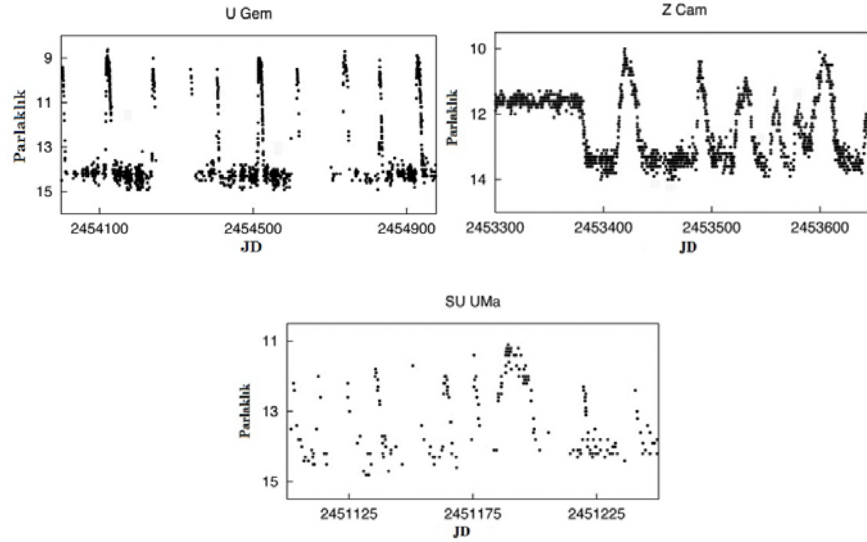
Klasik Novalar; G-K tayf türünden bileşen yıldızdan, kimyasal bileşiminde genellikle C ve O veya O, Mg ve Ne içeren beyaz cüce yüzeyine akan hidrojen zengin maddenin sebep olduğu nükleer patlamalar gösterirler. Parlaklıkları aniden yükselir ve patlama sonrasında tekrar düşmeye başlar. Novaların yaklaşık 10,000 yılda bir yeniden patladıkları düşünülmektedir. Parlaklığın 15 kadire kadar ulaşabildiği büyük genlikli patlamalar sonucunda parlaklık 100 gün veya daha kısa sürede azalır ve bu durumda nova, *hızlı nova (Na)* olarak adlandırılır (Bkz. Şekil 2.7). Daha düşük genlikli bir patlama sonucunda ise parlaklık 100 günden daha uzun sürede azalır, bu durumda da sistem, *yavaş nova (Nb)* adını alır. Novaların diğer bir alt grubu ise *çok yavaş novalar (Nc)* olarak adlandırılırlar. Bu sistemler maksimum parlaklıkta yıllarca kalabilirler (Percy, 2007; AAVSO).



Şekil 2.7: V2467 Cyg hızlı novasının uzun dönemli ışık eğrisi¹.

Cüce Novalar; G-K-M tayf türünden bileşen yıldız ile bir beyaz cücenin oluşturduğu çift sistemlerdir. U Gem, SU UMa ve Z Cam yıldızları olmak üzere üç alt sınıftan oluşmaktadır (Bkz. Şekil 2.8). Keşfedilen ilk cüce nova U Gem yıldızdır. Bu sistemler yığılma diskindeki kararsızlıklardan ortaya çıkan yarı düzenli patlamalar gösterirler. Patlama ile parlaklıkları 2-6 kadire kadar ani bir artış gösterir ve $10^{38} - 10^{39}$ erg kadar bir enerji açığa çıkar. Patlama çevrimleri genel olarak 30-500 gün aralığında değişmektedir (Percy, 2007; AAVSO).

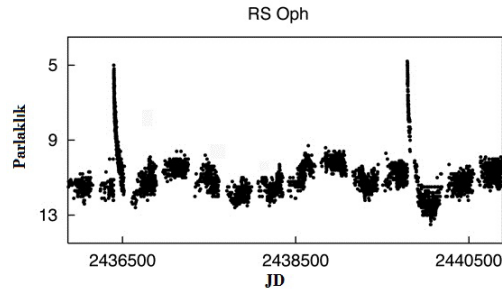
¹<http://www.aavso.org/sites/default/files/images/lightcurves/v2467cyg.jpg>, 05.04.2014 15:05



Şekil 2.8: U Gem, Z Cam ve SU UMa cüce novalarının uzun dönemli ışık eğrileri².

Nova Benzeri Değişenler; fotometrik ve tayfsal özellikleri dolayısıyla novalarla benzerlik gösteren etkileşen çift sistemlerdir. Bu grup değişenler, şimdiye kadar hiç patlama göstermemiş ya da nova benzeri patlama gösteren yıldızlardan oluşmaktadır. Bu yıldızlarla ilgili yapılan detaylı çalışmalar sonucunda yeniden sınıflandırılmaları mümkün olabilmektedir (Bkz. Bölüm 2.3).

Tekrarlayan Novalar; klasik novalardan farklı olarak patlama periyotları birkaç 10 yıl mertebesinde olan sistemlerdir (AAVSO). Aynı zamanda patlama genlikleri klasik novalara oranla daha küçüktür (Bkz. Şekil 2.9).

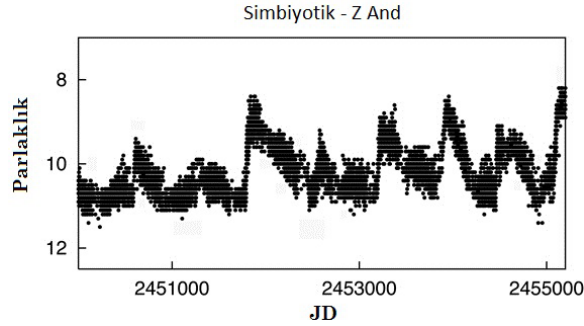


Şekil 2.9: RS Oph tekrarlayan novasının uzun dönemli ışık eğrisi³.

² <http://www.aavso.org/types-variables>, 05.04.2014 15:06

³ <http://www.aavso.org/sites/default/files/images/lightcurves/rsoph.jpg>, 05.04.2014 15:06

Simbiyotik Yıldızlar; uzun yörünge periyotlu kırmızı dev yıldız ile sıcak alt cüce yıldızının oluşturduğu etkileşen çift sistemlerdir. Bileşenleri sistem etrafındaki büyük bir kabuk içine gömülmüştür. Yarı düzenli ve nova benzeri patlamalar gösterirler. Çok yavaş nova olarak da sınıflandırılabilirler. Bu sistemler aynı zamanda *Z And yıldızları* olarak da adlandırılırlar (Bkz. Şekil 2.10) (AAVSO).



Şekil 2.10: Z And simbiyotik yıldızının uzun dönemli ışık eğrisi⁴.

Manyetik Kataklişik Değişenler; beyaz cüce bileşeninin manyetik alanının 10^6 Gauss'tan daha büyük olduğu yarı ayırık çift sistemlerdir. Bu sistemlerde, bileşen yıldızdan beyaz cüceye doğru aktarılan madde, yüksek manyetik alanın etkisiyle alan çizgileri boyunca beyaz cücenin kutuplarına ulaşır. Beyaz cüceyle etkileşimin olduğu bölgelerde X-ışını üretilir. Manyetik alanın şiddetine göre DQ Her yıldızları ($10^6 \leq B_{KD} \leq 10^7$ Gauss, Intermediate Polar) ve AM Her yıldızları ($B_{KD} \geq 10^7$ Gauss, Polar) olmak üzere iki alt gruba ayrılırlar (Hellier, 2001).

2.2. KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLARIN EVRİMİ

Genel bir tanımla çift sistemler, kütlesi $0,4-1,5 M_{\odot}$ (Mestel, 1968) civarında olan Güneş benzeri ve $1-10 M_{\odot}$ (Warner, 1995) olan orta kütleli bir anakol yıldızından oluşuyorsa, evrimlerinin son aşamalarında kataklistik değişen yıldız olurlar. Böyle sistemler, aralarındaki uzaklık $a \geq 50R_{\odot}$ (Warner, 1995) olan ve ~ 10 yıl süren yörünge periyotlarına sahip ayırık sistemlerdir. Sistemin büyük kütleli bileşeni anakoldan daha hızlı evrimleşerek kırmızı dev bir yıldıza dönüşür ve Roche lobunu doldurur. Böylece düşük kütleli bileşene doğru kütle aktarımı başlar ve aktarılan madde sistemden aldığı

⁴ <http://www.aavso.org/sites/default/files/images/lightcurves/zand.jpg>, 05.04.2014 15:06

açısall momentum ile kütle merkezinden daha uzağa taşınır. Büyük kütleli bileşenin Roche lobu büzülür ve yıldızın yarıçapı kütle transferi ile dengeli bir şekilde küçülemediği zaman yıldız Roche lobundan daha büyük olur. Böylece daha hızlı bir şekilde madde aktarmaya başlar. Bileşen üzerine madde aktarımı, sistemin ömrüyle karşılaştırıldığında oldukça kısa bir sürede, çok yüksek miktarlarda gerçekleşir ve bileşen yıldız böyle bir madde akımını kaldıramaz. Gerçekleştirilen kararsız kütle aktarımı sonucunda sistem etrafında *ortak zarf* oluşur. Bu evrede bileşenler ve zarf maddesi arasında oluşan sürtünme ile kaybedilen yörünge açısall momentumu bileşen yıldızın zarfının atılmasında kullanılır. Bunun sonucunda sistem gezegenimsi bulutsuya dönüşür. Zarfın atılmasıyla kaybedilen açısall momentum sistemin yörüngesinin de küçülmesine sebep olur. Diğer evrelere göre çok kısa süren ($10^3 - 10^4$ yıl; Warner, 1995) ortak zarf evresi sonrası bileşenler arasındaki uzaklık $\sim 1 R_0$ 'e kadar küçülür. Sonuç olarak başyıldız artık bir beyaz cücedir. Sistem, bir beyaz cüce ve düşük kütleli bileşen yıldız ile birlikte (eğer aralarındaki uzaklık kütle transferini başlatacak kadar küçülmediyse) yeniden ayrık bir sistem haline gelir. Bu aşamadan sonra sistemin yarı etkileşen çift sistem olabilmesi için iki yol vardır: Bunlardan biri, bileşen yıldızın evrimleşerek kırmızı dev yıldız haline gelmesi ve genişleyerek Roche lobunu doldurmasıdır. Diğerisi ise, açısall momentum kayıp mekanizmalarıyla yörünge açısall momentumunu kaybederek yörüngesini küçültmesidir. Sistem yarı etkileşen hale geldiğinde, yani bileşen yıldız Roche lobunu doldurduğunda başlayan madde aktarımı ile beyaz cüce etrafında bir disk meydana gelir. Bu diske yığılma diski adı verilir. Yığılma diskinin üzerine düşen madde, disk ile etkileştiği noktada, etkileşimden kaynaklanan yüksek sıcaklık sebebiyle sıcak leke denilen bölgeyi oluşturur (Warner, 1995; Hellier, 2001). Sonuç olarak, böyle çift sistemler yukarıda anlatılan aşamaları tamamladıklarında kataklismik değişen sistem olarak adlandırılırlar (Uthas, 2011).

2.2.1. Açısall Momentum Kayıp Mekanizmaları

Kataklismik değişen yıldızların evrimi, Standart Evrim Modeli'ne göre anlaşılmasına çalışılmıştır (Knigge, 2011). Bu modele göre; kataklismik değişenler, bileşen yıldızdan beyaz cüceye doğru kütle aktarımı gerçekleştirirler. Sistemler toplam açısall momentumunu koruması gerekirken açısall momentum kaybetmektedirler. Böylece uzun periyotlardan kısa periyotlara evrimleşerek yörüngelerini küçültürler. Bu süreç için iki

tür açısal momentum kayıp mekanizması öne sürülmüştür. Bunlar manyetik frenleme ve kütle çekimsel ışıma mekanizmalarıdır.

2.2.1.1. Manyetik Frenleme

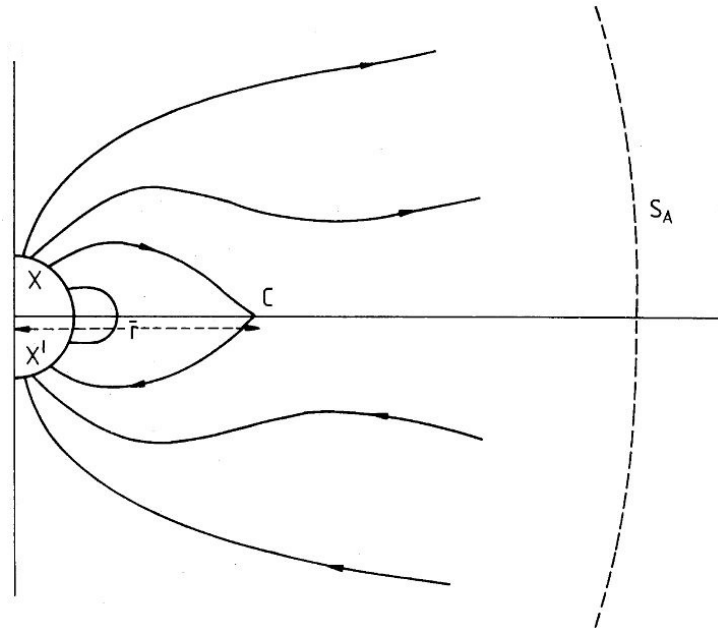
Manyetik frenleme mekanizması, kataklismik değişen yıldızlarda görülen, toplam yörünge açısal momentumu kaybının nedenlerinin açıklanmasına olanak sağlayan Standart Evrim Modeli'nin öngördüğü mekanizmalardan biridir. $P_{yör} > 3$ saat olan kataklismik değişenlerde, kütle aktarımı yüksek oranlarda gerçekleşmektedir ($10^{-8} - 10^{-9} M_{\odot}/yıl$). Yüksek oranlı kütle aktarımına bağlı olarak kaybedilen açısal momentum kaybını en iyi açıklayan mekanizma ise manyetik frenleme mekanizmasıdır (Verbunt ve Zwaan, 1981; Pacynski, 1981; Rappaport ve diğ., 1983; Patterson 1984). (Güneşin kütle kaybı $10^{-14} M_{\odot}/yıl$ kadardır.)

Kısmen konvektif yıldızlarda güçlü poloidal manyetik alanın radyatif çekirdek ile konvektif zarf arasındaki geçiş katmanında üretildiği düşünülmektedir. Böyle yıldızlar hızlı dönen ve güçlü manyetik alana sahip yıldızlardır. Manyetik alanın geometrisini yıldız rüzgârları belirler. Yıldızın koronasındaki yüksek sıcaklık, koronayı yıldızdan uzaklaşmaya zorlar ve manyetik alan çizgileri boyunca uzanan yıldız rüzgârlarının oluşmasına neden olur. Yıldız rüzgârlarının yapısının anlaşılabilmesi için Güneş üzerinde yapılan çalışmalarda, Güneş rüzgârlarının Alfvén yarıçapında ($100 R_{\odot}$) manyetik alan çizgileriyle birlikte dönmeye zorlanmasıyla Güneş'e frenleme torku uygulandığı ve açısal momentumun kaybı ile Güneş'in dönme hızında azalma olduğu görülmüştür (Weber ve Davis, 1967; Warner, 1995). Burada Alfvén yarıçapı (R_A); manyetik alan çizgileri boyunca uzanan iyonize yıldız rüzgârının sahip olduğu manyetik basıncın gaz basıncını yendiği uzaklık değeridir. Tek yıldızlar için manyetik frenleme ile açısal momentum kaybı şu şekilde ifade edilir:

$$\dot{J}_{rüzgar} = \frac{2}{3} \dot{M}_{rüzgâr} R^2 \Omega_{dönme} \left[\frac{R_A}{R} \right]^n \quad (2.6)$$

Bu ifadeye göre yıldız rüzgârlarıyla açısal momentum kaybı ($\dot{J}_{rüzgar}$); rüzgârların kütlesine ($\dot{M}_{rüzgâr}$), yıldızın yarıçapına (R), açısal hızına ($\Omega_{dönme}$) ve alan geometrisine (n) bağlıdır (Warner, 1995). (n = alan geometrisi parametresi; 1: radyal alan, 2: dipol alan)

Güneş rüzgârlarıyla manyetik frenleme mekanizmasının anlaşılabilmesi için Şekil 2.11'deki gibi iki bileşenli koronal yapı modeli oluşturulmuştur. Bu iki bileşen, yıldıza en yakın olan, yani en içteki kapalı alan çizgili bölge (dipol alan) ve açık alan çizgili bölgeden (radyal alan) oluşur. S_A ile gösterilen bölge Alfvén yüzeyini temsil etmektedir. Yıldız rüzgârları, Alfvén yüzeyini geçecek kadar kuvvetli bir manyetik basınca sahip olduğunda yıldıza frenleme torku uygulanır ve yıldız açısal momentum kaybeder (Mestel, 1968; Mestel, 1984; Mestel ve Spruit, 1987; Warner;1995).



Şekil 2.11: Yıldızın $\bar{r}$ uzaklığına kadar CXX' bölgesi ile sınırlandırılmış olan kapalı alan çizgilerinin bulunduğu bölge; manyetik frenlemenin etkisinin en az olduğu bölgedir ve açısal momentum kaybına katkıda bulunamaz.

Genişleyen sıcak korona, termal basınç gradyenti ve merkezkaç ivmesi tarafından yönlendirilir ve dışta açık manyetik alanlı bölgeyi oluşturur. Burası yıldız rüzgârlarının olduğu bölgedir. Eğer yıldız rüzgârları, Alfvén yüzeyini (S_A) geçecek kadar kuvvetli bir manyetik basınca sahipse yıldıza frenleme torku uygulanır ve yıldız açısal momentum kaybeder (Mestel ve Spruit, 1987).

Kataklismik değişenler yıldızlar da genellikle kısmen konvektif düşük kütleli bileşen yıldızla sahiptir. Tek yıldızlardaki manyetik frenleme mekanizmasının kataklismik değişenlerde de geçerli olduğu varsayılırsa şu sonuçlar ortaya çıkar: Manyetik alana bağlı olarak oluşan yıldız rüzgârlarının meydana getirdiği manyetik frenleme mekanizması ile bileşen yıldız açısal momentum kaybeder. Yörünge hareketi ile bileşen yıldızın dönme hareketi çekimsel kilitlenme etkisinde oldukları için bu durum, sistemin açısal momentumunun da azalmasına neden olur (Mestel, 1968). Yörünge periyodunun 3 saatin altına düşmesiyle zarf dinamosunun etkisi azalır ve bileşen yıldız tam konvektif hale gelir ($M_2 \sim 0.3 M_\odot$; Howell ve diğ., 1997). Böylece manyetik frenlemenin de etkisi azalır. Bu da kütle aktarım oranında hızlı bir düşüşe sebep olur ve sonunda kütle aktarımı kesilir. Sistem artık gözlemsel olarak kataklismik değişen gibi tanımlanamaz. Bu aşamada sistem periyot boşluğundadır. Bileşen yıldız Roche lobundan ayrılır ve sistemin açısal momentum kaybı için kütle çekimsel ışıınım mekanizması baskın hale gelir (Knigge, 2011).

Uzun periyotlarda bileşen yıldızdan beyaz cüceye yüksek oranlarda kütle aktarımının devamlılığı, bileşenin çapı anakol çapından daha büyük olduğu için termal denge dışında sürdürülür. Kütle aktarımı durduğunda bileşen termal dengeye ulaşır. Yörünge periyodu ~ 2 saat olduğunda bileşen yıldız tekrar Roche lobuna değer ve kütle transferi tekrar başlar (Verbunt ve Zwaan, 1981; Rappaport ve diğ., 1983; Zangrilli ve diğ. 1997; Knigge, 2011).

2.2.1.2. Kütle Çekimsel Işıma

Kataklismik değişen yıldızlar, $P_{yör} < 3$ saat olduğunda tamamen konvektif hale gelir ve artık manyetik frenleme mekanizması ile açısal momentum kaybı sağlanamaz. Bu aşamadan sonra, yörüngesel açısal momentum kaybının devamı için baskın hale gelen mekanizma kütle çekimsel ışıma mekanizmasıdır. Genel görelilik kuramına göre bu sistemlerin kütleleri, uzay-zaman düzlemini bükerek ve yörünge hareketleri sırasında ritmik olarak yayılan dalgalanmalara yol açarlar. Bu dalgalanmalar, yörünge açısal momentumundan alınan enerji ile açığa çıkarlar. Bu durum, yörünge (aynı zamanda yörünge periyodunun) küçülmesiyle birlikte bileşen yıldızın Roche lobunun büzülmesine ve $P_{yör} < 2$ saat olduğunda kütle transferinin tekrar başlamasına yol açar (Kraft ve diğ., 1962; Paczynski ve Sienkiewicz, 1981; Rappaport ve diğ., 1982).

Kütle çekimsel ışıma mekanizması ile açısal momentum kaybı şöyle ifade edilir:

$$\frac{j}{J} = - \frac{32G^{7/2}}{5c^5} \frac{(M_1 M_2)^2}{a^4 (M_1 + M_2)^2} \quad (2.7)$$

Burada, j ; kaybedilen yörünge açısal momentumu, J ; sistemin yörünge açısal momentumu, G ; evrensel çekim sabiti, c ; ışık hızı, a ; yörünge açıklığı, M_1 ; beyaz cücenin kütlesi, M_2 ; bileşen yıldızın kütlesi olarak tanımlanır.

Manyetik frenleme mekanizması ile kaybedilen açısal momentum miktarına bağlı olarak kütle aktarım miktarı ($\sim 10^{-8} - 10^{-9} M_{\odot}/\text{yıl}$), kütle çekimsel ışıma mekanizmasına bağlı olarak aktarılan kütlenin miktarından ($\sim 10^{-10} - 10^{-11} M_{\odot}/\text{yıl}$) daha fazladır (Patterson, 1998; Littlefair ve diğ., 2008; Townsley ve Gänsicke, 2009). Sonuç olarak manyetik frenleme mekanizması, kataklismik değişen sistemin evrimini kütle çekimsel ışıma mekanizmasına göre daha fazla etkileyecektir.

2.2.2. Kütle Aktarımı ile Açısal Momentum Değişimi

Kataklismik değişen yıldızların evrimi ile ilgili olarak önemle değinilmesi gereken konular, kütle aktarımı ve açısal momentum kaybıdır. Kütle aktarımına bağlı olarak sistemin yörünge açısal momentumunun değişimi aşağıdaki gibi ifade edilir (Warner, 1995):

M_1 ; beyaz cücenin kütlesi, M_2 ; bileşen yıldızının kütlesi, G ; evrensel kütle çekim sabiti, a ; yörünge açıklığı olmak üzere, bir çift sistem için toplam yörünge açısal momentumu:

$$J_{yör} = \frac{G^{1/2} M_1 M_2}{M_1 + M_2} a^{1/2} \quad (2.8)$$

şeklinde ifade edilir.

Kepler'in üçüncü kanunu kullanılarak bu ifade değiştirilebilir:

$$\frac{P^2}{a^3} = \frac{4\pi^2}{G[M_1 + M_2]} \quad (2.9)$$

$$\frac{2\pi}{P} = \sqrt{\frac{G[M_1+M_2]}{a^3}} = \Omega_{yör} \quad (2.10)$$

Burada, P ; yörünge periyodu, $\Omega_{yör}$; yörünge açısal hızı olarak tanımlanır.

O halde denklem şu şekilde yazılmalıdır:

$$J_{yör} = \frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} a^2 \Omega_{yör} \quad (2.11)$$

J_2 ; bileşenin açısal momentumu, k_2 ; bileşenin eylemsizlik yarıçapı, R_2 ; bileşenin yarıçapı olmak üzere, çift yıldız sisteminin kütle merkezi etrafında dönen bileşenin açısal momentumu aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$J_2 = M_2 k_2^2 R_2^2 \Omega_{yör} \quad (2.12)$$

Bileşen yıldızın yarıçapı R_2 değeri, Roche lobunun yarıçapı olarak düşünülürse ($R_2 = R_L$),

$$\frac{R_L}{a} = 0,462 \left(\frac{q}{1+q} \right)^{1/3} \quad (\text{Paczynski, 1971}) \quad (2.13)$$

olmak üzere bileşenin açısal momentumu toplam yörünge açısal momentumu ile oranlandığında,

$$\frac{J_2}{J_{yör}} \approx 0.21 k_2^2 (1+q)^3 q^{2/3} \quad (2.14)$$

şeklinde yazılır. Burada düşük kütleli anakol yıldızları için bileşenin eylemsizlik yarıçapı $k_2 \approx 0,45$ olarak kabul edilir ve

$$\frac{J_2}{J} < 0,03 \quad (2.15)$$

olarak bulunur. Bu da bileşenin açısal momentumunun, yani j_2 'nin ihmal edilebileceği anlamına gelir. Sistemin toplam açısal momentumu J_t , dönme ve yörünge açısal momentumlarının toplamı olacak şekilde ifade edilirse;

$$J_t = J_{yör} + J_1 + J_2 \quad (2.16)$$

olur. Burada dönme açısal momentumu çok küçük olduğu için ihmal edilir.

Bir çift yıldız sisteminin toplam yörünge açısal momentumunun ve toplam kütesinin korunduğu varsayılırsa, kütle aktarımının etkisi altında yörünge periyodu ve yörünge açıklığı; q : sistemin kütle oranı M_2/M_1 , $\dot{a}$: yörünge açıklığının değişimi, $\dot{P}$: yörünge periyodunun değişimi ve $\dot{M}_2$: bileşen yıldızın kütesinin değişimi olmak üzere şu şekilde yazılır:

$$\frac{\dot{a}}{a} = 2(q - 1) \frac{\dot{M}_2}{M_2} \quad (2.17)$$

$$\frac{\dot{P}}{P} = 3(q - 1) \frac{\dot{M}_2}{M_2} \quad (2.18)$$

2.17 ve 2.18 denklemleri kataklismik değişen yıldızlara göre yorumlanabilir. Bu yıldızlar için bileşenin kütlesi beyaz cücenin kütesinden daha az olduğu için sistemin kütle oranı $q < 1$ 'dir. O halde, toplam açısal momentum ve toplam kütle korunması durumunda, bileşenden beyaz cüceye doğru akan maddenin kütle merkezi civarında toplanmasıyla sistemin yörüngesindeki değişiklikler, yörünge açıklığı (a) ve yörünge periyodunun (P) artmasıyla sonuçlanmalıdır.

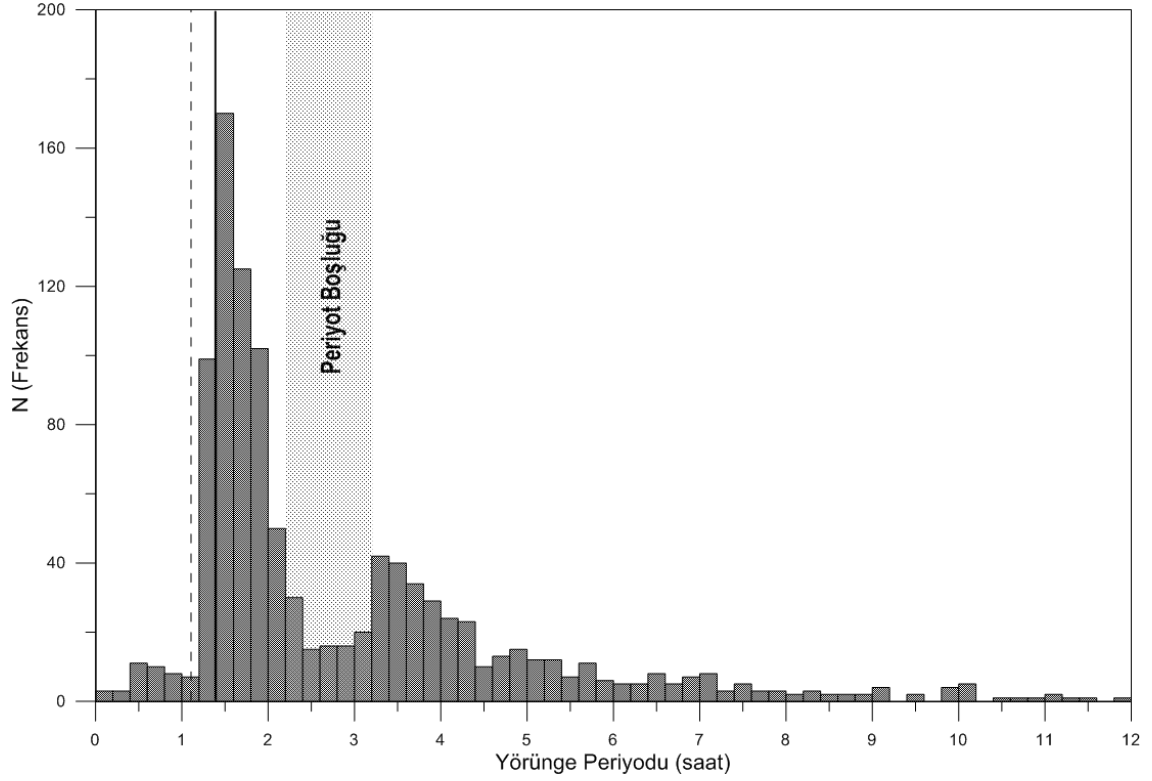
Kütle transferinin devamlılığı ile birlikte q daha da azalır ve bileşenin Roche lobu giderek küçülür. Bu durumda,

$$\frac{R_{L(2)}}{R_{L(2)}} = \left(2q - \frac{5}{3}\right) \frac{\dot{M}_2}{M_2} \quad (2.19)$$

denklemine göre, bileşenin Roche lobu ancak $q = 5/6$ olana kadar küçülmelidir. Bu sonuca göre kütle transferi bu değerde durmalıdır. Fakat gözlemsel olarak durum böyle değildir. Aksine kütle aktarımı devam etmekte ve Roche lobu giderek küçülmektedir. Böylece a ve P değeri de azalmaktadır. O halde bu sonuçlara göre sistemin yörüngesinin küçülmesi için açısal momentum kaybetmesi gerekmektedir. Yani korunum denklemleri ile gözlemsel sonuçlar birbiriyle uyuşmamaktadır (Warner, 1995).

2.2.3. Yörünge Periyotlarının Dağılımı

Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğu kullanılarak yörünge periyodu bilinen 1049 kataklismik değişen yıldızın periyot dağılımları incelenmiş ve yörünge periyodu – frekans dağılımı Şekil 2.12’deki gibi gösterilmiştir.



Şekil 2.12: Kataklismik değişenlerin Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğu kullanılarak oluşturulmuş yörünge periyodu - frekans dağılımı gösterilmiştir. Kesikli çizgi ile gösterilen periyot değeri kuramsal olarak belirlenmiş $P_{min} = 65$ dakika (Kolb, 1993) değerini, kalın çizgi ile gösterilen periyot değeri gözlemsel olarak belirlenmiş $P_{min} = 82$ dakika (Gänsicke ve diğ., 2009) değerini ve yaklaşık 2 - 3 saat periyot aralığını temsil eden koyu bölge ise periyot boşluğunu göstermektedir.

$P_{yör} > 3$ saat olduğu bölgelerde, yani uzun periyotlara doğru gidildikçe kataklismik değişen sayısında giderek azalma görülmektedir. Kataklismik sistemler bu bölgelerde, bileşen yıldızdan beyaz cüceye yüksek oranda kütle aktarımı gerçekleştirir. Açısal momentum kaybı baskın olarak manyetik frenleme mekanizması ile sürdürülür. $P_{yör} > 6$ saat olan bölgelerde bileşen yıldız, kütlelerinin büyüklüğünden dolayı evrimleşerek dev bir yıldız haline gelir ve anakoldan ayrılır. Bu nedenle, uzun periyotlu ve bileşeni evrimleşmemiş kataklismik değişenler için $P_{yör} \leq 6$ saat olacak şekilde bir üst sınır öne sürülmektedir (Knigge, 2006; Knigge ve diğ., 2011; Ritter, 2012).

$2 < P_{yör} < 3$ saat olduğu aralıkta kataklismik değişen sayısında ciddi bir azalma görülmektedir. Bu aralık periyot boşluğu olarak adlandırılır. Standart Evrim Modeli'ne göre $P_{yör} < 3$ saat olduğunda manyetik frenlemenin kesilmesiyle kütle aktarımı durur ya da azalır ve bileşen yıldız termal denge yarıçapına büzülür. Böylece bileşen yıldız Roche lobundan ayrılır. Sistem bu aşamada artık kataklismik değişen yıldız olarak gözlenemez. Açısal momentum kaybının devamlılığı baskın olarak kütle çekimsel ışıma mekanizması ile sağlanır. Sistemin yörüngesi ve bileşenin Roche lobu büzülmeye devam eder. Bileşenin termal dengeye ulaşması Roche lobunun büzülmesinden daha hızlı gerçekleşir. Boşluğun alt sınırında termal denge yarıçapı ve Roche lobu yarıçapı dengelendiğinde kütle aktarımı tekrar başlar. Sistemlerin periyot boşluğunda kalma süreleri 10^8 yıl kadar sürmektedir (Knigge, 2011). Periyot boşluğu kuramsal olarak $2,15 \leq P_{yör} \leq 3,18$ saat aralığındadır (Knigge, 2006). Bu değerlere göre oluşturulan Şekil 2.12'de periyot boşluğu içerisindeki sistemler, tüm kataloğun yaklaşık olarak %9'unu oluşturmaktadır. Daha önceki kataloglarla karşılaştırıldığında boşluktaki sistem sayısında önemli bir artış olduğu görülmektedir. Fakat dağılımın geneline bakıldığında yine de bu periyot aralığındaki sistem sayısındaki eksiklik önemli ölçüde göze çarpmaktadır.

$P_{yör} < 2$ saat olan bölgelerde ise sistem, yörünge açısal momentum kaybıyla küçülmüş, bileşen yıldız tekrar Roche lobunu doldurarak kütle aktarımına başlamıştır. Bu periyotlarda açısal momentum kaybı, kütle çekimsel ışıma mekanizması ile gerçekleşir ve bu nedenle kısa periyotlu olan bu sistemler için evrimsel süreç, uzun periyotlu sistemlere göre daha yavaştır. Daha küçük periyotlara doğru gidildiğinde kataklismik değişen yıldız sayısı periyot boşluğuna göre ciddi bir şekilde artış göstermektedir. Ayrıca bileşen yıldızın evrimine bağlı olarak, kuramsal olarak ~65 dakika (Kolb, 1993) yörünge periyodu civarında kataklismik değişen sayısında ani bir azalma görülmektedir. Bileşen yıldızın kütlesi $M_2 \leq 0,08 M_\odot$ olduğunda yıldız, hidrojen yakmayı durdurmuş, tamamen dejenere ve hidrojen zengin beyaz cüce benzeri bir yıldız dönüşmüştür (Knigge, 2011). Kütle kaybını sürdüren yıldız genişlemeye başlar. Bu genişleme sonucu sistem daha büyük yörünge periyotlarına doğru evrimleşmeye başlar. Bu durumun gerçekleştiği periyot, *periyot minimumuna* karşılık gelir. Bu değer kuramsal olarak ~65 dakika olarak verilse de gözlemlerle elde edilen değer $82 \pm 0,7$ dakika (Gänsicke ve diğ., 2009) civarındadır. Periyot minimumundan sonra yön değiştiren bu tür sistemler

period bouncers (periyot sıçrayıcıları) olarak adlandırılırlar. Bu sistemler kütle transfer oranlarını giderek azaltır ve sonunda sistem gözlenebilmesi son derece güç, çok sönük olan bir beyaz cüce ve kütlesi $\sim 0,02 - 0,06 M_{\odot}$ ($\sim 20 - 60$ Jüpiter kütlesi) olan Jüpiter benzeri yıldızimsı cisimden oluşan bir sisteme dönüşür (Warner, 1995; Politano ve diğ., 1996; Howell ve diğ., 1997; Kolb ve Baraffe, 1999).

Standart Evrim Modeli'nin öngördüğü periyot minimumu yaklaşımına göre, evrimsel süreç kısa periyotlu sistemler için yavaşsa, kataklismik değişenlerin yaklaşık %99'unun periyot boşluğunun altında, %70'inin ise periyot minimumunu geçmiş olması gerekmektedir (Kolb, 1993; Howell ve diğ., 1997; Uthas, 2011). Bu kuram *period bouncers* yaklaşımını doğrular niteliktedir. Ancak Şekil 2.12'ye bakıldığında uzun yörünge periyotlu sistemlerin sayıca fazlalığı, modelin öngörüsüyle uyuşmamaktadır. Bu durum, sistemlerin gözlemsel şartları sağlayamayacak kadar sönük olmalarıyla açıklanabilir.

Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğuna göre oluşturulan Şekil 2.12'ye bakıldığında periyot minimumu yakınlarında *periyot doruğu* olarak adlandırılan bir maksimum görülmektedir (Kolb ve Baraffe, 1999). Ritter ve Kolb'un daha önceki katalog çalışmalarına bakıldığında sistemlerin oldukça sönük olmasından dolayı, o tarihlerde sahip olunan gözlem imkânlarına göre böyle bir maksimumla karşılaşılmamıştır. Ancak gelişen gökyüzü taramaları ve uzun dönemli gözlemler bu maksimumun varlığını ortaya koymuştur. Periyot doruğunun keşfi, *period bouncers* yaklaşımını daha da geçerli kılmaktadır (Uthas, 2011; Knigge, 2011).

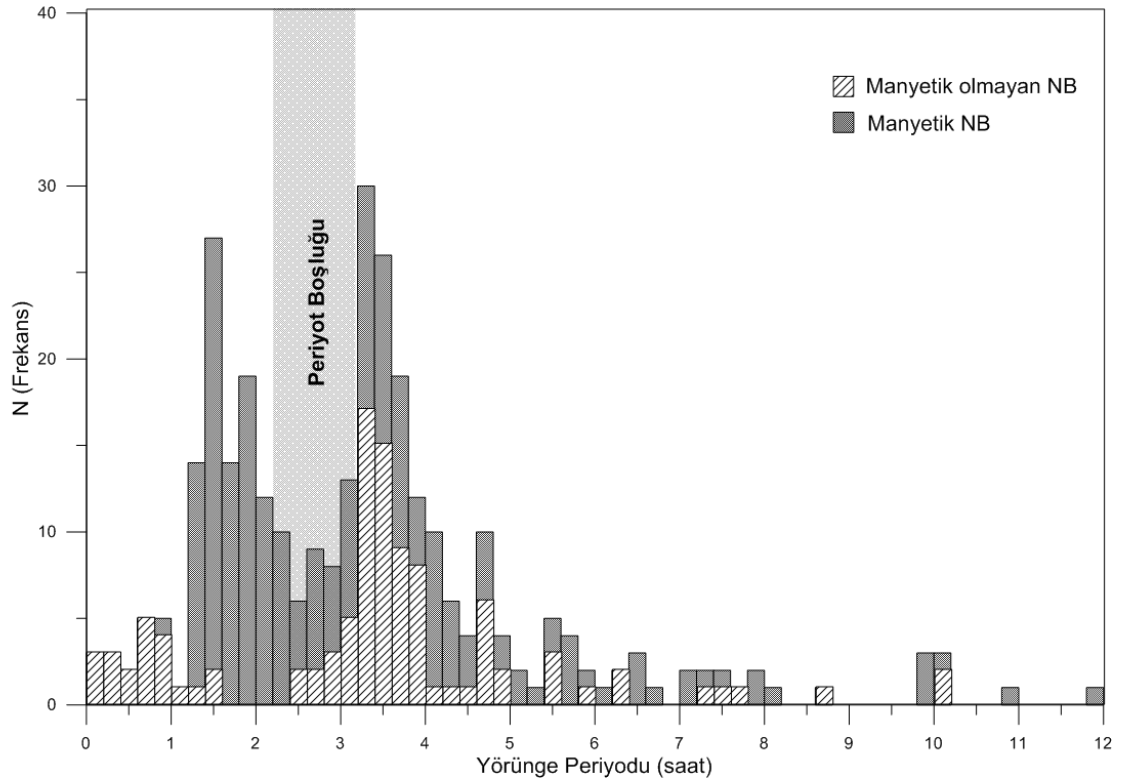
$P_{yör} < P_{min}$ olan bölgelerdeki sistemler AM CVn (AM Canum Venaticorum) yıldızları olarak adlandırılırlar. Bu yıldızlar helyum bakımından zengin, sıkışık, düşük kütle aktarım oranlarına sahip ve oldukça sönük yıldızlardır. Bu sistemlerin sayıları SDSS (Sloan Digital Sky Survey) gibi gökyüzü tarama projeleri sayesinde artmıştır.

2.3. NOVA BENZERİ DEĞİŞEN YILDIZLAR

Nova benzeri değişen yıldızlar, fotometrik ve tayfsal özellikleri dolayısıyla sakin dönemdeki novalarla benzerlik gösteren kataklismik değişen yıldızlardır. Bu sistemler klasik novalarinkine benzer patlamalar geçirmezler. Bu sistemlerde sürekli bir ışıma vardır. Nova benzeri sistemlerin nova öncesi ya da sonrası cisimler olabileceği

düşünülmektedir. Yüksek kütle aktarım oranlarına (ortalama olarak $\sim 9,3 \times 10^{-9} M_{\odot}/\text{yıl}$; Puebla ve diğ, 2007; Ballouz ve Sion, 2009) sahip olmaları dolayısıyla yığılma diskleri kararlı bir yapı gösterir. Bu sebeple diskteki yüksek sıcaklıklardan dolayı madde yüksek seviyede iyonize halde bulunur. Sistemden gelen ışımayı baskın olarak yığılma diskinden gelen ışıma oluşturur.

Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğu kullanılarak nova benzeri değişen yıldızların yörünge periyodu dağılımını göstermek amacıyla oluşturulan Şekil 2.13’de manyetik olmayan sistemlerin büyük çoğunluğu 3 saatten daha büyük yörünge periyotlarına sahiptir.



Şekil 2.13: Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğundan alınan 315 nova benzeri kataklismik değişen için oluşturulmuş yörünge periyot dağılımı gösterilmiştir.

Nova benzeri değişenler, tayfsal olarak incelendiğinde disk yapısından kaynaklı bazı özelliklerle karşılaşılabılır. Bu sistemler tayflarında, hidrojen çizgileri ve HeI çizgileri ve sahip oldukları yüksek kütle aktarım oranlarından dolayı güçlü HeII $\lambda 4686$ çizgileri

gösterirler. Bu çizgilerin yanı sıra aynı zamanda güçlü CIII/NIII çizgileri de görülmektedir.

Yığılma diskinin ısımaya katkısının çok büyük olduğu nova benzeri sistemlerde sistemin eğim açısı yüksek olsa bile bileşen yıldızın tayfını elde etmek zordur. Ancak bazı sistemlerde bileşenlerin kromosferik Balmer emisyonları elde edilebilmiştir (Warner, 1995). Ayrıca nova benzeri değişenlerin beyaz cüceleri; yüksek kütle aktarım oranlarından dolayı oluşan optikçe kalın, kararlı diskin iç kısımları ve geçiş bölgesi tarafından daha da ısıtıldığı için, sıcaklığı 10^4 mertebesinde olup periyot boşluğunun altındaki sistemlerin beyaz cücelerine göre daha sıcaktır. Aynı zamanda düşük eğim açılı nova benzeri sistemlerde diskin iç kısımlarının etkileri, ışık eğrilerinde flickering olarak kendini gösterir. Beyaz cücelerin ışıınımını gözleyebilmek için ise sistemin yüksek eğim açılmasına sahip olması gerekir (Bkz. Bölüm 2.1).

Nova benzeri değişenlerin uzun dönemli ışık eğrileri incelendiğinde sistemlerin parlaklığında bazı düzensiz değişimler görülmüştür. Sistemler bir süre sönükleşip (*düşük hal – low state*) daha sonra eski parlaklıklarına (*yüksek hal – high state*) geri dönmektedir. Bu duruma bileşen yıldızın yüzeyindeki lekelerden kaynaklı olduğu öngörülen kütle aktarım oranındaki değişimlerin sebep olduğu düşünülmektedir. Yığılma diskleri kararlı yapıda olduğundan dolayı beyaz cüce bileşeninin sıcaklığı böyle durumlarda diski kararlı halde tutmaktadır. Bu durumun daha iyi anlaşılması için VY Scl yıldızlarının daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir (King ve Cannizzo, 1998; Rodriguez-Gil ve diğ., 2012).

Nova benzeri değişenlerin sahip oldukları karmaşık özellikler dolayısıyla, bu yıldızlarla ilgili yapılacak detaylı çalışmalar sonucunda yeniden sınıflandırılmaları mümkün olabilecektir.

Nova benzeri değişen yıldızlar kendi içinde de farklı sınıflara ayrılır. Bunlar; UX UMa (UX Ursa Major), VY Scl (VY Sculptoris), RW Tri (RW Triangulum), AM CVn (AM Canum Venaticorum), SW Sex (SW Sextantis) türü ve manyetik olan DQ Her (DQ Herculis) ile AM Her (AM Herculis) türü nova benzeri değişen sistemlerdir.

UX UMa yıldızları; yüksek kütle aktarımı sebebiyle parlak yığılma disklerine sahiptirler. Optikçe kalın disk yapısına sahip olan bu sistemlerin ışık eğrilerinde tutulma kaynaklı değişimlerin etkisi baskın bir şekilde görülmektedir.

VY Scl yıldızları; uzun zaman ölçekli ışık eğrilerine bakıldığında genellikle parlak evrede gözlemlenir. Ancak kütle aktarımındaki düşüş ya da kesintiler, sistemin yüksek halden düşük hale geçmesine ve parlaklığının 4-5 kadir kadar sönükleşmesine sebep olur. Sistem bu evrede haftalarca, hatta yıllarca kalabilir. Sakin evredeki bir cüce novaya benzer özellikler gösterirler. Bu özellikleri dolayısıyla *anti cüce nova* olarak isimlendirilmişlerdir. Ancak cüce nova patlaması geçirmezler. Ayrıca bu sistemler 3 saate yakın periyotlara sahip olmaları sebebiyle periyot boşluğu ile ilgili çalışmalar konusunda önem kazanmışlardır.

RW Tri yıldızları; UX UMa sistemlerinden daha yüksek eğim açlarına sahip, tayflarında çoğunlukla emisyon çizgisi gösteren sistemlerdir. Daha düşük eğim açlarında olan ($i \leq 60^\circ$) sistemler P Cygni profili gösterirler.

AM CVn yıldızları; Bölüm 2.2.3'te bahsedildiği gibi Helyum bakımından zengin, sıkışık, düşük kütle aktarım oranlarına sahip ve oldukça sönük yıldızlardır. Yörünge periyotları oldukça kısadır.

SW Sex yıldızları; yörünge periyotları $2,8 \text{ saat} < P_{yör} < 4 \text{ saat}$ aralığında olan ve periyot boşluğunun anlaşılması için yapılan çalışmalar açısından önemli olan sistemlerdir. Tez kapsamında ayrıntılı olarak incelenecek olan bu yıldızlarla ilgili bilgiler Bölüm 2.4.'te verilmiştir.

DQ Her yıldızları; aynı zamanda manyetik kataklismik değişen yıldızlar sınıfında yer almaktadır (Bkz. Bölüm 2.1.1). Bu sistemlerde beyaz cücenin manyetik alanı $\sim 10^6 - 10^7$ Gauss aralığındadır. Roche lobununun sınırları içerisinde kalan beyaz cücenin manyetosferi, etrafında oluşacak yığılma diskini engelleyecek kadar büyük olmadığından bileşen yıldızdan aktarılan madde dış kısımlarda bir disk oluşturur. Daha sonra iç kısımlara doğru hareket ederek beyaz cücenin manyetosferi ile karşılaştığında manyetik kutuplardan beyaz cücenin üzerine düşer. Bu sistemler yüksek kütle aktarım oranlarına sahip olmalarından dolayı sert X-ışınımının gözlemlendiği sistemlerdir. "Intermediate Polar (IP)" olarak da isimlendirilen bu sistemler genellikle periyot

boşluğunun üzerinde görülürler. Bazı SW Sex yıldızları aynı zamanda IP olarak da sınıflandırılmışlardır.

AM Her yıldızları; DQ Her yıldızları gibi manyetik kataklismik değişen yıldızlar sınıfında yer alan nova benzeri sistemlerdir. Beyaz cüce bileşeninin manyetik alanı yaklaşık olarak 10^7 Gauss'tan büyük olduğundan yığılma diski oluşumu engellenir. Bileşenden aktarılan madde beyaz cücenin manyetik alan çizgilerinden geçerek beyaz cücenin kutuplarına doğru hareket eder. Beyaz cücenin yüzeyiyle aktarılan maddenin etkileşmesi sonucunda X-ışını üretilir. "Polar" olarak da isimlendirilen bu sistemlerin çoğunluğu periyot boşluğunun altında toplanmıştır.

2.4. SW SEXTANTIS (SW SEX) TÜRÜ KATAKLİSMİK DEĞİŞEN YILDIZLAR

SW Sex türü değişen yıldızlar, kataklismik değişenlerin nova benzeri bir alt grubu olarak, Thorstensen ve diğ. (1991) tarafından tanımlanmış, $2,8 < P_{yör} < 4$ saat yörünge periyodu aralığında, manyetik olmayan ya da çok zayıf manyetik alana sahip yakın çift sistemlerdir. Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında PX And (PG0027+260) sisteminin gözlemleri ve sonuçları tartışılmış, diğer üç nova benzeri yıldız olan SW Sex, DW UMa ve V1315 Aql yıldızları ile aralarında gözlemsel olarak büyük benzerlikler bulunmuştur. Daha sonra bu özelliklere sahip olan yıldızlar, *SW Sextantis türü kataklismik değişen yıldızlar* olarak sınıflandırılmışlardır. Ancak yapılan çalışmalarda (Grauer ve diğ., 1994; Hoard ve Szkody, 1996a) SW Sex türü sistemler içerisinde farklı karakteristik özelliklere rastlanmıştır. Hoard (1998) çalışmasında, SW Sex türü değişenleri, bu farklı özellikleri doğrultusunda *kesin*, *mümkün* ve *olası* olmak üzere üç ayrı sınıfta toplamıştır. Kesin üyeler; SW Sex türünün özelliklerinin neredeyse tümünü gösteren ve literatürde SW Sex türü kataklismik değişen yıldız olarak tanımlanmış sistemlerdir. Mümkün olan üyeler; SW Sex türünün özelliklerinin birçoğunu gösteren sistemlerdir. Ancak sistemlerin kesin olarak SW Sex türü değişen olduğunu gösteren gözlemsel veriler yeterli değildir. Olası üyeler ise; SW Sex türünün bazı özelliklerini gösteren, ancak kesin olarak SW Sex türü değişen olmaları için daha fazla gözlemsel veriye ihtiyaç duyulan sistemlerdir.

Tablo 2.1: Aşağıdaki tabloda Hoard'ın SW Sex yıldızları listesi ile oluşturduğu kesin, mümkün ve olası sistemlerin yörünge eğimine ve yörünge periyoduna göre sayıları gösterilmiştir⁵.

Kategori	Toplam	Kesin	Mümkün	Olası
SW Sex Sayısı	69	29	17	23
Yaşlı Nova	9	2	2	5
Yüksek Eğimli (Derin Tutulma)	31	16	9	6
Orta Eğimli (Parçalı Tutulma)	8	2	2	4
Düşük Eğimli (Tutulmasız)	30	10	7	13
$P_{yör} < 2$ saat	2	0	0	2
$P_{yör} = 2 - 3$ saat	9	5	2	2
$P_{yör} = 2,5 - 4$ saat	53	23	12	18
$P_{yör} = 3 - 4$ saat	45	19	10	16
$P_{yör} > 4$ saat	13	4	6	3

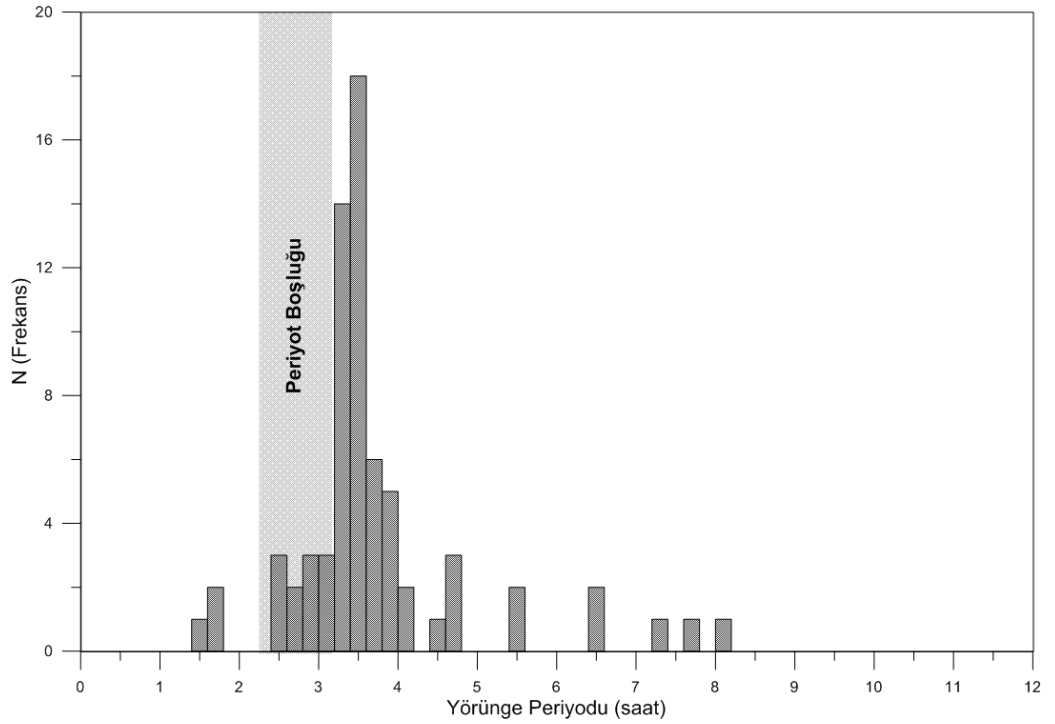
Tablo 2.1'e dahil edilmemiş, ancak Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğunda SW Sex yıldızı olarak sınıflandırılmış J1429+4145 yıldızı ile birlikte toplamda 70 SW Sex yıldızı vardır. Bu yıldız tutulma gösteren 2 saatin altında yörünge periyoduna sahip bir yıldızdır. Ancak henüz yeterli çalışma olmadığından dolayı kesin, mümkün ya da olası sınıflara dahil edilmemiştir (Bkz. Ek 1).

Schmidtobreick ve Tappert (2013) çalışmasında; SW Sex yıldızlarının bulunduğu $2,8 < P_{yör} < 4$ saat yörünge periyodu aralığında keşfedilen V842 Cen, V728 Sco ve XX Tau yaşlı novaların tayflarının, SW Sex yıldızlarının tayflarından çok, düşük kütle aktarım oranlı cüce novaların tayflarıyla benzerlik gösterdiği görülmüştür. Yani yaşlı novaların çoğu yüksek kütle aktarım oranları gösterirken bu yıldızlar düşük kütle aktarım oranlarına sahiptir (Iben ve diğ., 1992). Bu durumda, SW Sex yıldızlarının yörünge periyodu aralığında bulunan düşük kütle aktarım oranlı yaşlı novaların varlığı hibernasyon modeli ile açıklanabilir (Shara ve diğ., 1986). V842 Cen, V728 Sco ve XX Tau yaşlı novalarının gözlemleri, bu yıldızların geçmişte bir SW Sex türü sistem olduğunu ve nova patlaması geçirerek düşük duruma zorlandığını ve düşük kütle aktarım oranlarıyla evrimini sürdürdüğünü göstermektedir. Bu düşünce, V728 Sco yaşlı novasının cüce nova patlaması geçirdiği sırada gösterdiği tutulma ışık eğrisi ile SW Sex yıldızlarının tutulma ışık eğrilerinin benzerliğinin Knigge tarafından da desteklenmesiyle güçlenmiştir. (Schmidtobreick, 2013; Schmidtobreick ve Tappert, 2013).

⁵ www.dwhoard.com/biglist, 21.03.2014 13:55

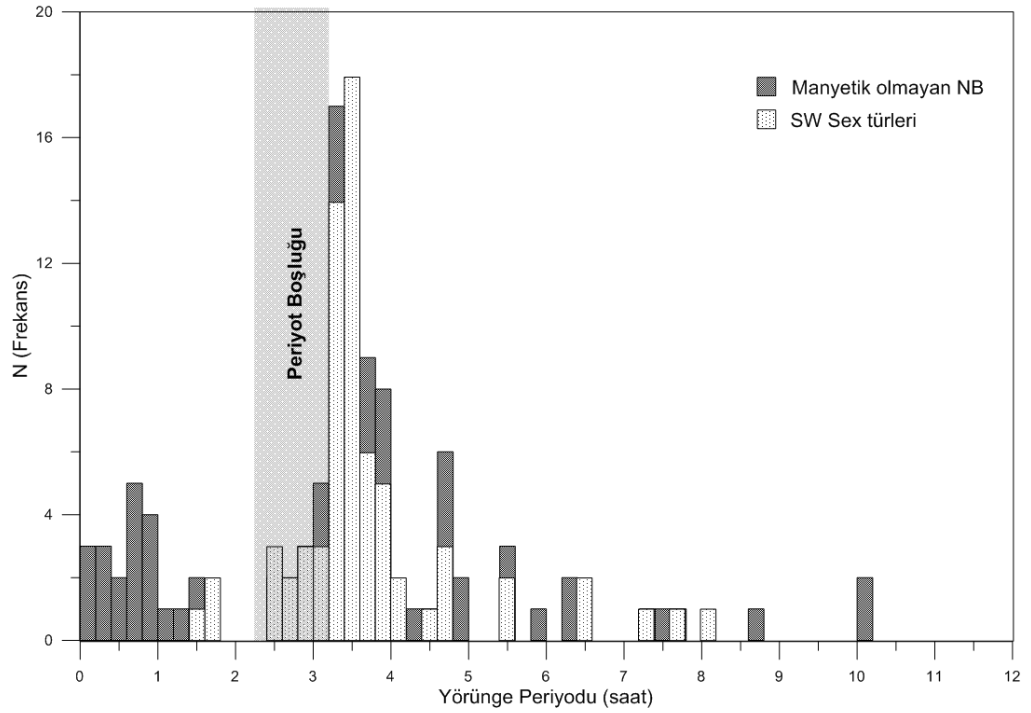
2.4.1. SW Sex Türü Kataklistmik Değişenlerin Fotometrik Özellikleri

Bilinen SW Sex yıldızlarının yaklaşık yarısı tutulma göstermeyen sistemlerdir. Diğer yarısı ise tutulma gösteren ve yörünge periyotları $2,8 < P_{yör} < 4$ saat aralığında olan yüksek eğim açlarına sahip sistemlerdir (Bkz. Şekil 2.14). Bu yıldızları ilginç kılan özelliği; yörünge periyotlarının kataklistmik değişenlerin sayısının az olduğu periyot boşluğunun üst sınırında yer almasıdır. Bu periyot aralığında manyetik olmayan nova benzeri değişenlerin sayılarına bakıldığında, Şekil 2.15'teki gibi, büyük çoğunluğu SW Sex yıldızları oluşturmaktadır (Gänsicke, 2005).



Şekil 2.14: Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğu ile Hoard'ın SW Sex yıldızlarının listesinden alınan 70 SW Sex yıldızı ile oluşturulan yörünge periyodu – frekans dağılımı gösterilmiştir⁶.

⁶ <http://www.dwhoard.com/biglist>, 21.03.2014 16:00



Şekil 2.15: Manyetik olmayan 106 nova benzeri değişenin içerisinde yer alan 70 SW Sex türü değişen yıldızın yörünge periyodu – frekans dağılımı karşılaştırılmıştır (Ritter ve Kolb, 2013 (v.7.20)).

Kataklismik değişenlerin yörünge periyodu dağılımına bakıldığında, SW Sex yıldızlarının periyot boşluğunun üst sınırında toplanmış olmaları, kataklismik değişen yıldızların evriminin anlaşılmasında büyük rol oynamaktadır. Kataklismik değişenlerin standart modelin öngördüğü gibi açısal momentum kayıp mekanizmaları ile uzun periyotlardan kısa periyotlara doğru evrimleşmeleri ve $2.8 < P_{yör} < 4$ saat periyot aralığındaki kataklismik değişenlerin çoğunluğunu SW Sex yıldızlarının oluşturması durumları birleştirildiğinde kataklismik değişen yıldızların, evrimlerinin bir aşamasında SW Sex yıldızları gibi davrandıkları söylenebilir (Schmidtobreick, 2012). Kataklismik değişenlerde yörünge açısal momentum kayıp mekanizması olan manyetik frenlemenin azaldığı ya da kesildiği 3 saatlik yörünge periyodunun yakınlarında bulunmaları, bu yıldızları daha da önemli hale getirmektedir.

SW Sex yıldızları, ışık eğrilerine göre incelendiğinde diğer nova benzeri değişenlerden farklı olarak “V” biçimli tutulma profili gösterirler. Bölüm 2.4.2.’de anlatıldığı gibi tutulmanın bu şeklini disk rüzgârları belirlemektedir.

SW Sex yıldızlarının bazıları, 3-4 saat periyot aralığında bulunan VY Scl yıldızlarının sahip olduğu özellikleri gösterirler. Bölüm 2.3'te de anlatıldığı gibi anti cüce nova olarak adlandırılan VY Scl yıldızları uzun dönemli ışık değişimlerine bakıldığında periyodik olmayan zamanlarda 4 - 5 kadir sönükleşerek aylar süren düşük hale geçerler. Bu durumun sebebi, herhangi bir nedenle kütle aktarım miktarındaki azalma veya kesilme olmalıdır. Kütle aktarım miktarındaki bu değişimin sebebinin ise, bileşen yıldızın güçlü manyetik aktivitesinden dolayı oluşan yıldız lekeleri olduğu düşünülmektedir. Çünkü lekeler, bileşen yıldızın yığılma akımı bölgesinde kesintiye ya da azalmaya sebep olabilirler. Ancak bileşen yıldızın gözlemlerini (düşük ışıyım güçlerinden dolayı) elde etmek çok zor olduğundan, yüzeyindeki lekelerin varlığını elde etmek de zorlaşmaktadır. Ayrıca VY Scl yıldızları düşük haldeyken çok sönük olduklarından bu alanda yapılan çalışmalarla elde edilen veriler de yeterli değildir. O halde SW Sex yıldızlarının düşük halleri, gelecek çalışmalarla VY Scl yıldızları için önerilen görüşlerle açıklanabilir (Livio ve Pringle, 1994; King ve Cannizzo, 1998; Rodriguez-Gil ve diğ., 2012).

SW Sex yıldızlarında görülen diğer bir fotometrik özellik ise büyük genlikli pozitif ve negatif süperhörgüç göstermeleridir (Bkz. Bölüm 2.1). Işık eğrilerinde yörünge periyodundan farklı olarak görülen bu periyodik değişimler dışında ~1000-2000 saniye aralığında baskın olan yarı (quasi) periyodik salınımlar da (QPO) görülmektedir. Bu değişimler kısa süreli hızlı değişimlerdir. Ayrıca güçlü flickering aktivitesi de bu salınımlara dahildir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007). Işık eğrilerindeki diğer bir değişim ise, bileşen yıldızdan aktarılan maddenin diskin kenarıyla etkileşmesi sonucunda oluşan sıcak lekeninin etkisidir. Tutulmaların başında ya da sonunda yörünge hörgücü olarak kendini göstermektedir. Yörünge hörgücü, tutulma sırasındaki flickering etkileri ve disk rüzgârları da tutulma asimetrisine sebep olmaktadır.

SW Sex yıldızlarının tutulma derinlikleri incelendiğinde farklı zamanlarda farklı derinlikler gösterdikleri görülmüştür. Bu değişimin sebebi için diskin presesyon hareketi ile yüksek ya da düşük hal durumundaki parlaklık farkları üzerinden modeller geliştirilmiş, fakat tam olarak açıklanamamıştır (Stanishev ve diğ., 2002; Boffin ve diğ., 2003; Stanishev ve diğ., 2004; Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).

2.4.2. SW Sex Türü Katakлизмik Değişenlerin Tayfsal Özellikleri

SW Sex yıldızları, tayfsal olarak incelendiklerinde dikkat çekici karakteristik özellikler göstermektedirler. SW Sex yıldızları, aynı periyot aralığındaki nova benzeri değişen sistemlere göre daha yüksek kütle aktarım oranlarına sahiptirler (Thorstensen ve diğ., 1991; Warner, 1995; Qian ve diğ., 2009; Ballouz ve Sion, 2009). Hatta bu kütle aktarım oranları, manyetik frenleme mekanizmasıyla öngörülen aktarım oranlarından daha fazladır ($\sim 5 \times 10^{-9} M_{\odot}/\text{yıl}$; Townsley ve Bildsten, 2003; Townsley ve Gänsicke 2009). Bu sebeple yığılma disklerinin optik tayflarına bakıldığında, Balmer çizgileri ve HeI çizgilerinin yanı sıra CIII/NIII emisyonu ve güçlü HeII $\lambda 4686$ emisyonu çizgileriyle de bu durum desteklenmektedir. Morötesi bölgede tayflarına bakıldığında ise yüksek seviyede uyarılmış CIV ve SiIV çizgileri baskın olarak gözlenmektedir (Hoard, 1998). Bu yıldızlar tayflarında yüksek seviyede uyarılmış çizgilerin görülmesi sebebiyle yaşlı novaların tayflarıyla benzerlik göstermektedir (Downes ve diğ., 1986; Ringwald ve diğ., 1996; Hoard, 1998).

SW Sex yıldızlarının çok yüksek kütle aktarım oranlarına sahip olmasının nedeni henüz tam bir modelle açıklanamamıştır. Ancak periyot boşluğunun üzerindeki sistemler için, yüksek kütle aktarım oranlarını açıklamak üzere Zangrilli ve diğ. (1997) tarafından bir manyetik frenleme modeli geliştirilmiştir. Bu modele göre; bileşen yıldızın, yörünge hareketine kilitlenmemiş yavaş dönen radyatif çekirdeği, sistemin evrimi sırasında küçülür. Radyatif çekirdekten aktarılan madde konvektif zarfa taşınarak zarfı hızlandırır. Bu durum, yörünge periyodu 3 saate yakın sistemlerde, yörünge hareketine kilitlenmiş olan konvektif zarfta ek bir frenleme doğurur. Böylece yüksek kütle aktarım oranları, periyot boşluğunun üst sınırında bulunan katakлизмik değişenler için bu şekilde açıklanabilir (Schmidtobreick, 2012).

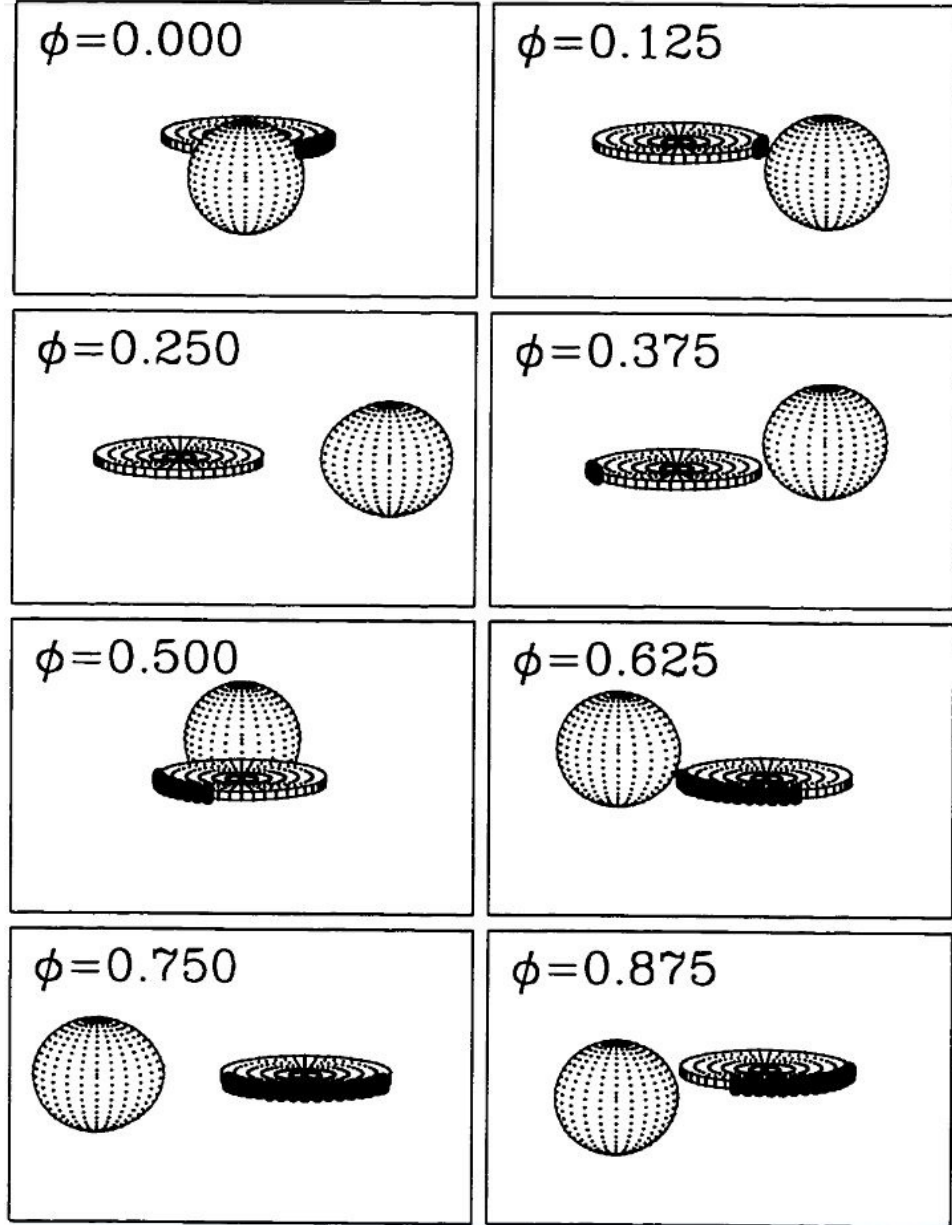
SW Sex yıldızlarının sahip oldukları yüksek kütle aktarımından dolayı daha yüksek ışıma gücü gösterdikleri düşünülmektedir. Bu yüksek ışıma gücünün bir sebebi olarak, bileşen yıldızının diske bakan yüzeyinin oldukça sıcak olan beyaz cüce ($\sim 50,000$ K sıcaklığa ulaşabilen) tarafından ısıtılmasıyla meydana gelen yansıma etkisi gösterilmektedir. Tutulma göstermeyen SW Sex yıldızlarının gözlemleri incelendiğinde bileşen yıldızın yansıma etkisinin gözlenmesi de bu durumu desteklemiştir (Rodriguez-

Gil ve diğ., 2007). Beyaz cücenin sıcaklığının bu derece yüksek olması da sıcak iç disk tarafından ısıtılmasıyla açıklanmaktadır (Schreiber ve Gänsicke, 2003).

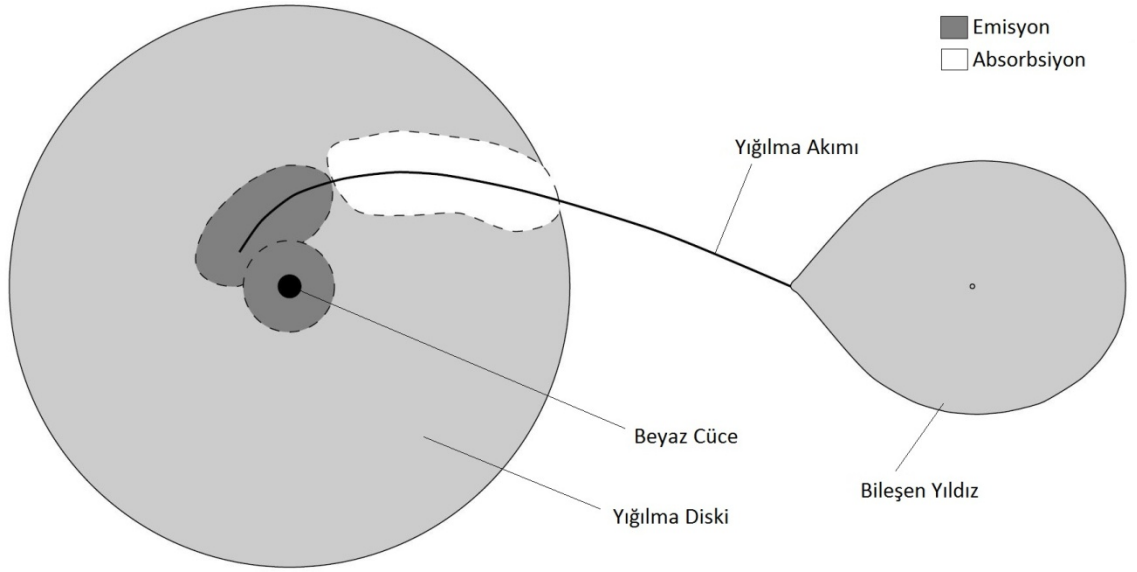
SW Sex yıldızlarında yığılma diskinden gelen ışınım optik, uzak morötesi ve X-ışını bölgelerinde gözlenebilmektedir. Sistemler yüksek haldeyken uzak morötesi bölgede baskındır ve beyaz cüceden gelen ışınımın toplam ışınımına katkısı çok düşüktür. Yığılma diskinin parlak, yüksek kütle aktarım oranlarından dolayı optikçe kalın ve yüksek eğim açılara sahip olması sebebiyle beyaz cüceden, diskin iç bölgelerinden ve geçiş bölgesinden gelen ışınım engellenmektedir (Ballouz ve Sion, 2009). Buradan yola çıkarak farklı eğim açılara sahip sistemlerin tayfları karşılaştırıldığında iç diskten gelen HeII $\lambda 4686$ çizgisinin şiddeti değişiklik göstermektedir. Yüksek eğim açılara sahip sistemlerde HeII emisyon çizgisinin şiddeti daha düşük iken düşük eğim açılı sistemlerde bu çizgi çok daha şiddetli görülmektedir (Hoard, 1998).

SW Sex yıldızlarının tayflarında görülen ilginç özelliklerin, Şekil 2.16'da gösterildiği gibi yığılma akımının diskle çarpışmasıyla meydana gelen *disk taşması* (disc overflow) ile oluştuğu düşünülmektedir. Disk taşması olayında, yığılma akımı ile disk etkileştiğinde akan maddenin bir bölümü diskin üzerine doğru taşar, bir bölümü ise beyaz cüceye doğru serbest düşme yolunu izleyerek diskin iç kısmına ulaşır. Disk ile ilk etkileşme durumu birinci çarpışma, diskin iç kısmındaki etkileşme ise ikinci çarpışma (reimpact) olarak adlandırılırsa; birinci çarpışma, absorbsiyon bölgesi, ikinci çarpışma ise emisyon bölgesi oluşturacaktır (Bkz. Şekil 2.17). Aynı zamanda birinci çarpışma bölgesinde saçılan madde, yığılma diskini *parlayan disk* haline dönüştürecek. Bu durum, sistem üzerinde diskin eğim açısını arttıracak şekilde bir etki oluşturacaktır. Genellikle nova benzeri yıldızlarda gözlenen bu olay, SW Sex yıldızlarının oldukça yüksek kütle aktarım oranlarına sahip olmaları sebebiyle çok daha güçlü bir etki yaratmaktadır (Shafter ve diğ. 1988; Hellier ve Robinson, 1994; Hellier, 1996; Hellier, 1998). Disk taşması, yığılma diskinin iç kısımlarındaki güçlü disk rüzgârlarıyla birleştiğinde, bu sistemlerin gösterdiği ilginç olarak tanımlanan birtakım özellikler açıklanabilmektedir (Honeycutt, Schlegel ve Kaitchuck, 1986; Dhillon ve diğ. 1991; Hoare, 1994). Özellikle He II $\lambda 4686$ emisyon çizgisinde görülen tek tepeli çizgi profili, disk taşması ve güçlü iç disk rüzgârlarının birleşimiyle oluşmaktadır. İç disk rüzgârlarının emisyonuna katılan ikinci çarpışma emisyonu, genelde Kepleryen yığılma

disklerinde görülen çift tepeli çizgi profilini doldurarak tek tepeli çizgi profili haline getirir (Hellier, 1996).

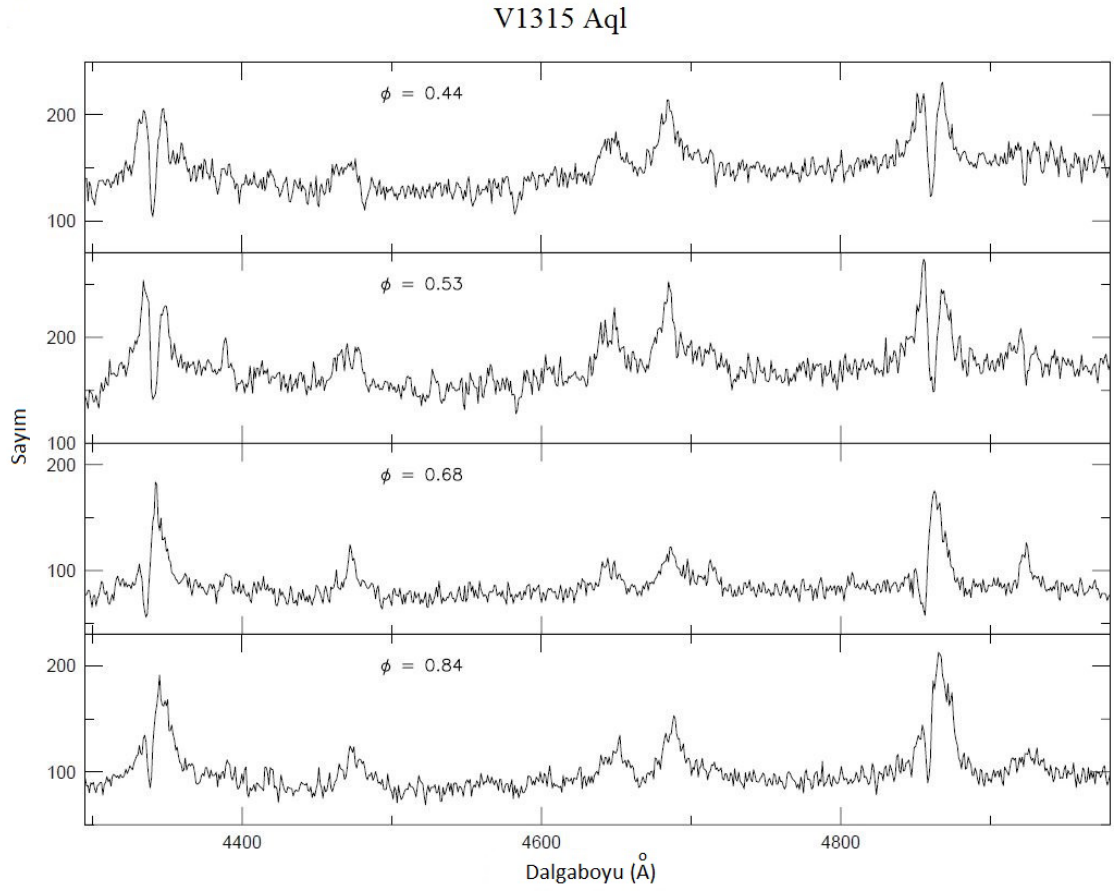


Şekil 2.16: SW Sex türü bir değişen olan BH Lyn yıldızının farklı evrelere göre (Φ) bileşenlerinin durumu gösterilmiştir. Koyu siyah ile gösterilen bölge sıcak lekeyi ve disk taşmasının (disc overflow) olduğu alanı göstermektedir (Hoard, 1998).



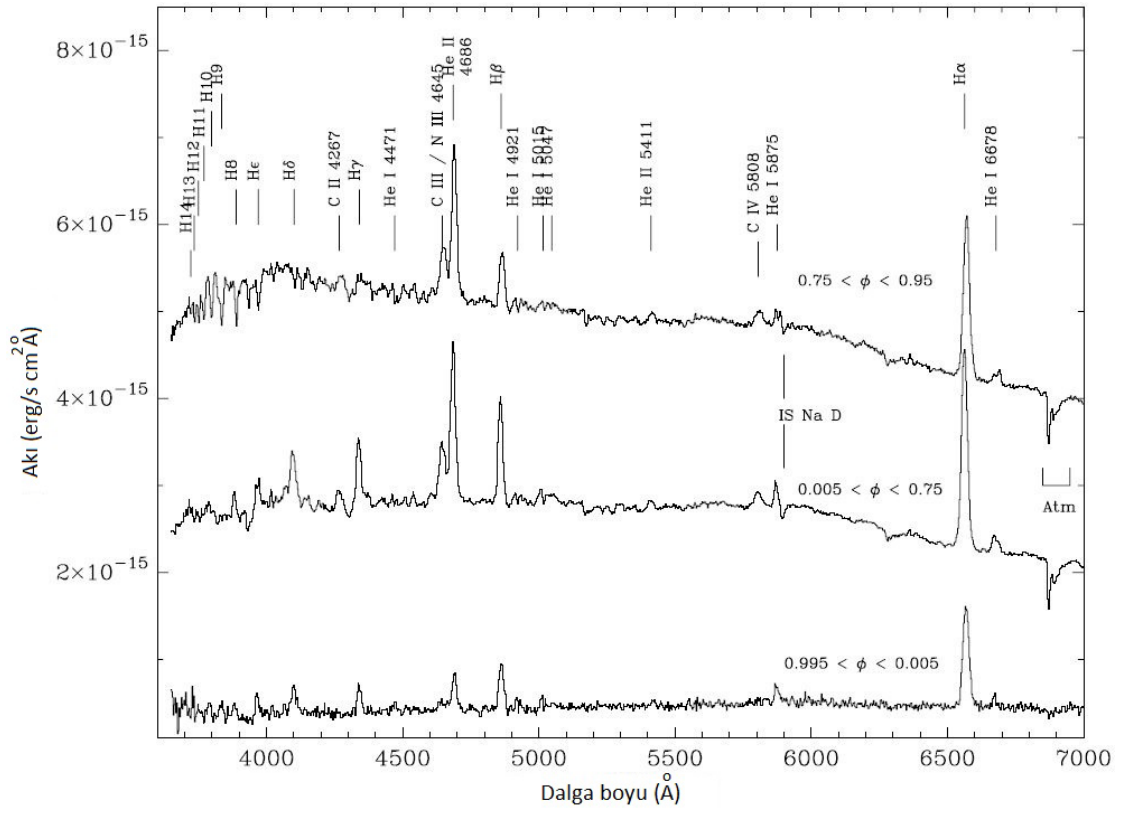
Şekil 2.17: Bileşen yıldızdan gelen yığılma akımı diske çarptığı bölgede (birinci çarpışma) disk taşması meydana getirir ve 0,2 – 0,6 evreleri arasında merkezi absorpsiyon bölgesi oluşturur. Disk içerisinde serbest düşme yolunu izleyen akım iç diske ulaştığında (ikinci çarpışma), iç disk rüzgârlarının emisyonuna çift tepeli çizgi profilini doldurarak tek tepeli çizgi profiline dönüştüren ek bir emisyon oluşturur (Hellier, 1996).

SW Sex yıldızlarının tayflarında görülen bir başka özellik ise, Balmer çizgileri ile HeI çizgilerinin merkezinde disk taşması ile oluşan ve özellikle yörüngenin 0,5 evresinde görülen şiddetli absorpsiyon profilidir. Bu durum “0,5 evresi absorpsiyonu” olarak adlandırılır. Şekil 2.18’de gösterildiği gibi, 0,2 - 0,6 evreleri arasında gözlenen bu absorpsiyon çizgisi maksimum şiddetini 0,5 evresinde verir (Thorstensen ve diğ., 1991; Warner, 1995). Bu özellik, birinci çarpışmada oluşan absorpsiyon ve ikinci çarpışmada oluşan emisyonun tayfta üst üste binmesiyle oluşur (Hellier ve Robinson, 1994; Hellier, 1996; Hoard ve Szkody, 1997; Hellier, 1998).



Şekil 2.18: SW Sex türü V1315 Aql yıldızının 0,44 – 0,53 evreleri arasındaki tayflarda H γ ve H β çizgilerinde görülen 0,5 evresi absorpsiyonu ve 0,68 – 0,84 evreleri arasındaki tayflarda P Cygni profili görülmektedir (Hellier, 1996).

Çizgilerin tutulma profiline bakıldığında, Balmer çizgilerinin tutulmadan daha az etkilendikleri, iç diskten ya da sıcak lekeden gelen HeII $\lambda 4686$ çizgisinin ise tutulmadan neredeyse tamamen etkilendiği görülmüştür (Bkz. Şekil 2.19). Balmer çizgilerinin tutulma sırasında da (şiddetini azaltarak) görülebilmesinin nedeni, disk rüzgârlarının güçlü yapısıdır. Işık eğrilerinde ise güçlü disk rüzgârlarının etkisi, “V” biçimli tutulma ile kendini gösterir (Hellier, 1996; Hellier, 1998).

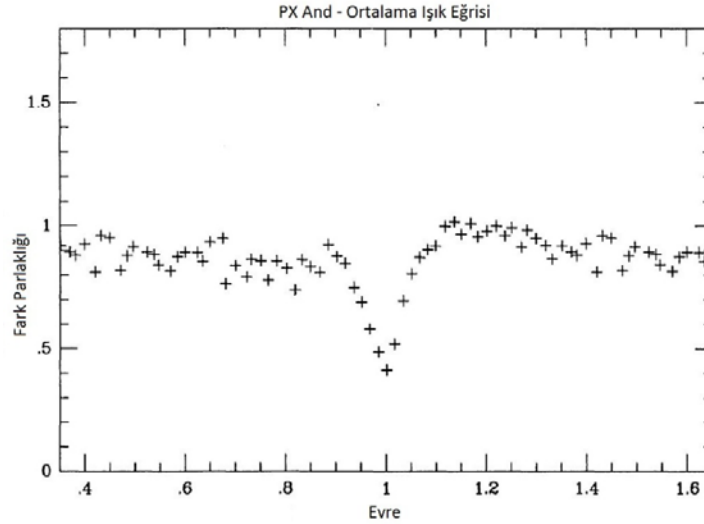


Şekil 2.19: SW Sex yıldızının farklı evre aralıklarındaki ortalama tayflarında, Balmer çizgilerinin ve HeII $\lambda 4686$ çizgisinin evreye göre tutulma profilleri görülmektedir (Groot ve diğ., 2001).

2.4.3. Seçilen SW Sex Yıldızları

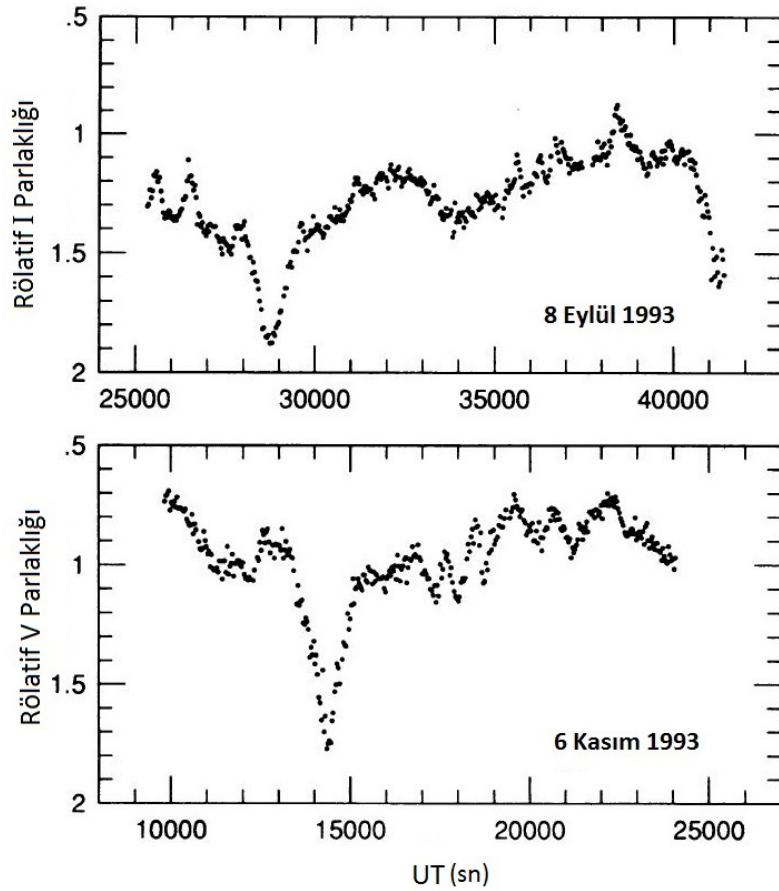
2.4.3.1. PX And

SW Sex yıldızlarını nova benzeri yıldızların bir alt grubu olarak tanımlayan Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında, PX And yıldızının özellikleri ile V1315 Aql, DW UMa, ve SW Sex yıldızlarının özellikleri karşılaştırılmış, bu yıldızların benzer özelliklere sahip yıldızlar oldukları anlaşılmıştır. Böylece SW Sex yıldızları sınıfı oluşturulmuştur. Bu çalışmaya göre, PX And yıldızının yörünge periyodu 0,146350 gün (3,51 saat) olarak belirlenmiştir. 12 – 22 Eylül 1989 tarihleri arasındaki fotometrik gözlemlerde ışık eğrilerinde, tutulma derinlikleri V filtresindeki gözlemlerde 0,3 - 0,7 kadir aralığında ölçülmüştür. Şekil 2.20'deki ışık eğrisinde tutulma öncesi hörgüç yerine tutulma sonrası hörgüç görülmüş ve kısa zaman ölçekli değişimler olan flickering etkileri de gözlenmiştir. Tutulma dışı verilerin periyot analizi sonucunda herhangi bir değişime rastlanmamıştır. V parlaklığını $14,95 \pm 0,05$ kadir olarak bulmuşlardır. Sistemin kütle oranı; $q \approx 0,46$, eğim açısı; $i \approx 73,8^\circ$, yığılma diskinin yarıçapı $r_d \approx 0,6R_{L_1} \approx 3 \times 10^{10} \text{ cm}$ olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2.20: Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında 0,146350 gün yörünge periyodu değeri ile elde edilen evre diyagramı gösterilmiştir. Tutulma sonrası hörgüç görülmüştür.

Hellier ve Robinson (1994) ise diske yığılan maddenin diskten taşarak diğer kataklismik değişenlerden farklı olarak bazı tayfsal özelliklere sebep olduğunu ortaya koymuşlardır. Böylece disk taşması durumu ile tek tepeli emisyon profilini ve 0,5 evresi absorpsiyonunu açıklayabilmişlerdir. Tayfsal yörünge periyodunu 0,14635278 gün olarak bulmuşlardır. Kütle oranını $q = 0,4$ olarak, diskin yarıçapını $r_d = 4 \times 10^{10} \text{ cm}$, eğim açısını ise $i = 75^\circ$ olarak bulmuşlardır. Elde ettikleri ışık eğrileri ise Şekil 2.21'deki gibi verilmiştir.



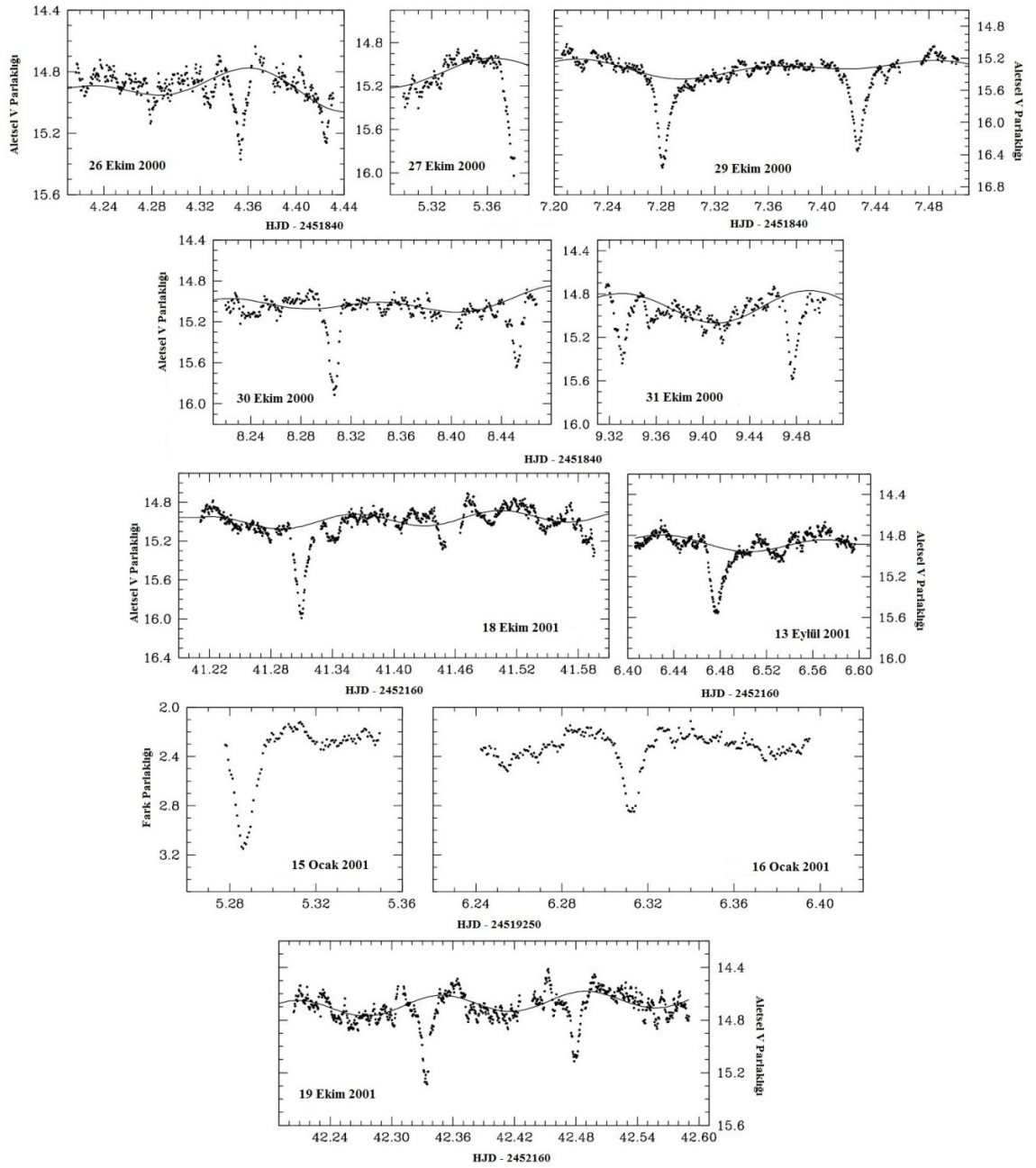
Şekil 2.21: 8 Eylül 1993 ve 6 Kasım 1993 tarihlerinde McDonald 0,8 m teleskobu ile PX And yıldızının, *I* ve *V* filtresinde yapılan fotometrik gözlemler sonucu elde edilmiş ışık eğrileridir. Flickering etkileri ve tutulma profilinin değişimi açıkça görülmektedir (Hellier ve Robinson, 1994).

Patterson (1999) çalışmasında ise sistemin ışık eğrilerinde hem negatif hem de pozitif süperhörgüç gösterdiği ve bunun yığılma diskinin özelliklerinden kaynaklandığı gösterilmiştir. Bunun sonucunda yığılma diskinin eliptik ve eğimli bir disk olduğu

görülmüştür. Bu çalışmaya göre pozitif süperhörgüç periyodu 0,1595 gün (3,83 saat), negatif süperhörgüç periyodu 0,1415 gün, presesyon periyodu ise 4-5 gün olarak belirlenmiştir.

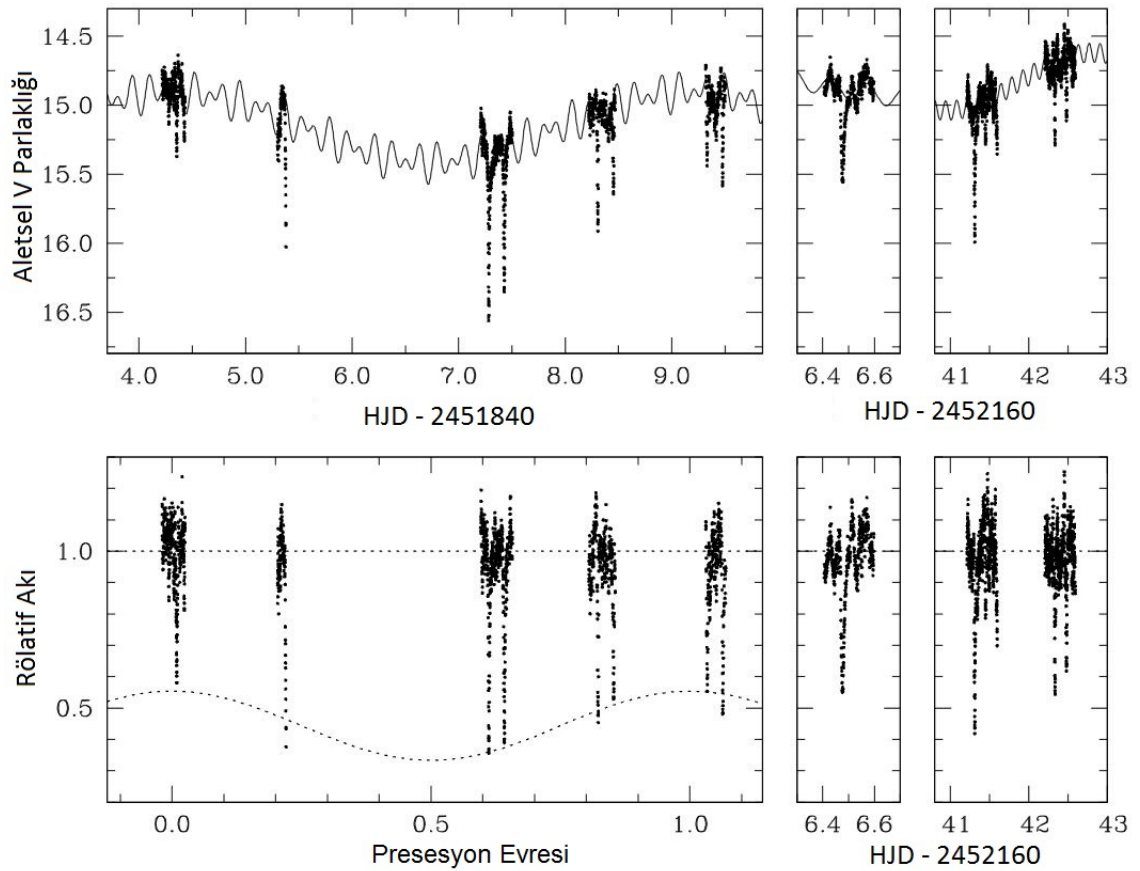
Still ve diğ. (1995) çalışmasında PX And yıldızının yüksek ve düşük yığılma durumları tayfsal olarak gözlenmiştir. Bu gözlemler sonucunda diğer nova benzeri değişenlerde görülmeyen tek tepeli emisyon çizgilerine rastlamışlardır. Yüksek seviyede uyarılmış emisyon çizgilerinin beyaz cüceye yakın yerlerden geldiğini ve tutulma sırasında şiddetlerinin oldukça azaldığını, düşük seviyede uyarılmış emisyon çizgilerinin ise tutulmadan etkilenmediğini gözlemişlerdir. Tayfsal yörünge periyodunu 0,1463530 gün olarak bulmuşlardır.

Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında PX And yıldızının fotometrik özellikleri üzerine yoğunlaşmıştır. V parlaklığında ortalama tutulma derinliğinin 0,89 kadire çıkabildiğini ve daha önceki çalışmalardaki gibi farklı tutulma çukurları gösterdiğini gözlemişlerdir. Işık eğrilerinde tutulma dışındaki bölgelerdeki büyük genlikli değişimler, Şekil 2.22’de ışık eğrilerinden geçirilen sinüs eğrileriyle gösterilmiştir. Fotometrik yörünge periyodu 0,146352739 gün, negatif süperhörgüç periyodu 0,142 gün ve presesyon periyodu ise ~4,8 gün olarak belirlenmiştir. Sebebinin ne olduğunu belirleyemedikleri 0,207 günlük periyodik bir değişim daha keşfetmişlerdir. Yüksek genlikli düşük değerlerde frekansları sildikten sonra kalan yüksek değerlerdeki frekanslar incelendiğinde 6 dakikalık flickering periyodu elde etmişlerdir.



Şekil 2.22: PX And'in 2000 ve 2001 yıllarında yapılan gözlemlerinden oluşturulan ışık eğrileri. Işık eğrileri üzerinden geçirilen sinüs fiti negatif süperhörgüçü göstermektedir (Stanishev ve diğ., 2002).

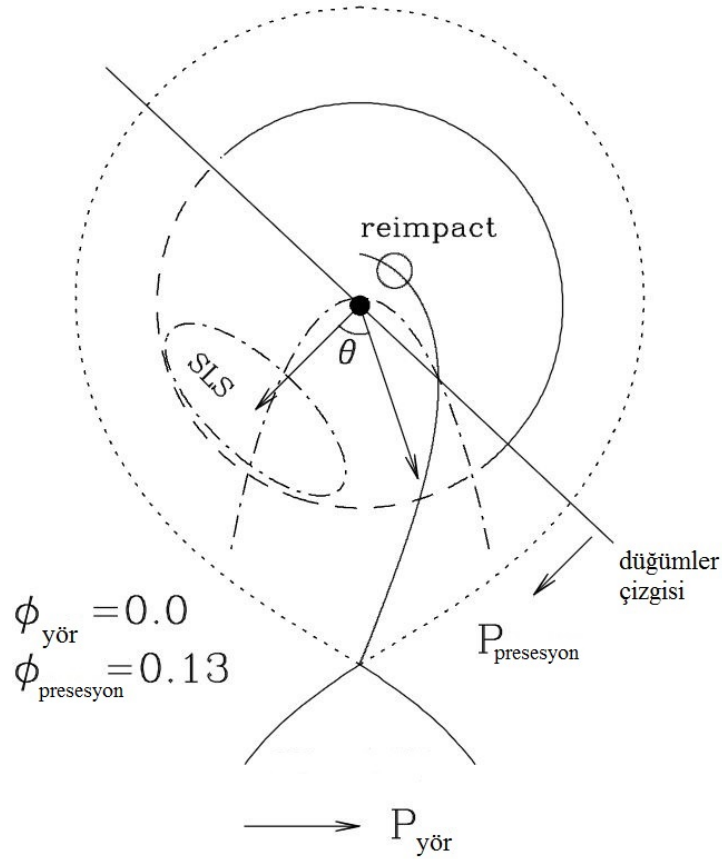
Şekil 2.23'te gösterildiği gibi diskin presesyon periyoduna bağlı olarak oluşturulan modelde, presesyon periyodunun evre diyagramında tutulma derinliklerinin değiştiğini ve evrenin minimumunda en derin tutulmanın görüldüğünü ortaya koymuşlardır. Bu da PX And yıldızının tam olarak tutulmadığını göstermektedir. Sistemin tutulma dışındaki ortalama parlaklığı ile tutulma derinliklerinin değişimini incelediklerinde ise tutulma derinliği arttıkça sistemin parlaklığının azaldığını göstermişlerdir. Diskin eğim derecesi $2,5^{\circ} - 3^{\circ}$ arasında hesaplanmıştır.



Şekil 2.23: Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında bulunan 4,8 günlük presesyon periyoduna göre oluşturulmuş evre diyagramı ve ışık eğrileri verilmiştir. Tutulma derinlikleri açısından incelendiğinde presesyon periyodunun minimumuna gelindiğinde daha derin bir tutulma profili görülmüştür.

Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında ayrıca, Wood ve diğ. (2000) çalışmasında yapılan eğimli disk simülasyonlarını kullanarak PX And'ın diskinin yapısını şematik bir biçimde göstermişlerdir (Bkz. Şekil 2.24). Bu şekle göre; kısa noktalı çizgiler yörünge düzlemini, yığılma diskinin kenarındaki çizgili kısım ise diskin eğiminden dolayı

yörünge düzleminin altında kalan bölümü olarak göstermektedir. Düğümler çizgisinin evresi 0,13, yörünge evresi ise 0,0 olarak verilmiştir. Bu durumda süperhörgüç kaynağı olan SLS (Superhump Light Source) bölgesi ile düğümler çizgisi kesiştiğinde negatif süperhörgüçün parlaklığı maksimuma ulaşır.



Şekil 2.24: Yukarıdaki şekle göre 0,13 presesyon evresinde ve 0 yörünge evresinde diske $i = 0^\circ$ ile bakıldığında diskin yapısının durumu gösterilmiştir. θ diskin yörünge düzlemi ile arasındaki eğim açısı, reimpact (ikinci çarpışma) bölgesi yığılma akımının diskin iç kısmıyla çarpıştığı bölgedir. Ayrıca düğümler çizgisi ile yörünge ters yönde döndüğü de gösterilmiştir (Stanishev ve diğ., 2002).

Negatif süperhörgüç oluşumu için gösterilen bir diğer model ise Patterson (1999) çalışmasındaki disk taşması ile ilişkilendirilmiştir. Yığılan madde eğimli disklerde Şekil 2.24'te olduğu gibi reimpact (ikinci çarpışma) noktasına ulaştığında negatif süperhörgüç kaynağı oluşturmaktadır. Benzer bir modeli Hessman ve diğ. (1992), pozitif süperhörgüç için de önermiştir.

SW Sex yıldızlarındaki tutulma derinliğinin değişimi için henüz tam bir model ortaya konulamamış olsa da PX And için Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında warped (bükülmüş) disk ve örtülen süperhörgüç ışık kaynağı (SLS) modeli olmak üzere iki ayrı model önerilmiştir. Warped disk modelinde sistem içinde presesyon periyodunun farklı evrelerinde farklı tutulmalar gösteren sabit bir ışık kaynağının daha olabileceği öne sürülmüştür. Bu sabit ışık kaynağının ise beyaz cüceye yakın bir konumdan gelmesi gerektiğini, ancak bu kaynağın toplam ışıma katkısının oldukça az olduğu bilinen beyaz cüce olmadığını, diskin çok sıcak olan iç kısımlarından kaynaklandığını söylemişlerdir. İç diskin geometrik yapısının nasıl olduğu tam olarak bilenemediğinden bununla ilgili bazı mümkün durumları tartışmışlardır. Bunlardan biri, diskin iç bölgelerinin dış bölgelere göre eğiminin az ya da eğimin olmaması durumudur. Böylece iç diskin emisyonu sabit kalabilir. Bu da diskin warped disk olabileceğini göstermektedir. Diğeri ise, beyaz cüce ile disk arasındaki geçiş bölgesi olabilir. Ancak geçiş bölgesinin yüksek sıcaklığından dolayı optik bölgede alınan ışıma oldukça azdır. Fakat bu bölgeden gelen etki kendini, tutulmalar sırasında flickering olarak gösterirse tutulma derinlikleri de azalacaktır. Örtülen SLS modelinde ise, yığılma diskinin üzerinde düzgün dağılmamış olan SLS'in ya tam tutulacağını ya da hiç tutulmayacağını ve her iki sebeple de tutulma derinliklerinin değişeceğini söylemişlerdir. Eğer SLS tam tutuluyorsa süperhörgüçün maksimumu sistemin tutulmasına denk geldiğinde tutulma derinliği artacaktır. Tam tersi şekilde SLS hiç tutulmuyorsa süperhörgüç minimumu sistemin tutulmasına denk geldiğinde tutulma derinliği yine artacaktır.

Boffin ve diğ. (2003) çalışması ise Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasının devamı niteliğindedir. Bu çalışmada tutulma derinliğinin değişiminin sebepleri tartışılmış ve yığılma diskinin warped disk olabileceği konusunun üzerinde durulmuştur.

Thomas ve diğ. (2010) çalışmasında, 2004 yılında alınmış olan SuperWASP gözlemleri ile kataklismik değişenlerin uzun ölçekli fotometrik değişimleri izlenmiştir. Bu çalışma kapsamında PX And yıldızının beyaz ışıktaki parlaklığı 14,88 kadir olarak belirlenmiştir. PX And'ın yığılma diskinde olabilecek değişimlerin yüksek ve düşük durumlara bağlı olabileceğini söyleyen Thomas ve diğ. (2010), 2004 yılında PX And'ın muhtemelen düşük durumda olabileceğini göstermiştir. Negatif süperhörgüçün görüldüğü bu çalışmada negatif süperhörgüç periyodu $0,1417 \pm 0,0001$ gün, presesyon

periyodu ise $4,43 \pm 0,05$ gün olarak belirlenmiştir. Patterson (1999) çalışmasında görülen 0,1595 günlük pozitif süperhörgüç periyoduna 2004 gözlemlerinde rastlanmamıştır. Daha önce Stanishev ve diğ. 2002 çalışmasında anlatılan ve sebebinin belli olmadığı 0,207 günlük periyodik değişime SuperWASP gözlemlerinde de rastlanmıştır. Muhtemelen süperhörgüç periyodunun başka bir şekli (alias) olabileceği düşünülmüştür. Yörünge periyodunu ise 0,14635 gün olarak bulmuşlardır. Ortalama tutulma derinliği 0,71 kadir olarak belirlenmiştir.

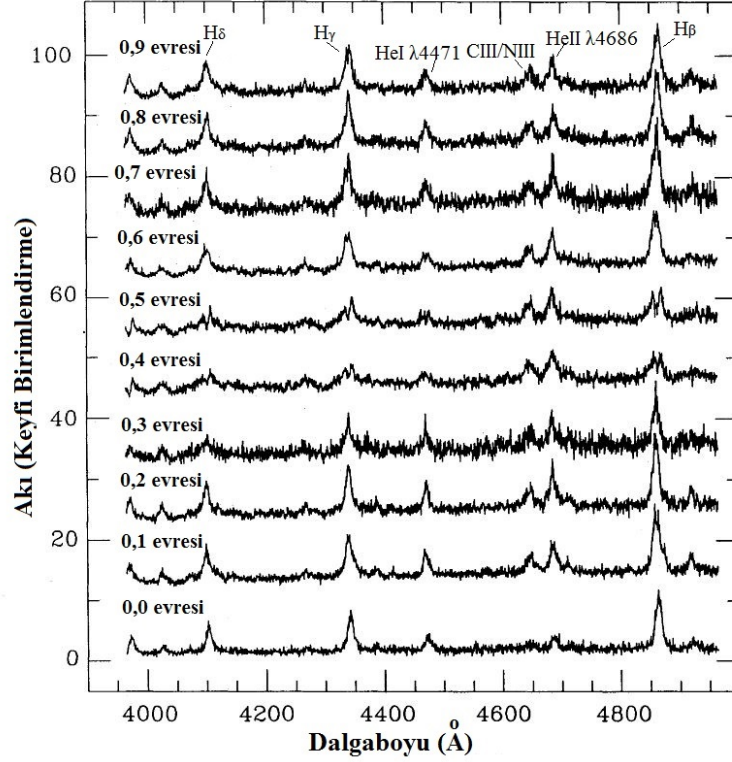
2.4.3.2. V1315 Aql

Downes ve diğ. (1986) yaptıkları tayfsal ve fotometrik çalışmalarla V1315 Aql yıldızını kataklismik değişen olarak sınıflandırmışlardır. V parlaklığı 14,39 kadir olarak belirlenmiş, tutulma derinliği ise 1,7 kadire kadar ölçülmüş ve simetrik minimuma sahip olduğu görülmüştür. Sistemin yörünge periyodunu 0,1396895 gün (3,35 saat) olarak tespit etmişlerdir. Beyaz cücenin ve bileşen yıldızın kütlelerini sırasıyla $0,9M_{\odot}$ ve $0,4M_{\odot}$, sistemin eğim açısını ise $i = 78^{\circ}$ olarak bulmuşlardır. Balmer ve HeI emisyon çizgilerinin haricinde HeII $\lambda 4686$ ve CIII/NIII $\lambda 4460-4650$ gibi yüksek seviyede uyarılmış çizgiler de görmüşlerdir. V1315 Aql'nin tayfinin yaşlı novaların tayfı ile benzerlik gösterdiğini bulmuşlardır. Emisyon çizgilerinin tutulma profillerine bakıldığında HeII $\lambda 4686$ çizgisinde tam tutulma gözlenirken Balmer çizgilerinin tutulmadan etkilenmediği görülmüştür. Ayrıca 0,5 evresindeki absorbsiyon profiline de rastlanmıştır.

Szkody (1987) morötesi gözlemlerin sonucunda elde ettiği verilerle birlikte, V1315 Aql'nin sıcak leke ve beyaz cüce bileşenlerinin sıcaklıklarını sırasıyla 11,000 K ve 19,000 K olarak belirlemiştir. Szkody ve Piche (1990) yaptıkları tayfsal çalışmada 0,5 evresindeki Balmer ve HeI çizgilerinde görülen absorbsiyon profilini incelemiştir. HeII $\lambda 4686$ ve CIII/NIII $\lambda 4460-4650$ çizgilerinde ise absorbsiyon gözlenmemiştir. V1315 Aql'de tespit edilen bu ilginç özellikler, Thorstensen ve diğ. (1991) tarafından SW Sex yıldızları sınıflaması ile açıklanmaya başlanmıştır.

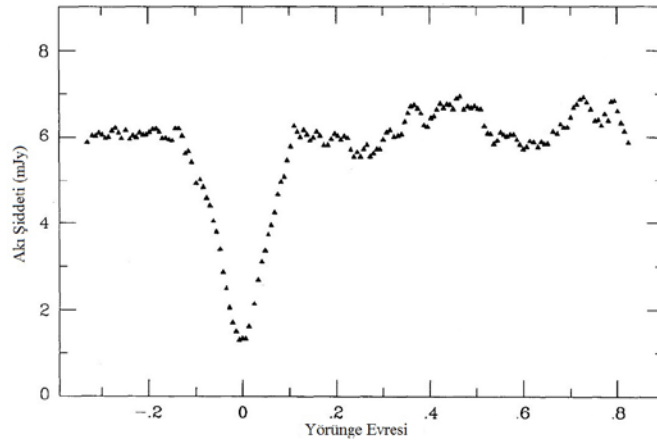
Dhillon ve diğ. (1991) tarafından yapılan tayfsal çalışma ile V1315 Aql sisteminin sahip olduğu özellikler net bir şekilde açıklanmıştır. 0,5 evresi yakınlarında Balmer ve HeI emisyon çizgilerinde görülen çift tepeli çizgi profilinin absorbsiyondan kaynaklandığını göstermişlerdir. Yüksek seviyede uyarılmış çizgilerin yörünge hareketi boyunca tek

tepeli çizgi profili gösterdiklerini, tutulmadan etkilendiklerini ve beyaz cüceye yakın bölgeden geldiklerini bulmuşlardır (Bkz. Şekil 2.25).



Şekil 2.25: Dhillon ve diğ. (1991) çalışmasında bütün evrelerin tayflarının karşılaştırılması yapılmış ve çizgi davranışları açıklanmaya çalışılmıştır. Bu şekle göre Balmer çizgilerinin ve HeI çizgisinin tutulmadan etkilenmediği ancak 0,5 evresi yakınında absorpsiyon profili gösterdiği görülmektedir. HeII $\lambda 4686$ ve CIII/NIII $\lambda 4640-4650$ çizgilerinin ise tutulma gösterdikleri görülmektedir.

Yörünge periyodunu 0,13968994 gün (3,35 saat) olarak bulmuşlar ve O-C diyagramına baktıklarında değişim görmemişlerdir. Tutulma derinliklerini incelediklerinde ise V parlaklığında 1,9 kadire kadar derin bir tutulma görmüşlerdir. Minimumlar simetriktir ve tutulma öncesinde görülen yörünge hörgücüne rastlanmamıştır. Aynı zamanda sıcak lekeden ya da iç diskten kaynaklanan emisyonun oluşturduğu flickering etkilerini de gözlemişlerdir (Bkz. Şekil 2.26). Sistemin kütle oranını $q = 0,41$, eğim açısını ise $i = 82^\circ, 1$ olarak bulmuşlardır.



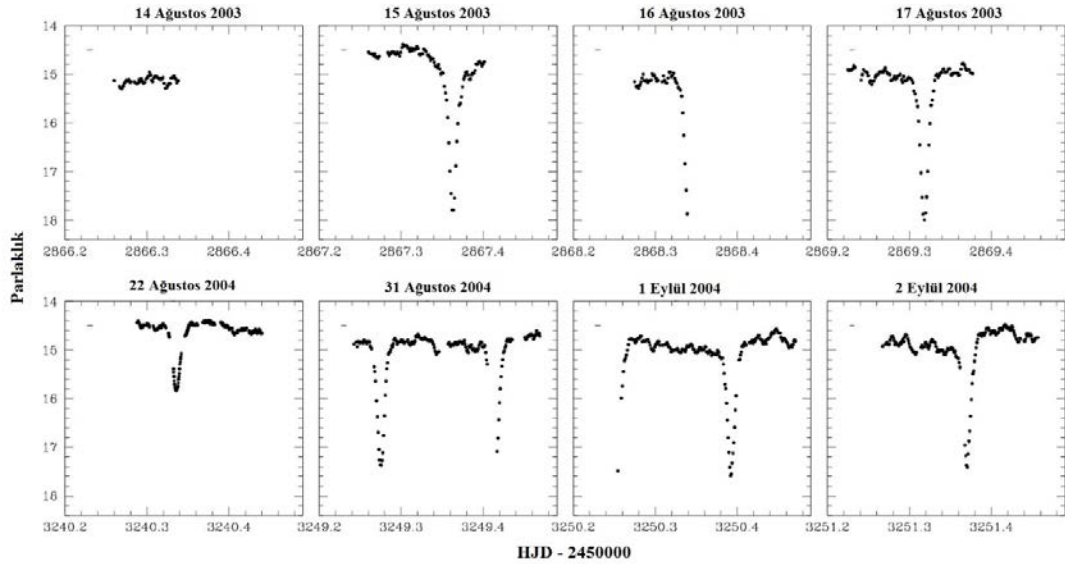
Şekil 2.26: Dhillon ve diğ. (1991) çalışmasında V filtresinde verilen ışık eğrisi.

Kaitchuck ve diğ. (1994) tarafından yapılan ayrıntılı Doppler çalışmaları ile elde edilen disk haritalarında HeII $\lambda 4686$ emisyon çizgisinin diskin hangi bölgesinden geldiği konusu üzerinde durulmuş ve beyaz cücenin tahmin edilen konumuyla örtüşüp örtüşmediğine bakılmıştır. Sonuçlar bu çizginin beyaz cücenin yakınlarından geldiğini göstermiştir. Bu da beyaz cücenin hareketini anlayabilmek için yardımcı olabilecek bir bilgidir. Dhillon ve diğ. (2000) yaptıkları kıızılötesi çalışmalarda ise, diskin sürekli ışıması ve oldukça parlak olması sebebiyle ikincil yıldız hakkında net bir veriye ulaşamamışlardır.

Hellier (1996) yaptığı tayfsal çalışmalarda, V1315 Aql yıldızında disk taşmasını ve onun sebep olduğu güçlü disk rüzgârlarının varlığını açıklamıştır. Böylece önceki çalışmalarda bulunan özellikler de anlam kazanmıştır. Ayrıca yörünge periyodunu 0,139689938 gün olarak belirlemiştir.

Papadaki ve diğ. (2009) tarafından yapılan fotometrik çalışmada, önceki çalışmalardan alınan minimum zamanları ile oluşturulan *O-C* diyagramına göre sistemin periyodunda bir değişim olmadığı gösterilmiştir. Yörünge periyodu ise, 0,139689959 gün olarak bulunmuştur. Downes ve diğ. (1986) çalışmasında tutulma derinliği V parlaklığında 1,7 kadir kadar ölçülmüşken bu çalışma kapsamında 2003 yılında yapılan filtresiz gözlemlerde tutulma derinliği 3,2 kadir civarında, 2004 yılında R bandında yapılan gözlemlerde ise tutulma derinliği 2,6 kadir olarak bulunmuştur. 2004 yılında yapılan gözlemlerin bir gecesinde ise tutulma derinliğinin filtresiz olarak 1,5 kadire kadar

azalması şaşırtıcıdır (Bkz. Şekil 2.27). Tutulma derinliklerinin değişimi için; Stanishev ve diğ. (2004) çalışmasında DW UMa için, Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında da PX And için iki ayrı model verilmiştir. DW UMa için verilen modele göre tutulma derinlikleri sistemin yüksek ya da düşük halleri için farklılık göstermektedir. Ancak Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında gözlem sayılarının az olması dolayısıyla bu model ile ilişki kurulamamıştır. Ancak yine de 3,2 kadirlik değişim ile 1,5 kadirlik değişimin olduğu gözlemler için tutulmalar haricindeki ışık eğrilerindeki parlaklıklar karşılaştırılmış ve benzer değerler görülmüştür. Bu sebeple sistemin yüksek ya da düşük halde olup olmadığı konusunda yorum yapılamamıştır. PX And için verilen presesyon modeli ile karşılaştırıldığında ise uzun süreli gözlemler olmadığı için V1315 Aql sistemiyle uyumlu olmadığı görülmüştür (Papadaki ve diğ. 2009).



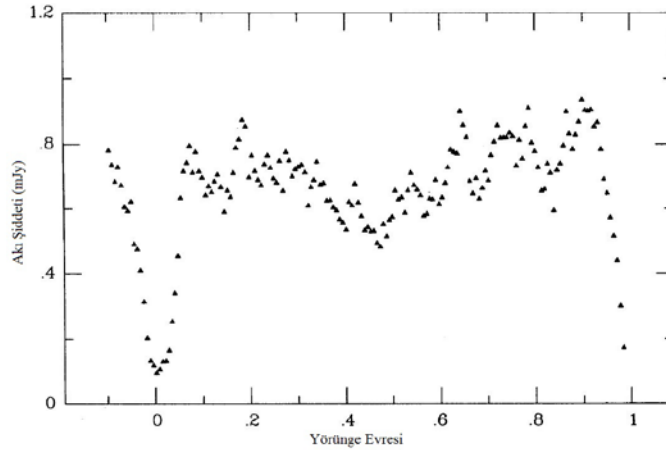
Şekil 2.27: Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında elde edilen ışık eğrileri verilmiştir. 15 Ağustos 2003 tarihinde görülen tutulma derinliği 3,2 kadir, 22 Ağustos 2004 tarihindeki tutulma derinliği ise 1,5 kadir kadar ölçülmüştür. 2003 gözlemleri ve 22 Ağustos 2004 gözlemi filtresiz olarak diğer 2004 gözlemleri R filtresi ile yapılmıştır.

2.4.3.3. BH Lyn

İlk olarak Palomar – Green taraması ile tespit edilmiş ve PG0818+513 adını almıştır. Green ve diğ. (1982), yaptıkları çalışmada yüksek seviyede uyarılmış emisyon tayfinin yaşlı nova tayfı ile benzerlik gösterdiğini bulmuşlardır. Andronov ve diğ. (1989) yaptıkları fotometrik çalışma ile yörünge periyodu 0,15587490 gün, yani 3,74 saat olarak hesaplamışlardır.

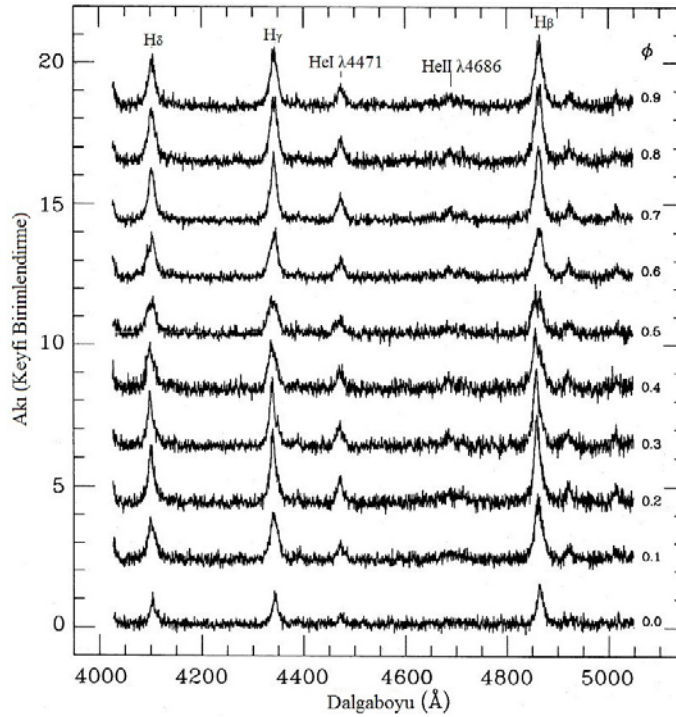
Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında yörünge periyodu emisyon çizgilerinin radyal hız verileri kullanılarak 0,15599 gün (3,74 saat) olarak belirlenmiştir. H α emisyon çizgilerinin tutulmadan çok fazla etkilenmediğini görmüşlerdir. Ayrıca benzer özellikler gösteren SW Sex, DW UMa, V1315 Aql ve PX And yıldızlarına oranla çok daha sönük bir sistem olarak gözlenmiş ve V parlaklığındaki değeri 16,9 kadir olarak ölçülmüştür.

Dhillon ve diğ. (1992), BH Lyn yıldızının hem tayfsal hem de fotometrik verilerini incelemiştir. Yörünge periyodu 0,15587507 gün, yani 3,74 saat olarak belirlenmiştir. R filtresinde yapılan gözlemlerde tutulma derinliği 2,1 kadir olarak bulunmuştur. Sıcak lekeye ait belirgin bir hörgüçe rastlanmamıştır. Sıcak lekeden ya da iç diskten kaynaklanan flickering etkileri gözlenmiştir (Bkz. Şekil 2.28).



Şekil 2.28: BH Lyn yıldızının R bandında alınmış gözlemlerinin ışık eğrisi gösterilmiştir (Dhillon ve diğ., 1992).

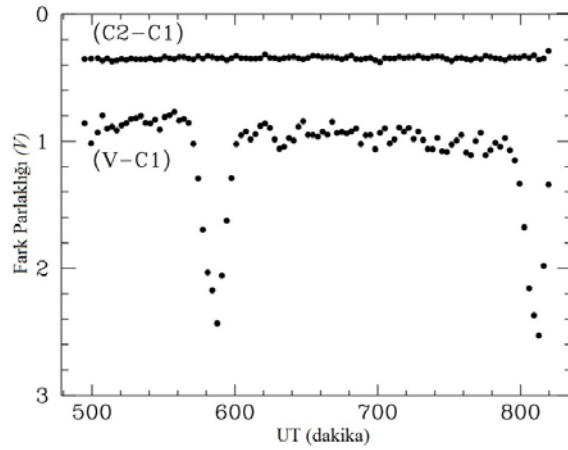
Dhillon diğ. (1992), sistemin eğim açısını $i = 81^\circ$, kütle oranını ise $q = 0,41$ olarak bulmuşlardır. Şekil 2.29’da görüldüğü gibi tayf gözlemlerinde bileşen yıldızın tutulduğu evrelerde Balmer ve HeI emisyon çizgilerinde bir absorbsiyon profili gözlemişlerdir. Ayrıca yüksek seviyede uyarılmış HeII $\lambda 4686$ ve CIII/NIII $\lambda\lambda 4640-4650$ çizgileri çok zayıf görülmektedir. O zamana kadar incelenen, aralarında büyük bir benzerlikler olan ve SW Sex yıldızları olarak adlandırılan V1315Aql, SX Sex, PX And ve DW UMa ile karşılaştırılmış ve birkaç özellik dışında büyük benzerlikler keşfedilmiştir. Farklı olan özellikleri ise sistemin düşük haldeyken gözlenmesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 2.29: BH Lyn yıldızının yörünge evresine bağlı olarak emisyon çizgilerinin değişimi (Dhillon ve diğ., 1992).

Hoard ve Szkody (1997), çalışmasında BH Lyn yıldızını önceki çalışmalardaki düşük ve orta hallerinden farklı olarak yüksek halde gözlemiştir. Ayrıca morötesi gözlemlerini de yapmışlardır. Şekil 2.30’da görüldüğü gibi disk ile yığılma akımının etkileştiği sıcak lekeden kaynaklanan tutulma öncesi görülen hörgücün (az da olsa) varlığını ortaya koymuşlardır. V filtresinde yaptıkları tutulma profilinden ve HeII $\lambda 4686$ emisyon çizgisinin radyal hız profilinden yola çıkarak bazı parametreleri belirlemişlerdir: $i \approx 79^\circ$, $q \approx 0,45$, $M_{BC} \approx 0,7M_\odot$, $M_2 \approx 0,3M_\odot$, $R_2 \approx 0,4R_\odot$, $a \approx 1,2R_\odot$. Tutulma

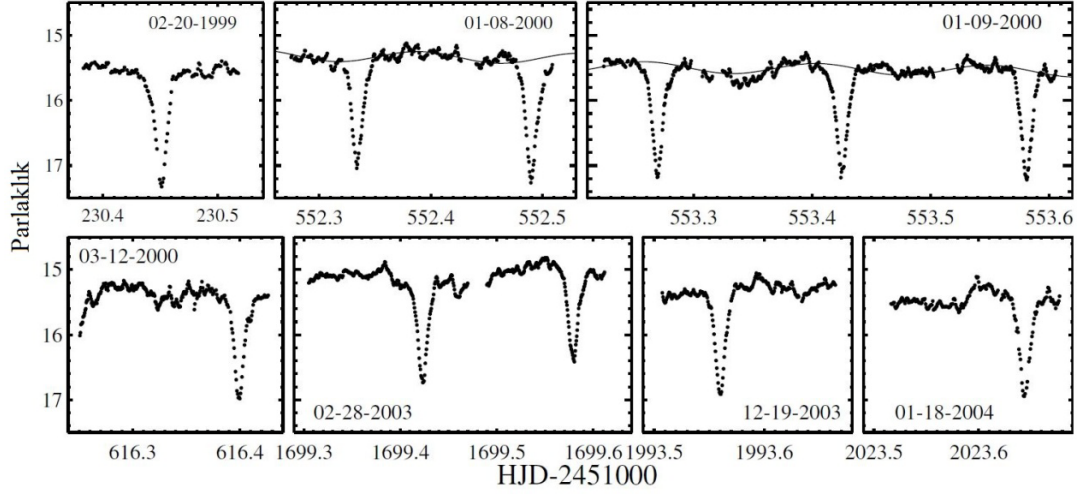
derinliğini V filtresinde 1,5 kadir, flickering genliğini $\sim 0,1$ kadir olarak ölçmüşlerdir. Emisyon çizgilerinin doppler haritalarından yola çıkarak yığılma diskinin üzerinde dikey olarak genişleyen bölgelerin varlığını ortaya atmışlar ve bazı evrelerde görülen absorpsiyonu bu modelle açıklamışlardır. Balmer ve HeI çizgilerinin tutulmadan etkilenmediğini görmüşlerdir. Bu durumun da disk rüzgârlarından kaynaklanabileceğini söylemişlerdir. Yörünge periyodunu ise, 0,15587520 gün olarak tespit etmişlerdir.



Şekil 2.30: BH Lyn yıldızının ışık eğrisi (Hoard ve Szkody, 1997).

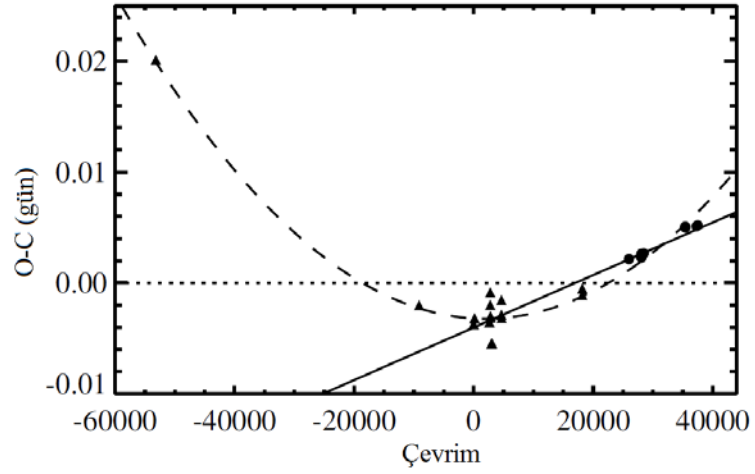
Stanishev ve diğ. (2006) V filtresinde yaptıkları fotometrik çalışmada ise yüksek halde gözlenen BH Lyn yıldızının $\sim 1,5$ kadirlik derin bir tutulma profili gösterdiğini görmüşler ve V parlaklığını 15,5 kadir olarak belirlemişlerdir. Tutulma profilini incelemişler ve 1999 yılındaki gözlem hariç diğer gözlemlerin iniş kollarının birbirine benzediğini, çıkış kolunun ise farklılık gösterdiğini bulmuşlardır. Ayrıca bazı tutulmaların başında ya da sonunda görülen flickering etkileri tutulmaların tek tip olmamasına sebep olmaktadır. Bu konu için öne sürülen başka bir açıklama ise disk taşıması bölgesindeki gazdaki değişimlerdir. Yörünge periyodu 0,155875577 gün olarak bulunmuştur. Ayrıca 5-10 dakikalık değişimlerle $\sim 0,2$ kadir genlikli güçlü flickering etkilerini tespit etmişlerdir. PX And için önerilen eğimli disk modelinden kaynaklandığını düşündükleri negatif süperhörgüç periyodunu $\sim 0,1450$ gün olarak bulmuşlardır (Bkz. Şekil 2.31). SW Sex yıldızları için süperhörgüç oluşumu ile ilgili henüz tam bir model verilememiş olsa da, Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında BH Lyn için süperhörgüç oluşum modeli Bölüm 2.4.3.1’de PX And yıldızı için verilen disk

taşması modeli ile açıklanmıştır. Aynı zamanda dakika mertebesinde değişimler de incelenmiş ve 47 dakikalık yarı periyodik salınım gösterdiğini bulmuşlardır.



Şekil 2.31: BH Lyn yıldızının V filtresinde elde edilmiş ışık eğrileri verilmiştir. 8 - 9 Ocak 2000 tarihlerindeki ışık eğrilerinden geçirilen sinüs eğrisi süperhörgüçü göstermektedir (Stanishev ve diğ. 2006).

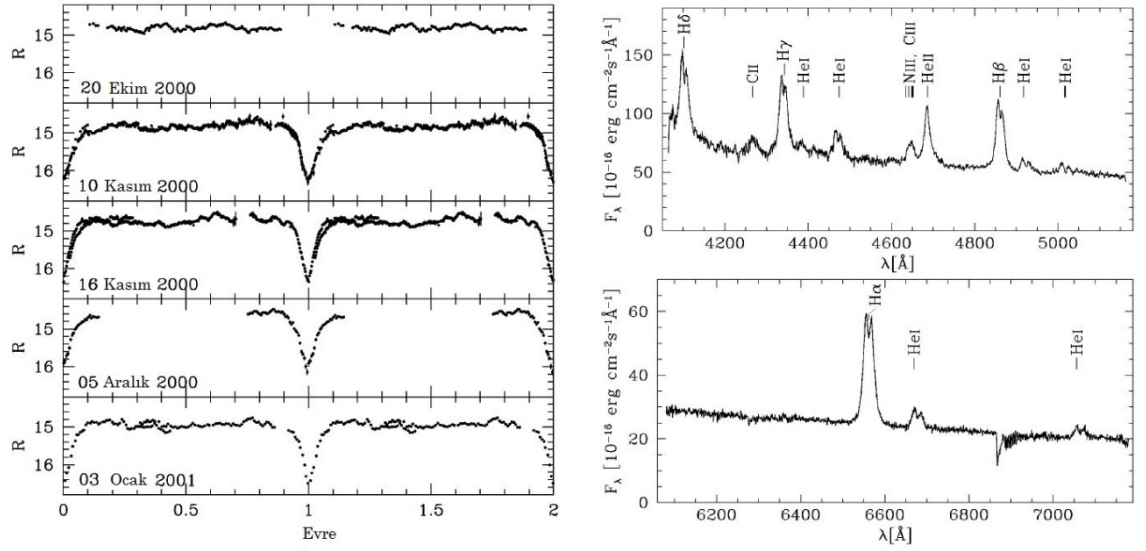
BH Lyn yıldızının periyot değişimi ile ilgili Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında yapılan O-C analizleri yörünge periyodunda bir değişim olabileceğini göstermiştir. Stanishev ve diğ. (2006), O-C analizlerini gerçekleştirirken, Andronov ve diğ. (1989) çalışmasında fotografik plaklar ile farklı poz süreleriyle (8,12 ve 30 dakika) tespit edilen ve Tablo 4.11’de verilen minimum zamanları üzerinden saçılma gösteren, hatası yüksek olan ilk iki minimum zamanını dikkate almamışlardır. Aynı zamanda epok değerini de bu iki minimum zamanı olmadan hesaplamışlardır. Buldukları değişim Şekil 2.32’de verilmiştir. Buna göre kesikli çizgi ile gösterilen eğri bütün minimum zamanları kullanılarak elde edilmiş, düz çizgi ile gösterilen eğimli doğru ise ilk iki minimum çıkarılarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre yörünge periyodunda bir artış gözlenmektedir. Kütle aktarımı açısal momentumun korunumu altında gerçekleşiyorsa yörünge periyodunun artması gerekmektedir. Stanishev ve diğ. (2006) bu artış için, kataklismik değişenlerin Standart Evrim Modeli’ne uymadığını (yörünge periyodunun azalması gerektiğini) ve bu artışın kanıtlanabilmesi için daha fazla veriye ihtiyaç duyulduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 2.32: Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında verilen O-C değişimi.

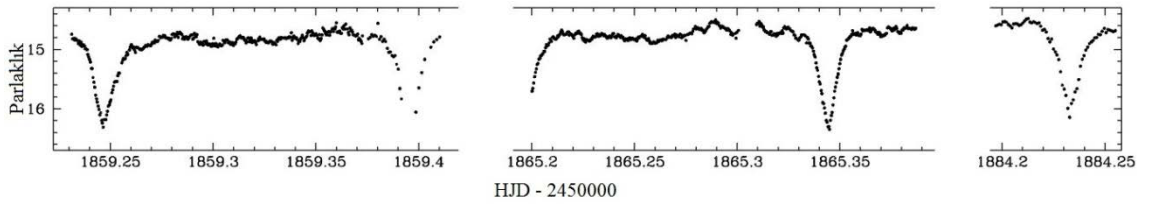
2.4.3.4. *HS0455+8315*

Gänsicke ve diğ. (2002) yaptığı çalışmada, Hamburg Quasar Survey tarafından keşfedilen HS0455+8315 yıldızının V filtresindeki parlaklığını $\sim 14,7$ kadir, R filtresindeki parlaklığını ise $\sim 14,8$ kadir olarak ölçmüşlerdir. Tutulma derinliğini R filtresinde $\sim 1,5$ kadir olarak ölçmüşlerdir. Yörünge periyodunu 3,5695 saat, sistemin uzaklığını ise $d \geq 430$ pc olarak bulmuşlardır. Zayıf da olsa yörünge hörgücünü tespit etmişlerdir. Maksimum genliği R filtresinde $\sim 0,3$ kadir olan flickering etkisine rastlanmıştır. Güçlü HeII $\lambda 4686$ ve Balmer çizgileri görülmüştür (Bkz. Şekil 2.33).

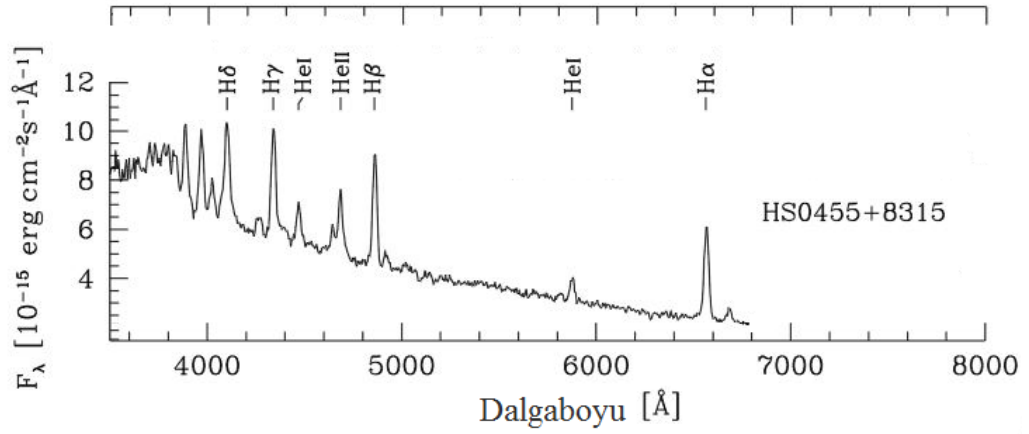


Şekil 2.33: Soldaki şekilde HS0455+8315 yıldızının R filtresiyle alınmış gözlemlerinden oluşturulmuş ışık eğrileri verilmiştir. Sağdaki şekilde ise, farklı dalga boylarındaki tayfları verilmiştir. Balmer çizgileri ve HeI çizgisinde çift tepeli emisyon profili gözlenmektedir. HeII $\lambda 4686$ çizgisi ise tek tepelidir (Gänsicke ve diğ., 2002).

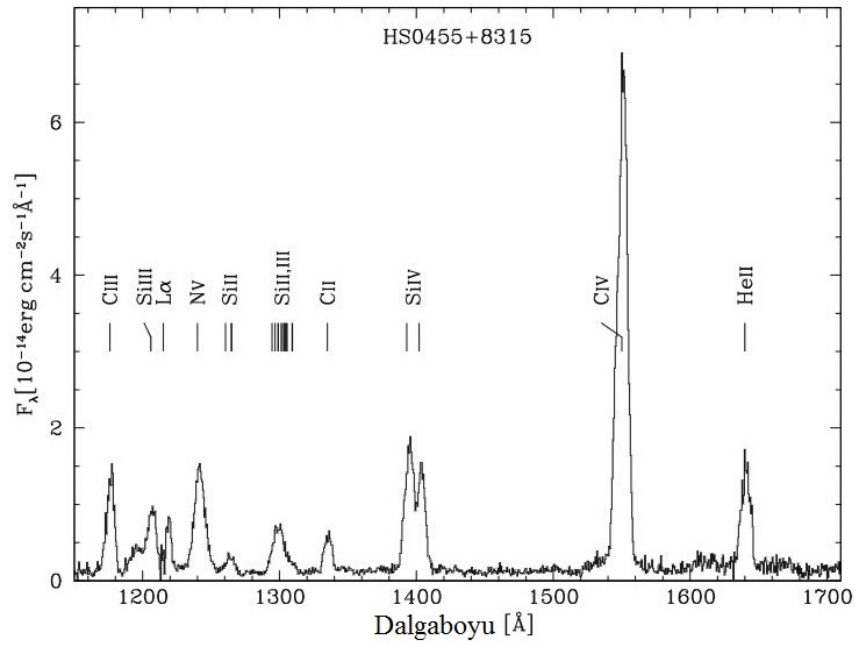
Rodriguez-Gil (2005) tarafından yapılan çalışmada sistemin yörünge periyodu 3,57 saat olarak bulunmuştur. Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) tarafından yapılan çalışmada elde edilen ışık eğrileri Şekil 2.34'te gösterilmiş ve yörünge periyodu 3,56937674 saat olarak tespit edilmiştir. Güçlü HeII $\lambda 4686$, Balmer ve HeI çizgileri gözlenmiştir (Bkz. Şekil 2.35). Aynı zamanda 0,75 evresinde Hubble Uzay Teleskobu ile uzak morötesi bölgede alınan tayfında çok güçlü He emisyon çizgileri görülmüştür (Bkz. Şekil 2.36). Bileşen yıldızın kimyasal bolluğunu gösteren C, N, O, ve Si çizgileri de gözlenmiştir.



Şekil 2.34: HS0455+8315 yıldızının farklı zamanlarda R filtresiyle yapılan gözlemleriyle oluşturulmuş ışık eğrileridir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).



Şekil 2.35: HS0455+8315 yıldızının Rogriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen optik tayfı.



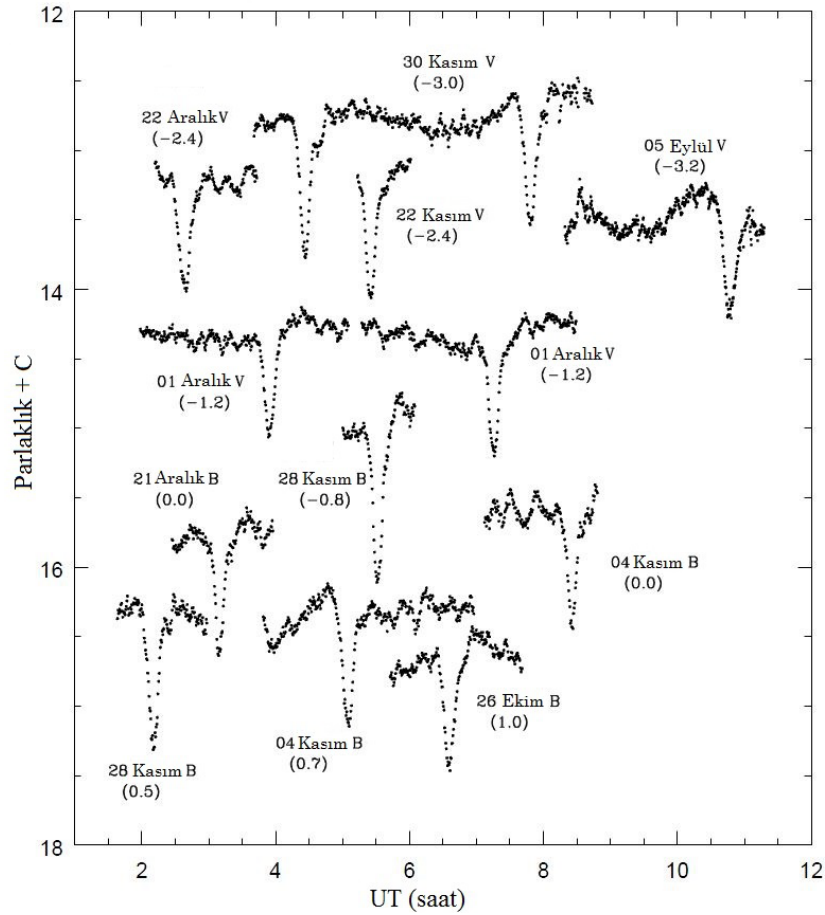
Şekil 2.36: HS0455+8315 yıldızının Rogriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen uzak morötesi tayfı.

2.4.3.5. HS0129+2933

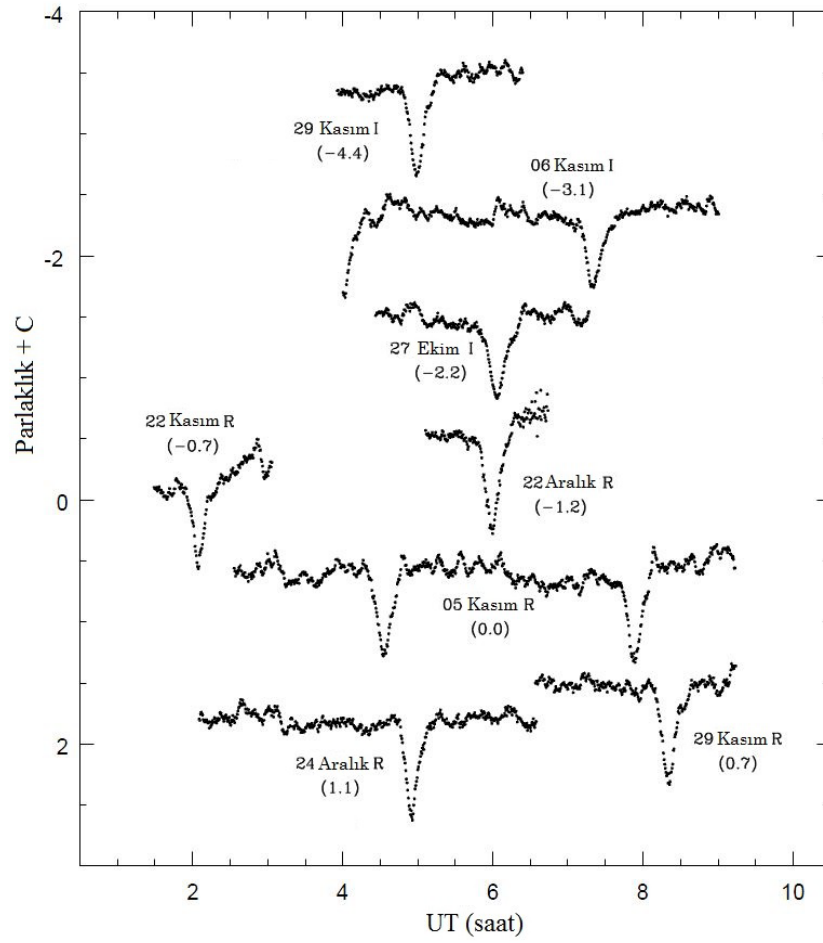
Diğer adı TT Tri olan HS0129+2933 yıldızı, Romano (1978a,b) tarafından tutulma gösteren bir çift yıldız olarak tanımlanmıştır. Sharov (1992), yıldızın astrometrik gözlemlerini gerçekleştirmiştir. Daha sonra 1995 yılında Hamburg Quasar Survey ile gözlenmiş ve HS0129+2933 adını almıştır. Rodriguez-Gil (2005), SW Sex yıldızlarının

bir üyesi olabileceğini söylemiştir. Yörünge periyodunu ise 3,35 saat olarak belirlemiştir.

Warren ve diğ. (2006) çalışmasında, HS0129+2933 yıldızının *BVRI* filtrelerinde gösterdiği tutulma profillerini incelemiştir (Bkz. Şekil 2.37, Şekil 2.38). Bu çalışmada yörünge periyodu 0,1396369 gün (3,35 saat) olarak bulunmuştur. Aynı zamanda flickering etkileri de gözlenmiştir. Kütle oranı $0,3 \leq q \leq 0,9$, eğim açısı $70^\circ < i < 77^\circ$ aralığında kabul edilerek farklı q değerleri kullanılarak sistemin parametreleri hesaplanmıştır. Yığılma diskinin sıcaklığı 5,000 – 12,000 K, beyaz cücenin sıcaklığı 10,000 – 80,000 K arasında, bileşen yıldızın sıcaklığı ise 3400 K olarak bulunmuştur. Uzaklığı ise ~400 - 500 pc olarak belirlenmiştir.

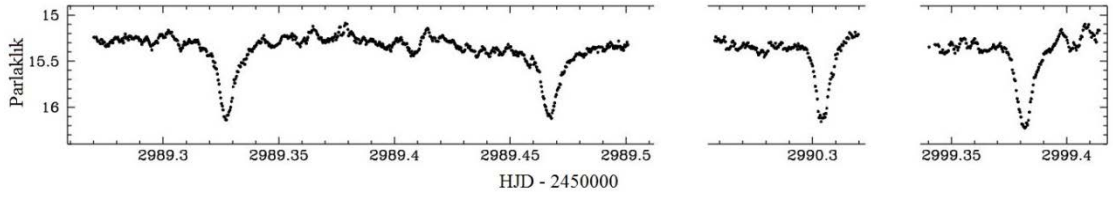


Şekil 2.37: HS0129+2933 yıldızının *B* ve *V* filtresinde alınmış gözlemlerinin ışık eğrileri verilmiştir (Warren ve diğ., 2006).

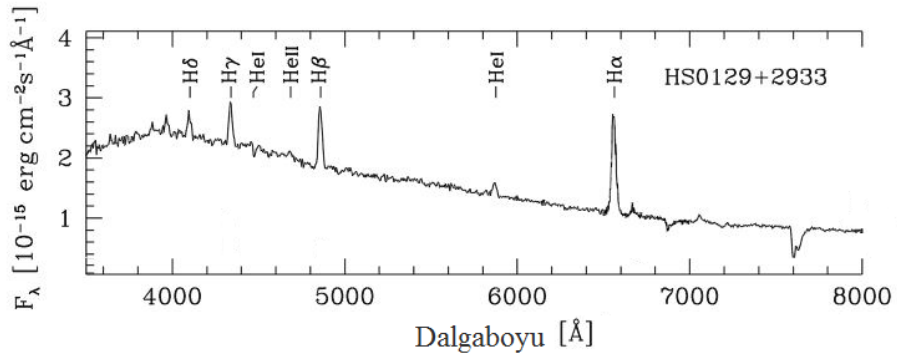


Şekil 2.38: HS0129+2933 yıldızının *R* ve *I* filtresinde alınmış gözlemlerinin ışık eğrileri verilmiştir (Warren ve diğ., 2006).

Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında 3 - 4 saat aralığında baskın olan SW Sex yıldızları incelenmiştir. Bu kapsamda HS0129+2933 yıldızı da gözlenmiş ve derin bir tutulma gösteren sistemin yörünge periyodu 0,139637428 gün (3,35129827 saat) olarak hesaplanmıştır (Bkz. Şekil 2.39). Tayfına bakıldığında ise Şekil 2.40'daki gibi zayıf HeII $\lambda 4686$ çizgisine sahip olduğu görülmüş, bu sebeple radyal hız eğrileri H α çizgileri kullanılarak çizilmiştir.



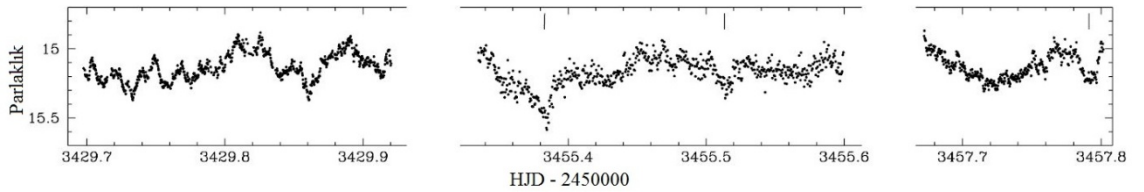
Şekil 2.39: HS0129+2933 yıldızının farklı zamanlarda filtresiz gözlemleriyle oluşturulmuş ışık eğrileridir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).



Şekil 2.40: HS0129+2933 yıldızının akı kalibrasyonu yapılmış optik tayfı (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).

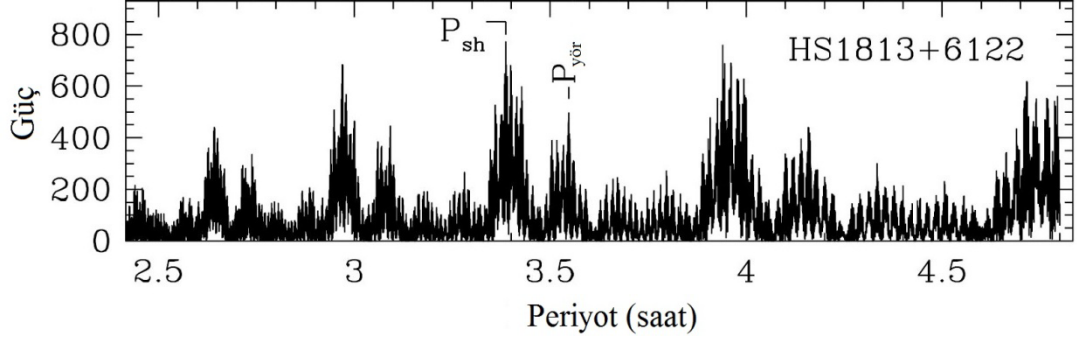
2.4.3.4. HS1813+6122

Hamburg Quasar Survey ile keşfedilmiş olan bu sistemin ilk analizlerini Rodriguez-Gil (2005) yapmış ve yörünge periyodunu 3,55 saat olarak bulmuştur. Tutulma göstermeyen ve SW Sex yıldızı olarak sınıflandırılmış olan HS1813+6122 yıldızı Rodriguez ve diğ. (2007) çalışmasında ele alınmıştır. Işık eğrilerinde 0,1 - 0,2 kadir genliğinde 10-20 dakikalık kısa süreli salınımlar göstermektedir (Bkz. Şekil 2.41).

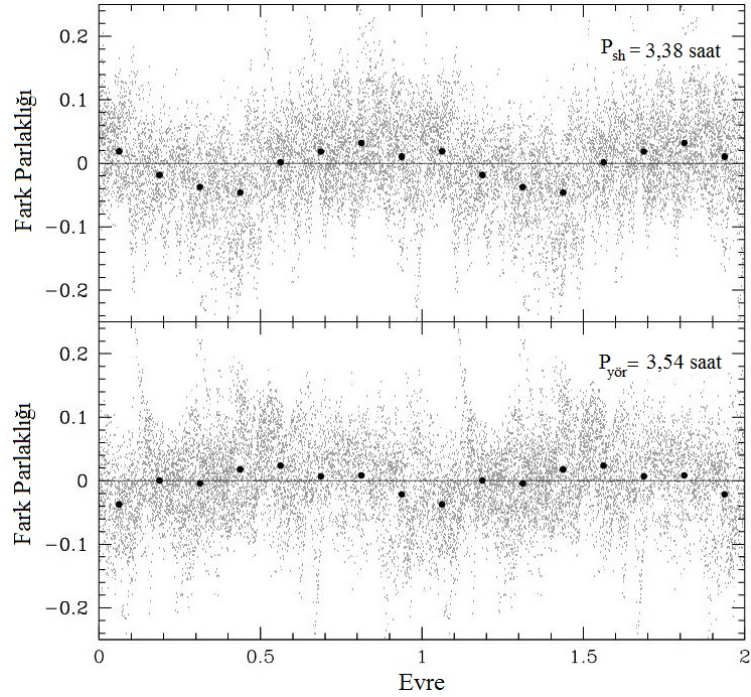


Şekil 2.41: HS1813+6122 yıldızının farklı zamanlarda filtresiz yapılan gözlemleriyle oluşturulmuş ışık eğrileridir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).

Gecelik ortalamalar üzerinden oluşturulan verilerle yapılan periyot analizi sonuçlarında 3,38 saat ve 3,54 saatlik periyotlarla tekrar eden güçlü sinyaller yakalamışlardır. Buna göre daha güçlü olan 3,38 saatlik periyot süperhörgüç periyodu, 3,54 saatlik periyot ise yörünge periyodu olarak belirlenmiştir (Bkz. Şekil 2.42, 2.43).

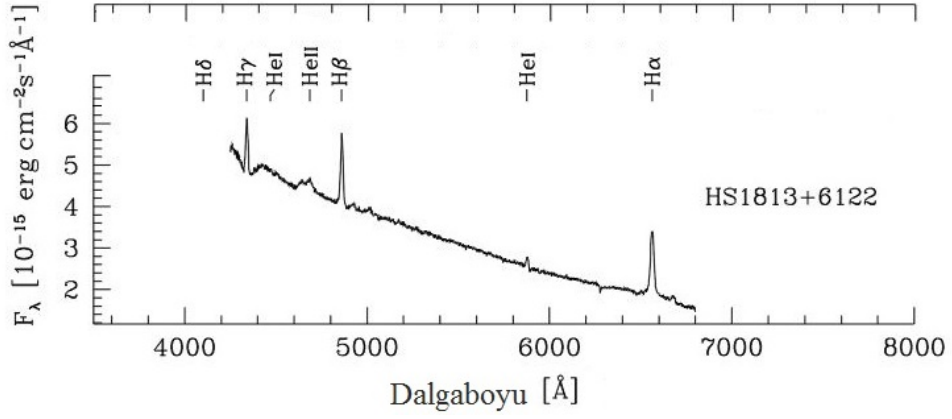


Şekil 2.42: HS1813+6122 yıldızının periyodogramı (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).

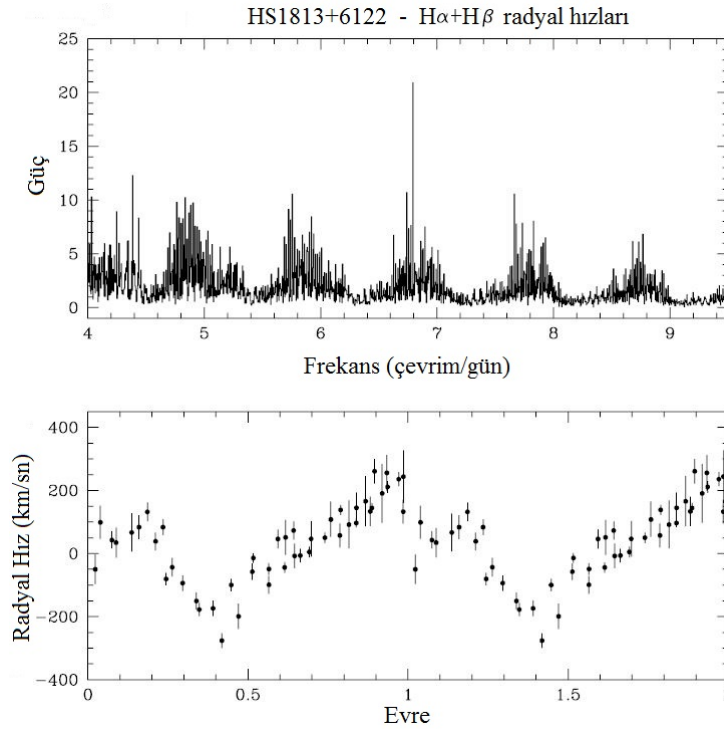


Şekil 2.43: Üstteki evre diyagramı, süperhörgüç periyoduna göre tüm veri ile çizilmiştir. Altındaki evre diyagramı ise süperhörgüç periyodu çıkarıldıktan sonra kalan (residual) veri ile çizilmiştir (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).

Optik tayfı Şekil 2.44'teki gibi verilmiştir. $H\alpha+H\beta$ emisyon çizgilerinin radyal hız verilerini kullanarak yörünge periyodunu 3,53 saat olarak belirlemişlerdir (Bkz. Şekil 2.45). Epok zamanını da T_0 (HJD) = 2452819,568(2) olarak hesaplamışlardır.



Şekil 2.44: HS1813+6122 yıldızının akı kalibrasyonu yapılmış optik tayfı (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007).



Şekil 2.45: Üstte; $H\alpha+H\beta$ radyal hız verilerinin periyodogramı, Altta binning uygulanmamış radyal hız eğrisi verilmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. VERİLER

Tez çalışması kapsamında seçilmiş 6 SW Sex türü kataklismik değişen yıldızın fotometrik gözlemleri; Ağustos 2012, Eylül 2012 ve Ekim 2013 olmak üzere üç ayrı gözlem döneminde, Ulupınar Astrofizik Gözlemevi'ndeki (Çanakkale) İST60 teleskobu (0,6m) ile gerçekleştirilmiştir. İST60 teleskobu Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi arasında gerçekleştirilen bir protokol ile kurulmuş ve ilk ışığını Haziran 2011'de almıştır (Bkz. Şekil 3.1 ve Tablo 3.1). Ağustos 2012 ve Ekim 2013 gözlemleri için Apogee Alta U42 ve Eylül 2012 gözlemleri için SBIG STL1001E model iki CCD kamera kullanılmıştır (Bkz. Şekil 3.2 ve Tablo 3.2).

Tablo 3.1: Aşağıdaki tabloda İST60 teleskobunun genel özellikleri gösterilmiştir.

İST60 Teleskopunun Genel Özellikleri	
Ayna Çapı	60 cm
Odak Oranı	f/8
Türü	Ritchey-Chrétien
Kundak Tipi	Alman Ekvatoryal
İlk Işık	Haziran, 2011
Enlem	40° 06' 01"
Boylam	01 ^h 45 ^m 54 ^s
Yükseklik	410 m
Gözlem Projeleri	Değişen yıldız, Çift yıldız, Asteroid vb.
Marka	ASTELCO (Pilye: NTM-500)



Şekil 3.1: Solda Türkiye'nin en hızlı teleskobu olan İST60 teleskobu ve sağda gözlemevinin genel görünümü.

Tablo 3.2: Aşağıdaki tabloda gözlemlerde kullanılan CCD kameraların genel özellikleri verilmiştir.

Özellik	Apogee Alta U42	SBIG STL1001E
CCD Alanı	2048 x 2048 piksel	1024 x 1024 piksel
Piksel Boyutu	13,5 x 13,5 mikron	24 x 24 mikron
Görüntüleme Alanı	27,6 x 27,6 mm	24,6 x 24,6 mm
Okuma Gürültüsü ⁷	10,3 e ⁻ RMS, 10 e ⁻ RMS	14,8 e ⁻ RMS
Kazanç ⁸	1.2 e ⁻ /ADU, 2 e ⁻ /ADU	2,2 e ⁻ /ADU
Yonga	E2V CCD42-40	KAF-1001E
Soğutma	-45 °C'ye kadar	-50 °C'ye kadar



Şekil 3.2: Soldaki⁹ fotoğraf Apogee Alta U42 model CCD kameraya, sağdaki¹⁰ fotoğraf ise SBIG STL1001E model CCD kameraya aittir.

Seçilen SW Sex türü sistemlerin fotometrik gözlemlerinden elde edilen ışık eğrilerindeki periyodik değişimlerin araştırılması amaçlandığından, daha az poz süresi ile maksimum ışığın elde edilebilmesi ve zaman çözünürlüğünün daha iyi olabilmesi açısından filtresiz gözlem yapılmıştır. Her üç dönemde de gözlemler; 30 saniyelik poz süreleriyle, MaxIm DL programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

⁷ Apogee Alta U42 CCD'de yaşanan arızalar sonucu iki farklı okuma gürültüsü değeri kullanılmıştır.

⁸ Apogee Alta U42 CCD'de yaşanan arızalar sonucu iki farklı kazanç değeri kullanılmıştır.

⁹ http://www.astro.com.sg/sec_65206.html, 29.04.2014 - 18:00

¹⁰ http://archive.sbig.com/sbwhtmls/large_format_cameras.htm, 29.04.2014 – 18:00

Seçilmiş SW Sex türü değişenlerin genel özellikleri Tablo 3.3’de verilmiştir:

Tablo 3.3: Aşağıda tez kapsamında seçilmiş 6 SW Sex türü kataklismik değişen yıldızın genel özellikleri gösterilmiştir. Cisimlerin koordinatları ve periyot değerleri Ritter ve Kolb (2003, güncelleme 7.20) kataloğundan, B , V , R parlaklık değerleri Norton ve diğ. (2007) ve Cutri ve diğ. (2003), uzaklık değerleri ise Ak ve diğ. (2008) çalışmasından alınmıştır.

Cisim	(ICRS, J2000) [α, δ]	Periyot (saat)	B (m)	V (m)	R (m)	d (pc)
PX And	00 30 05,81 +26 17 26,4	3,51	15,38	14,88	14,69	742
V1315 Aql	19 13 54,53 +12 18 03,2	3,35	16,1	-	-	489
BH Lyn	08 22 36,05 +51 05 24,6	3,74	15,73	-	14,8	724
HS0455+8315	05 06 48,21 +83 19 23,5	3,56	14,8	-	14,6	580
HS0129+2933	01 31 59,86 +29 49 22,1	3,35	14,7	-	15,1	707
HS1813+6122	18 14 29,84 +61 23 34,4	3,54	15,2	15,1	15,1	1044

3.1.1. Gözlem Dönemleri

Ağustos 2012 dönemi gözlemleri; aşağıdaki Tablo 3.4’te gösterildiği gibi 18-19 Ağustos tarihlerinde, Apogee Alta U42 model CCD kamera ile yapılmıştır. Bu gözlem dönemi içerisinde CCD kameranın okuma gürültüsü $10,3 e^-$ RMS, kazanç değeri ise $1.2 e^-/ADU$ ’dur. Seçilen yıldızlar içerisinde yalnızca PX And ve V1315 Aql yıldızları gözlenmiştir.

Tablo 3.4: Ağustos 2012 döneminde gözlenen yıldızların gözlemsel bilgileri ve görüntü sayıları verilmiştir.

Ağustos 2012			
Cisim	Tarih	UT	Görüntü
PX And	18.08.2012	19:34 – 02:15	573
V1315 Aql	19.08.2012	18:38 – 23:49	482
BH Lyn	-	-	-
HS0455+8315	-	-	-
HS0129+2933	-	-	-
HS1813+6122	-	-	-

Eylül 2012 döneminde seçilen yıldızların gözlemleri, Apogee Alta U42 model CCD kamerada yaşanan bir arızadan dolayı, BAP 3685 numaralı projeye ait diğer bir CCD kamera olan SBIG STL1001E kullanılarak yapılmıştır. Eylül 2012 döneminde, V1315 Aql hariç diğer 5 yıldızın gözlemi yapılmıştır. Tablo 3.5’de gözlemlere ait genel bilgiler gösterilmiştir.

Tablo 3.5: Eylül 2012 döneminde gözlenen yıldızların gözlemsel bilgileri ve görüntü sayıları verilmiştir.

Eylül 2012			
Cisim	Tarih	UT	Görüntü
PX And	23.09.2012	22:37 – 03:12	479
V1315 Aql	-	-	-
BH Lyn	24.09.2012	23:14 – 02:54	400
HS0455+8315	22.09.2012	18:17 – 02:57	913
HS0129+2933	24.09.2012	17:28 – 22:50	580
HS1813+6122	23.09.2012	17:35 – 22:14	500

Ekim 2013 gözlem döneminin gözlemleri için Apogee Alta U42 model CCD kamera kullanılmıştır. Ancak Ağustos 2012 döneminde Apogee Alta U42 CCD kamerada yaşanan arızanın telafisinden sonra, okuma gürültüsü $10 e^-$ RMS, kazanç değeri ise $2 e^-$ /ADU olarak değişmiş ve verilerin indirgenmesi aşamasında bu değerler kullanılmıştır. Bu gözlem döneminde ise PX And, BH Lyn, HS0455+8315 ve HS0129+2933 yıldızları gözlenmiştir. Tablo 3.6’da ise bu dönemde yapılan gözlemlerin özellikleri verilmiştir.

Tablo 3.6: Ekim 2013 döneminde gözlenen yıldızların gözlemsel bilgileri ve görüntü sayıları verilmiştir.

Ekim 2013			
Cisim	Tarih	UT	Görüntü
PX And	04.10.2013	22:53 – 02:17	218
V1315 Aql	-	-	-
BH Lyn	05.10.2013	22:32 – 00:20	116
HS0455+8315	05.10.2013	17:06 – 22:25	335
HS0129+2933	04.10.2013	18:45 – 22:25	260
HS1813+6122	-	-	-

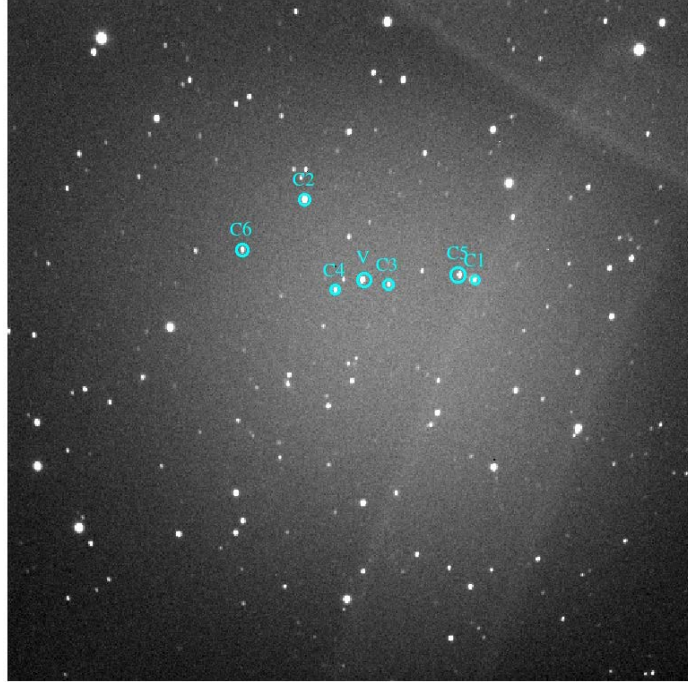
3.1.2. Gözlenen Cisimler

3.1.2.1. PX And

PX And yıldızı; Ağustos 2012, Eylül 2012 ve Ekim 2013 olmak üzere üç dönemde de filtresiz olarak gözlenmiştir. Ağustos 2012 döneminde FWHM: 4, Eylül 2012 döneminde FWHM: 2,5, Ekim 2013 döneminde ise kötü hava koşullarından dolayı FWHM: 6 olarak alınmıştır. Şekil 3.3'te hava koşullarının en iyi olduğu Eylül 2012 döneminde alınan gözlemlerden örnek bir görüntü verilmiştir. Aynı zamanda görüntünün üzerinde değişen yıldızın yeri ve her dönem için kullanılan 6 mukayese yıldız da işaretlenmiştir. Mukayese yıldızların seçiminde izlenen yol ise şöyledir: C1, C2, C3, C4, C5 mukayese yıldızları, Henden ve Honeycutt (1995) tarafından kataklismik değişen yıldızların gözlemleri için verilen standart yıldızlardan seçilmiştir. C6 mukayese yıldızı ise, alandaki görece parlak yıldızlardan rastgele seçilmiş ve değişen olup olmadığı kontrol edilmiştir. Her üç dönem için de seçilen mukayese yıldızlarının parlaklık farkları test edilmiş ve ışık değişimi gözlenmemiştir (Bkz. Tablo 3.7).

Tablo 3.7: PX And yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Henden ve Honeycutt; 1995; Aladin Sky Atlas).

No	Cisim	(ICRS, J2000) [α, δ]	B (m)	V (m)	R (m)
C1	2MASS J00300561+2620221	00 30 05,61 +26 20 22,12	14,36	13,669	13,1
C2	And1-4	00 29 56,61 +26 15 52,4	14,958	14,331	-
C3	2MASS J00300628+2618088	00 30 06,29 +26 18 08,8	17,448	16,613	15,6
C4	2MASS J00300701+2616439	00 30 07,01 +26 16 43,9	16,506	15,908	15,2
C5	2MASS J00300509+2620010	00 30 05,10 +26 20 01,0	16,345	15,482	14,8
C6	Aladin Sky Atlas	00 30 02,48 +26 14 15,8	-	-	-



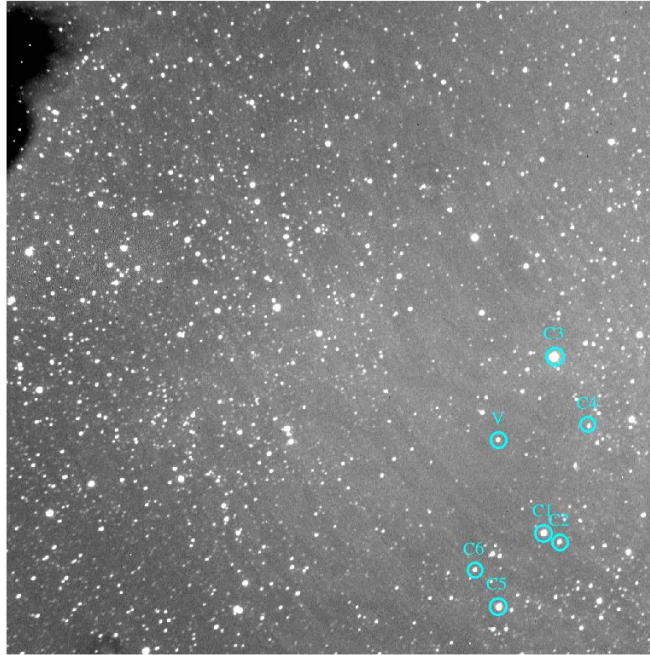
Şekil 3.3: PX And yıldızının, 23 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2,5). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar PX And (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir. (Görüntüdeki izlerin teleskop içerisindeki yansımalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.)

3.1.2.2. V1315 Aql

V1315 Aql yıldızı; Ağustos 2012 döneminde filtresiz olarak gözlenmiştir. Şekil 3.4'te bu döneme ait alınan görüntülerden bir örnek verilmiştir. Bu gözlem için FWHM: 4 alınmıştır. Aynı zamanda bu görüntü üzerinde değişen yıldızın yeri ve indirgeme işleminde kullanılan 6 mukayese yıldızı da işaretlenmiştir. Mukayese yıldızlarının seçiminde izlenen yol ise şöyledir: C1, C2, C4, C5 mukayese yıldızları Henden ve Honeycutt (1995) tarafından kataklismik değişen yıldızların gözlemleri için verilen standart yıldızlardan seçilmiştir. C3 mukayese yıldızı, Hog ve diğ. (2000) çalışmasından, C6 mukayese yıldızı ise Cutri ve diğ. (2003) çalışmasından sabit yıldız olarak belirlenmiştir (Bkz. Tablo 3.8). Seçilen mukayese yıldızlarının parlaklık farkları test edilmiş ve ışık değişimi gözlenmemiştir.

Tablo 3.8: V1315 Aql yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Hog ve diğ., 2000; Henden ve Honeycutt, 1995).

No	Cisim	Koordinat (ICRS, J2000) [α, δ]	B (m)	V (m)	R (m)
C1	V1315 Aql-2	19 13 45,9 +12 20 25	13,372	12,586	-
C2	V1315 Aql-23	19 13 43,7 +12 20 34	15,988	14,895	-
C3	HD 230928	19 13 50,425 +12 15 08,40	11,38	10,90	-
C4	V1315 Aql-33	19 13 44,1 +12 16 53	16,915	15,733	-
C5	V1315 Aql-11	19 13 48,9 +12 23 00	13,047	12,435	-
C6	2MASS J19135313+1222072	19 13 53,137 +12 22 07,25	15,885	14,935	14,30



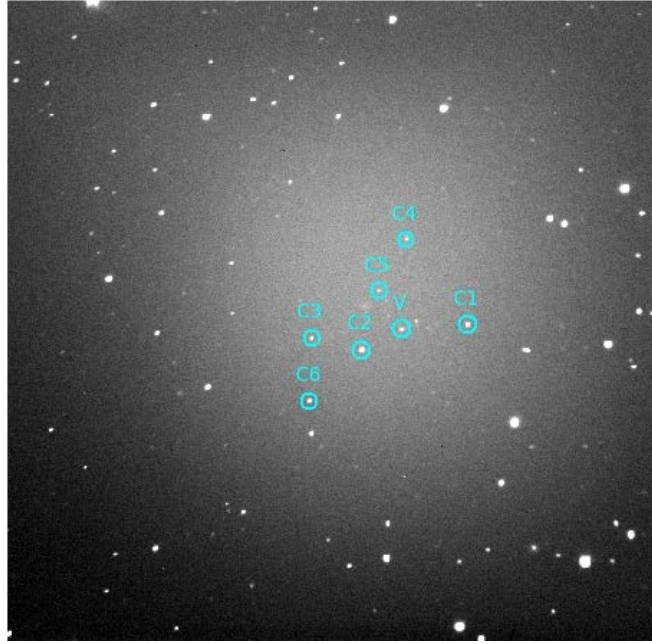
Şekil 3.4: V1315 Aql yıldızının 18 Ağustos 2012 gözleminde Apogee Alta U42 model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 4). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar V1315 Aql (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir. (CCD'nin sol üst kısmı problemlili olduğu için yıldız ortalanmamıştır.)

3.1.2.3. BH Lyn

BH Lyn yıldızı; Eylül 2012 ve Ekim 2013 olmak üzere iki dönemde filtresiz olarak gözlenmiştir. Eylül 2012 döneminde FWHM: 2, Ekim 2013 döneminde ise kötü hava koşullarından dolayı FWHM: 8 olarak alınmıştır. Şekil 3.5'te hava koşullarının en iyi olduğu Eylül 2012 döneminde alınan gözlemlerden bir örnek verilmiştir. Görüntünün üzerinde değişen yıldızın yeri ve her dönem için kullanılan 6 mukayese yıldızı da işaretlenmiştir. Mukayese yıldızlarının seçiminde izlenen yol ise şöyledir: C1, C2, C3, C4, C5 mukayese yıldızları Henden ve Honeycutt (1995) tarafından kataklismik değişen yıldızların gözlemleri için verilen standart yıldızlardan seçilmiştir. C6 mukayese yıldızı alandaki görece parlak yıldızlardan rastgele seçilmiş ve değişen olup olmadığı kontrol edilmiştir (Bkz. Tablo 3.9). Her iki dönem için de seçilen mukayese yıldızlarının parlaklık farkları test edilmiş ve ışık değişimi gözlenmemiştir.

Tablo 3.9: BH Lyn yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Henden ve Honeycutt; 1995; Aladin Sky Atlas).

No	Cisim	Koordinat (ICRS, J2000) [α , δ]	B (m)	V (m)	R (m)
C1	2MASS J08223707+5103351	08 22 37,073 +51 03 35,15	16,279	15,305	14,60
C2	2MASS J08223228+5106306	08 22 32,288 +51 06 30,60	15,231	14,466	13,80
C3	2MASS J08223425+5107557	08 22 34,251 +51 07 55,71	17,17	16,409	15,10
C4	BH Lyn-2	08 22 52,06 +51 05 18,9	17,977	16,860	-
C5	2MASS J08224280+5106027	08 22 42,801 +51 06 02,70	17,399	16,853	16,30
C6	Aladin Sky Atlas	08 22 22,79 +51 07 59,1	-	-	-



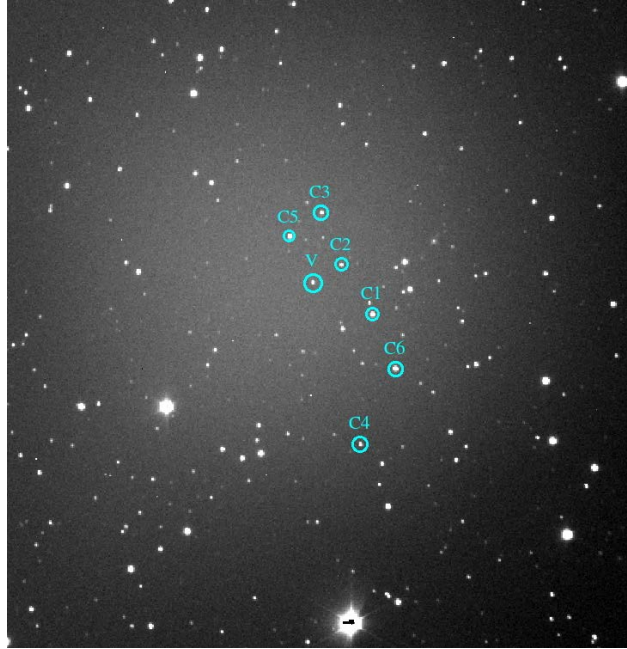
Şekil 3.5: BH Lyn yıldızının 24 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar BH Lyn (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir.

3.1.2.4. HS0455+8315

HS0455+8315 yıldızı; Eylül 2012 ve Ekim 2013 olmak üzere iki dönemde filtresiz olarak gözlenmiştir. Eylül 2012 döneminde FWHM: 2, Ekim 2013 döneminde ise kötü hava koşullarından dolayı FWHM: 8 olarak ölçülmüştür. Şekil 3.6'da hava koşullarının en iyi olduğu Eylül 2012 döneminde alınan gözlemlerden örnek bir görüntü verilmiştir. Aynı zamanda görüntünün üzerinde değişen yıldızın yeri ve her dönem için kullanılan 6 mukayese yıldız da işaretlenmiştir. Mukayese yıldızlarının seçiminde izlenen yol ise şöyledir: C1 ve C2 mukayese yıldızları, Rogriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında kullanılan mukayese yıldızlardır. C3, C4, C5, C6 mukayese yıldızı ise alandaki görece parlak yıldızlardan rastgele seçilmiş ve değişen olup olmadığı kontrol edilmiştir (Bkz Tablo 3.10). Her iki dönem için de seçilen mukayese yıldızlarının parlaklık farkları test edilmiş ve ışık değişimi gözlenmemiştir.

Tablo 3.10: HS0455+8315 yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Rrogriguez-Gil ve diğ., 2007; Aladin Sky Atlas).

No	Cisim	Koordinat (ICRS, J2000) [α, δ]	B (m)	V (m)	R (m)
C1	2MASS J05055112+8320131	05 05 51,13 +83 20 13,2	15,1	-	13,8
C2	2MASS J05062177+8318538	05 06 21,77 +83 18 53,8	15,9	-	15,4
C3	Aladin Sky Atlas	05 06 40,78 +83 17 30,2	-	-	-
C4	Aladin Sky Atlas	05 05 57,45 +83 23 46,9	-	-	-
C5	Aladin Sky Atlas	05 07 09,96 +83 18 08,8	-	-	-
C6	Aladin Sky Atlas	05 05 27,47 +83 21 39,7	-	-	-



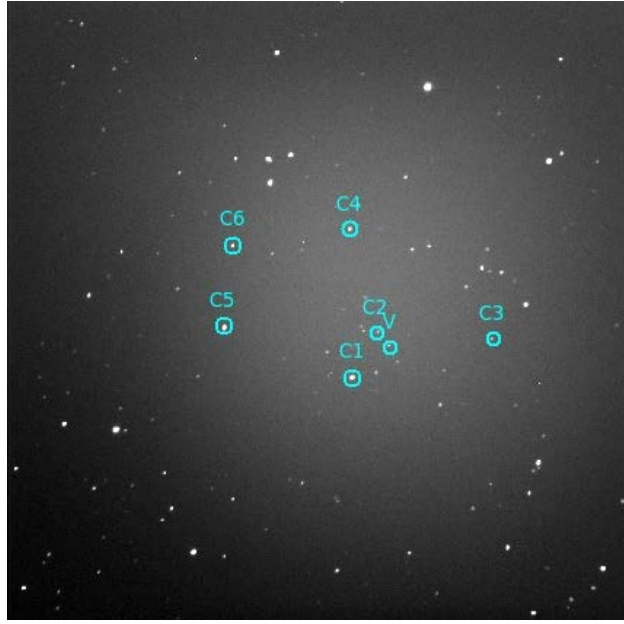
Şekil 3.6: HS0455+8315 yıldızının 22 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar HS0455+8315 (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir.

3.1.2.5. HS0129+2933

HS0129+2933 yıldızı; Eylül 2012 ve Ekim 2013 olmak üzere iki dönemde filtresiz olarak gözlenmiştir. Eylül 2012 döneminde FWHM: 2, Ekim 2013 döneminde ise kötü hava koşullarından dolayı FWHM: 7 olarak ölçülmüştür. Şekil 3.7’de hava koşullarının en iyi olduğu Eylül 2012 döneminde alınan gözlemlerden bir örnek verilmiştir. Aynı zamanda görüntünün üzerinde değişen yıldızın yeri ve her dönem için kullanılan 6 mukayese yıldız da işaretlenmiştir. Mukayese yıldızların seçiminde izlenen yol ise şöyledir: *C1* ve *C2* mukayese yıldızları, Røriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında kullanılan mukayese yıldızlardır. *C3*, *C4*, *C5*, *C6* mukayese yıldızı ise alandaki görece parlak yıldızlardan rastgele seçilmiş ve değişen olup olmadığı kontrol edilmiştir (Bkz. Tablo 3.11). Her iki dönem için de seçilen mukayese yıldızlarının parlaklık farkları test edilmiştir. Ancak; Eylül 2012 gözlemlerinde mukayese yıldızların birbirleriyle karşılaştırılması sonucu *C1* ve *C5* mukayese yıldızında parlaklık değişimi tespit edilmiştir. Bu yüzden her iki dönemin gözlemlerinin indirgemesi yapılırken *C1* ve *C5* yıldızları dikkate alınmamıştır.

Tablo 3.11: HS0129+2933 yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Røriguez-Gil ve diğ., 2007; Aladin Sky Atlas).

No	Cisim	Koordinat (ICRS, J2000) [α , δ]	B (m)	V (m)	R (m)
<i>C1</i>	2MASS J01315548+2950258	01 31 55,49 +29 50 25,8	14,0	-	13,3
<i>C2</i>	2MASS J01320176+2949413	01 32 01,76 +29 49 41,3	15,2	-	14,8
<i>C3</i>	Aladin Sky Atlas	01 32 00,87 +29 46 21,2	-	-	-
<i>C4</i>	Aladin Sky Atlas	01 32 15,41 +29 50 33,7	-	-	-
<i>C5</i>	Aladin Sky Atlas	01 32 01,94 +29 54 11,9	-	-	-
<i>C6</i>	Aladin Sky Atlas	01 32 12,98 +29 53 59,4	-	-	-



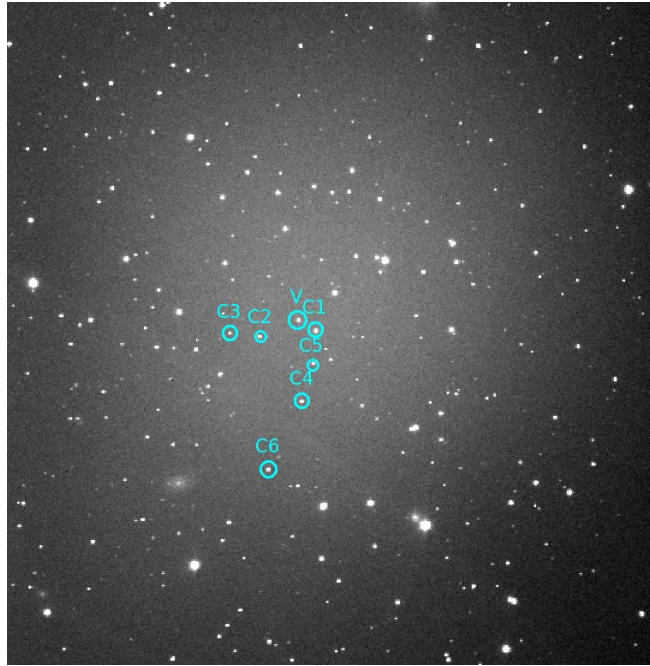
Şekil 3.7: HS0129+2933 yıldızının 24 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar HS0129+2933 (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir.

3.1.2.6. HS1813+6122

HS1813+6122 yıldızı, yalnızca Eylül 2012 döneminde filtresiz olarak gözlenmiştir. Bu dönem gözlemlerinde FWHM: 2 olarak ölçülmüştür. Şekil 3.8’de bu döneme ait görüntülerden bir örnek verilmiştir. Bu görüntünün üzerinde değişen yıldızın yeri ve her dönem için kullanılan 6 mukayese yıldız da işaretlenmiştir. Mukayese yıldızlarının seçiminde izlenen yol ise şöyledir: C1 ve C2 mukayese yıldızları, Rogriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında kullanılan mukayese yıldızlardır. C3, C4, C5, C6 mukayese yıldızı ise alandaki görece parlak yıldızlardan rastgele seçilmiş ve değişen olup olmadığı kontrol edilmiştir (Bkz. Tablo 3.12). Seçilen mukayese yıldızlarının parlaklık farkları test edilmiş ve ışık değişimi gözlenmemiştir.

Tablo 3.12: HS1813+6122 yıldızının veri analizleri için seçilen mukayese yıldızlarının genel özellikleri verilmiştir (Cutri ve diğ., 2003; Røriguez-Gil ve diğ., 2007; Aladin Sky Atlas).

No	Cisim	Koordinat (ICRS, J2000) [α, δ]	B (m)	V (m)	R (m)
C1	2MASS J18143384+6123163	18 14 33,84 +61 23 16,3	15,1	-	14,6
C2	2MASS J18142092+6123074	18 14 20,92 +61 23 07,4	16,5	-	15,8
C3	Aladin Sky Atlas	18 14 14,00 +61 23 13,5	-	-	-
C4	Aladin Sky Atlas	18 14 30,14 +61 21 21,8	-	-	-
C5	Aladin Sky Atlas	18 14 32,83 +61 22 25,3	-	-	-
C6	Aladin Sky Atlas	18 14 22,47 +61 19 32,7	-	-	-



Şekil 3.8: HS1813+6122 yıldızının 23 Eylül 2012 gözleminde SBIG STL1001E model CCD kamera ile alınmış bir görüntüsü verilmiştir (FWHM: 2). Mavi daireler ile işaretlenmiş yıldızlar HS1813+6122 (V) ve seçilen mukayese yıldızlarını (C1, C2, C3, C4, C5, C6) göstermektedir.

3.2. FOTOMETRİK VERİ ANALİZLERİ

Tez çalışması kapsamında seçilen 6 SW Sex türü kataklismik değişen yıldızın fotometrik verilerinin analizi; astronomik verilerin indirgemesi için kullanılan, NOAO tarafından geliştirilmiş IRAF programı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ışık eğrilerinin üzerinden periyodik değişimleri tespit edebilmek için Discrete Fourier Transform - DFT içeren Period04 v.1.2 programı (Lenz ve Breger, 2005) ile CLEAN algoritmalarını (Roberts ve diğ., 1987) içeren Data Compensated Discrete Fourier Transform – DCDFT (Ferraz-Mello, 1981; Foster, 1995) (TS 1.2; AAVSO) kullanılmıştır.

3.2.1. Ön İndirgeme

CCD kameralar, silikondan yapılmış yongaya sahiptir. Bu yonga üzerinde mikron boyutunda, küçük ve eşit parçalara ayrılmış piksel adı verilen bölgeler bulunmaktadır. CCD'ye gelen fotonlar CCD yongasındaki piksellerin üzerine düştüklerinde fotoelektrik etki ile elektronlara dönüşürler. Görüntüleme için verilen poz süreleri ile piksellerdeki elektronların doygunluğu değişim gösterir. Piksellerde toplanan elektronlar sayısal bilgiye dönüştürülerek bilgisayarlara aktarılır. Ancak, CCD çalışırken ısısal olarak üretilen elektronlar ile ışıkla üretilen elektronlar birbirinden ayırt edilemezler. CCD'lerin oldukça düşük derecelere kadar soğutularak istenmeyen akımın önlenmesi amaçlanır. Isısal olarak üretilen elektronların oluşturduğu akım *kara akım* olarak adlandırılmaktadır. Bu sebeple, gözlenen gökyüzü alanının aletsel etkilerden arınmış görüntüsünü elde edebilmek için CCD kameradan kaynaklanan bazı etkilerin gözlem görüntüsünden çıkarılması gerekir. Bu etkiler; bias (anlık görüntü), dark (karanlık görüntü), flat (düz alan görüntüsü) etkileridir. Bu görüntülerin gözlemin yapıldığı gün, gözlemden önce ya da sonra mutlaka alınması gerekir.

Bias görüntüleri; CCD kamerasının diyaframı kapalıyken, yani ışığın etkisinin olmadığı, sıfır saniyelik poz süreleriyle alınan görüntüdür. CCD'nin ürettiği elektronik gürültünün ölçülebilmesini sağlar. Bu görüntüler birden fazla alınarak birleştirilir.

Dark görüntüleri; gözlemi yapılan alanın görüntüsü alınırken verilen poz süresiyle eşit sürede, CCD diyaframı kapalıyken elde edilen, yani CCD fotonlara maruz kalmadan çalışırken ürettiği kara akım etkisinin asıl gözlem görüntüsünden çıkarılması için kullanılan görüntüdür. Ancak, günümüzde kullanılan özellikle profesyonel CCD

kameraların sıvı azotla soğutulması sayesinde kara akımın etkisi minimum düzeye indirilir. Aynı bias görüntüleri gibi dark görüntüleri de birden fazla alınarak birleştirilir ve ortalaması alınır.

Flat görüntüleri; CCD üzerindeki bütün pikseller eşdeğer duyarlılığa sahip olmadığından dolayı, oluşacak etkilerin ortadan kaldırılması için CCD'nin tüm alanının eşit şekilde aydınlatılmasıyla alınan görüntülerdir. Ayrıca CCD kameranın önünde ya da gözlem sırasında CCD'nin önüne takılan filtreler üzerinde olabilecek toz ya da nem gibi etkilerin sebep olabileceği gürültüler de bu şekilde ortadan kalkmaktadır. Flat görüntüleri de bias ve dark gibi birden fazla alınır ve her birinden birleştirilmiş bias görüntüsü çıkarılarak birleştirilir ve ortalaması alınır.

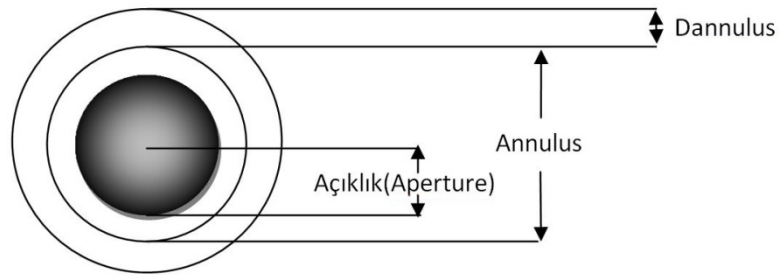
Yukarıda anlatıldığı gibi, bu bilgiler ışığında gözlemlerin ön indirgeme aşamasında, her gözlem gecesi alınan yardımcı görüntüler, yani bias, dark ve flat görüntüleri yıldız görüntülerimizden temizlenmiştir. Bu işlemler IRAF programının altında CCDRED (iraf.noao.imred.ccdred) paketi kullanılarak yapılmıştır. Bu durumda ön indirgemesi yapılacak yıldız için; o gece alınmış bias görüntüleri ve dark görüntüleri birleştirilmiş, birleştirilmiş bias görüntüsü flat görüntülerinden tek tek çıkarılmış ve son olarak bias çıkarılmış flat görüntüleri de birleştirilmiştir. Daha sonra yıldız görüntülerinden birleştirilmiş bias ve birleştirilmiş dark görüntüleri çıkarılarak birleştirilmiş flat görüntüsüne bölünmüştür. Sonuç olarak, yıldız görüntüsü üzerinde CCD kameranın etkileri ortadan kaldırılmıştır.

Yıldız görüntülerine bias, dark ve flat düzeltmeleri uygulandıktan sonraki aşama ise hizalama aşamasıdır. Parlaklık ölçümü aşamasında, her bir yıldız görüntüsü üst üste getirildiğinde parlaklığı ölçülecek yıldızların aynı konumda olmaları gerekir. Aksi takdirde her görüntüde farklı bölgelerin parlaklığı ölçülmüş olur ve herhangi bir sonuç elde edilemez. Bunun için verilerin hizalanması aşamasında IRAF programının altında çalışan IMMATCH (iraf.images.immatch.imalign) paketi kullanılmıştır. Bu aşamada hizalama yapılacak gözlem verilerinden ilk görüntü referans olarak seçilir. Daha sonra, bu görüntü üzerinde seçilmiş parlak yıldızların koordinatları belirlenir ve hizalama için her bir görüntüde bu yıldızların konumları aranır. Bu işlemlerle her bir görüntüde hizalama yapıldıktan sonra veriler artık parlaklık ölçümüne geçiş için hazır duruma gelmiştir.

3.2.2. Parlaklık Ölçümü

6 SW Sex yıldızının ön indirgemeleri yapılmış, hizalama işlemleri gerçekleştirilmiş gözlem verilerinin elde edilmesiyle birlikte ışık eğrilerinin analizi için gereken son aşama olan parlaklık ölçümüne geçilmiştir. Parlaklık analizleri için yıldızların görüntülerde çok kalabalık alanlarda olmamasından dolayı açıklık fotometrisi yapılmış ve bunun için IRAF programının altında çalışan QPHOT (iraf.noao.digiphot.apphot.qphot) paketi kullanılmıştır. Ölçülen parlaklıklar ise aletsel parlaklıklardır.

Parlaklık ölçümü için ilk olarak ölçümü yapılacak yıldızların o geceki gözleme ait FWHM (Full Width Half Maximum – yarı maksimumdaki tam genişlik) değerlerini ölçmek gerekir. Daha sonra bu değerlerin ortalaması alınarak her gözlem için belirli bir FWHM değeri bulunur. FWHM değeri, yıldızın merkezine doğru artan ve merkezden dışarıya doğru azalan akı değerinin verdiği bir Gauss eğrisi üzerinde, maksimum akının yarısındaki genişliğin değerini verir. Bu değer ile yıldızın etrafından geçirilecek olan açıklık yani *annulus* ve yıldızın etrafındaki gökyüzü alanını çevreleyecek olan halka yani *dannulus* yarıçapları ölçülebilmektedir (Bkz. Şekil 3.9). Halkanın parlaklık ölçümünün yapılmasının nedeni ise gökyüzünün parlaklığının etkisini yıldızın açıklığının içerisindeki alandan çıkarmaktır.



Şekil 3.9: Yukarıdaki şekilde açıklık (aperture), annulus ve dannulus olarak ölçülen bölgeler gösterilmiştir.

Yukarıda anlatılan bu bilgiler ışığında verilerin parlaklık analizi için şu aşamalar izlenmiştir:

1. Parlaklık ölçümü yapılacak yıldızların görüntüler üzerindeki konumları belirlenmiştir.
2. Bu yıldızların FWHM değeri tespit edilmiş ve o geceye ait tüm gözlem için aynı FWHM değeri kullanılmıştır.
3. QPHOT için kullanılacak olan açıklık, FWHM değerinin 2 fazlası olacak şekilde annulus ise açıklığın 2 fazlası olacak şekilde alınmıştır.
4. Halkanın genişliği dannulus ise tüm yıldızlar için 10 olarak alınmıştır.

Bu değerler belirlendikten sonra QPHOT paketi ile değişen yıldızın ve mukayese yıldızların aletsel parlaklıkları ile parlaklık hataları her bir görüntü için ayrı ayrı ölçülmüştür. Son olarak ışık eğrisinin çizdirilmesi için, değişen yıldızın aletsel parlaklığından mukayese yıldızların aletsel parlaklıklarının ortalaması çıkarılmış ve fark fotometrisi elde edilmiştir. Aynı zamanda mukayese yıldızların parlaklık hatalarının da ortalaması alınarak değişen yıldızın parlaklık hatasıyla birleştirilmiştir. Bu bilgiler ışığında tez çalışmasında parlaklık ölçümü yapılırken 6 mukayese yıldızının seçilmesinin sebebi, fark fotometrisinde kullanılacak mukayeselerin ortalama değerinin hassasiyetini arttırmaktır.

Değişen yıldızın fark fotometrisi, yani $V-C_{ort}$ yapıldıktan sonra, gözlemlerin *Helyosentrik Jülyen Zamanları (HJD)* ile ışık eğrileri oluşturulmuştur. Elde edilen ışık eğrileri üzerinden tutulma derinlikleri de hesaplanmıştır. Bunun için ışık eğrisi üzerinde tutulma dışında kalan parlaklık değerlerinin ortalaması alınmış ve tutulmanın minimum parlaklık değerinden çıkarılmıştır.

3.2.2. Periyot Analizi

6 SW Sex yıldızının periyodik değişimlerini araştırmak için Discrete Fourier Transform (DFT) içeren Period04 v.1.2 programı ve CLEAN algoritmaları (Roberts ve diğ., 1987) içeren Data Compensated Discrete Fourier Transform – DCDFT (Ferraz-Mello, 1981; Foster, 1995) (TS 1.2; AAVSO) kullanılmıştır.

Periyot analizinde kullanılan veriler hazırlanırken gözlem verileri üzerinde bazı düzeltmeler yapılmıştır. Öncelikle her bir yıldıza ait gecelik gözlem verilerinin ortalaması alınmış ve asıl parlaklık değerlerinden çıkarılmıştır. Bu şekilde gözlemin yapıldığı gece koşullarının etkisinden kaynaklanan parlaklık farkları tüm gözlem dönemleri için düzeltilmiştir. Sonuçta tüm gözlemlerden elde edilen ortalama parlaklık değerleri ve görüntülerin HJD değerleri kullanılarak veri setleri oluşturulmuştur. Her bir yıldızın veri setinden tutulmalara denk gelen parlaklık değerleri çıkarılarak ikinci bir veri seti oluşturulmuştur.

Oluşturulan veri setlerine, zamanı frekansa çevirerek periyodik değişimleri incelemek amacıyla DFT ve DCDFT ayrı ayrı uygulanmıştır. $0 - 30 \text{ gün}^{-1}$ ile $0 - 200 \text{ gün}^{-1}$ frekans aralıklarında, $0,01 \text{ gün}^{-1}$ ve daha hassas tarama için $0,001 \text{ gün}^{-1}$ frekans adımlarıyla her bir yıldız için frekans taramaları yapılmıştır. f : frekans, t : zaman olmak üzere DFT metodu; $\sin(ft)$ fonksiyonu, DCDFT metodu; $\sin(ft)$ ve $\cos(ft)$ gibi iki fonksiyonun kullanıldığı en küçük kareler regresyonu üzerine temellenmiştir (Ferraz-Mello, 1981; Foster, 1995). Bu metotlar kullanılarak, orijinal verilerin analizi sonucu ortaya çıkan ve evre diyagramını sağlayan en güçlü frekans, yörünge periyodunun frekansıdır. Bu yıldızlar için yörünge frekansının haricinde süperhörgüç frekansının olup olmadığının araştırılması için $0 - 30 \text{ gün}^{-1}$ frekans aralığında yörünge frekansının en fazla dördüncü harmoniğine ($4f$) kadar işlem yapılmıştır. Bu işlemler, Breger ve diğ., (1993) metodu ile gerçekleştirilmiştir. Yani öncelikle yörünge frekansının harmonikleri, daha sonra yörünge frekansı veriden silinmiş ve geriye kalan frekanslarda süperhörgüç araştırılmıştır. Aynı şekilde yalnızca DFT kullanılarak $0 - 200 \text{ gün}^{-1}$ frekans aralığında da bu işlemler tekrarlanmış ve dakika mertebesinde değişimler araştırılmıştır. Tutulmaların çıkarılmasıyla elde edilen ikinci veri seti için de, sistemde yörünge periyodu haricinde bir değişim olup olmadığını kontrol etmek amacıyla yine Breger ve diğ. (2003) metoduyla, $0-30$ ve $0-50 \text{ gün}^{-1}$ frekans aralıklarında $0,01$ ve $0,001$ frekans

adımlarıyla analizler gerçekleştirilmiştir. DCDFD metodu ile elde edilen frekansların hassas değerleri ve hataları CLEAN algoritmaları ile tespit edilmiştir (Roberts ve diğ., 1987; Ak ve diğ., 2005; Gülseçen ve Esenoğlu, 2014). DFT metodu ile frekans hatalarının belirlenmesi aşamasında Monte Carlo simülasyonları kullanılmıştır. İki dönüşüm yöntemiyle yapılan sonuçlar birbirine yakın değerlerde olduğundan Bölüm 4'te, DFT metodu ile bulunan sonuçlar verilmiştir. Gözlemlerin hassas sonuçlar elde edilebilmesi için yeterli olmamasından dolayı yörünge periyodunun hesaplanabilmesi adına yalnızca tutulmaların seçildiği üçüncü bir veri seti daha oluşturulmuştur. HS0455+8315 yıldızının analizlerinin literatürde verilen yörünge frekansına en yakın değeri vermesi dolayısıyla yalnızca bu yıldızın sonuçları yayınlanmıştır.

Gözlemlerin minimum zamanları Kwee ve van Woerden (1956) metodu ile hesaplanmıştır. Elde edilen minimum zamanlar üzerinden en küçük kareler metodu ile gözlemlerin epokları da elde edilmiştir. Aynı zamanda sistemlerin literatürden daha önceden tespit edilmiş minimum zamanları toplanmıştır. Literatürde en son verilen epok ve periyot değeri üzerinden gerçek ışık düzeltmeleri yapılarak O-C diyagramları çizilmiştir.

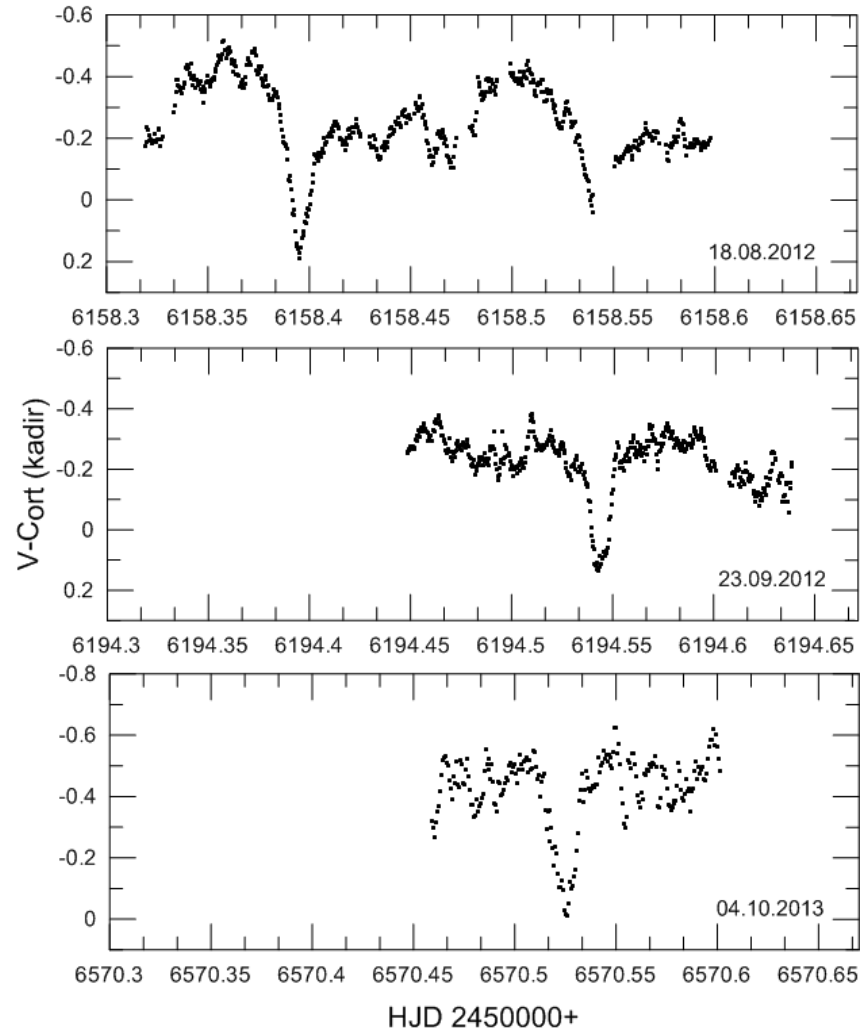
Elde edilen frekanslar ve epok değerleriyle verilerin evre diyagramları, Hulusi Gülseçen tarafından yazılmış "BINNING" programıyla çizilmiş ve kontrol edilmiştir. Bölüm 4'te verilen evre diyagramları ise 100 binning ile literatür periyotları kullanılarak çizilmiştir.

4. BULGULAR

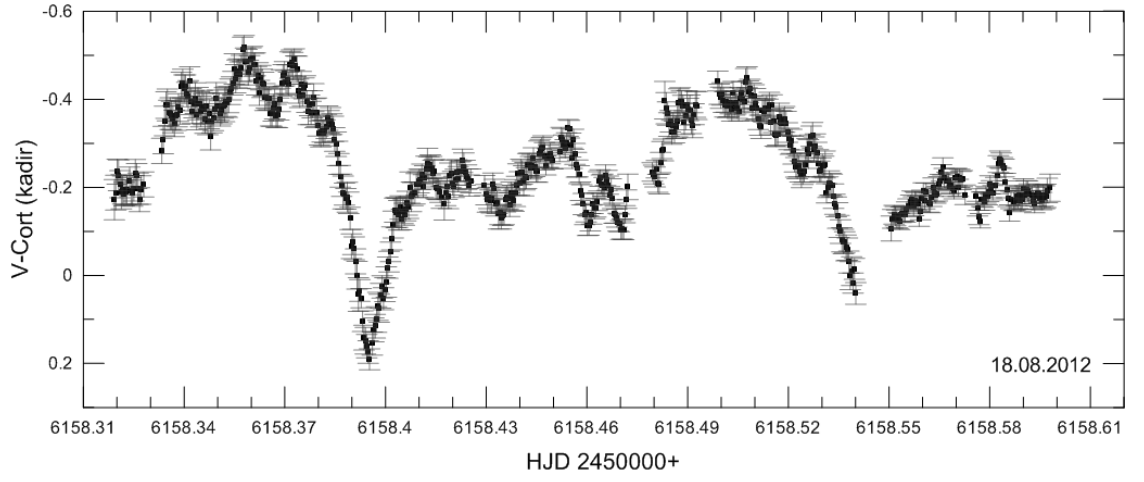
4.1. SEÇİLEN SW SEX YILDIZLARININ ANALİZLERİ

4.1.1. PX And

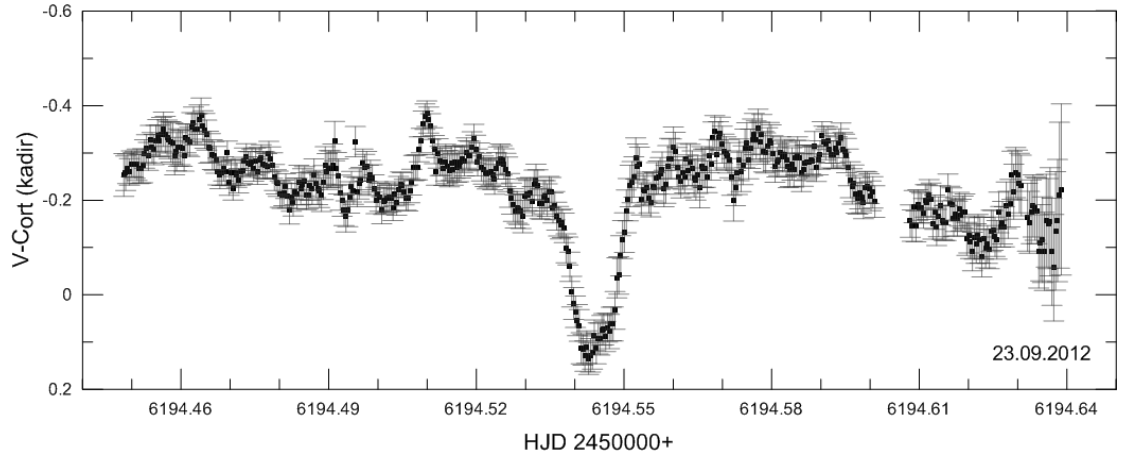
PX And yıldızının Ağustos 2012, Eylül 2012 ve Ekim 2013 gözlem dönemlerinden fark fotometrisi yöntemiyle ($V-C_{\text{ort}}$) elde edilmiş ışık eğrileri Şekil 4.1’de verilmiştir.



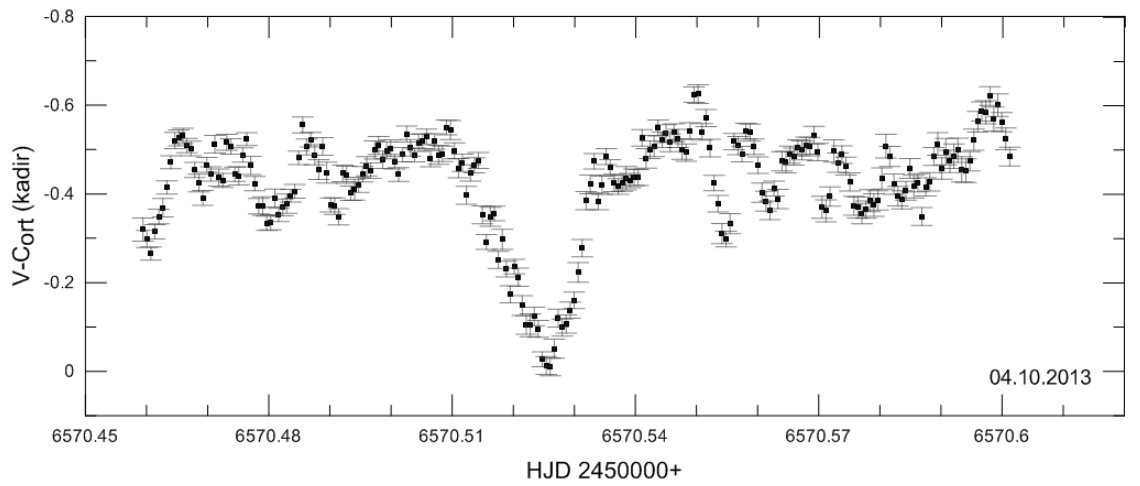
Şekil 4.1: PX And yıldızının ışık eğrileri. $V-C_{\text{ort}}$ değişen yıldızının aletsel parlaklığından mukayese yıldızların parlaklıklarının ortalamasının farkıdır.



Şekil 4.2: Ağustos 2012 gözleminde elde edilen ışık eğrisi.



Şekil 4.3: Eylül 2012 gözleminde elde edilen ışık eğrisi.



Şekil 4.4: Ekim 2013 gözleminde elde edilen ışık eğrisi.

Şekil 4.1’de ışık eğrilerinin eksen aralıklarının uzunluğu; parlaklık değişimlerinin ve sistemin yörüngesinin hangi evrede olduğunun anlaşılabilmesi için eşit adımlarla seçilmiştir. Şekil 4.2, 4.3 ve 4.4’te ise ışık eğrileri daha ayrıntılı olarak parlaklıkların hatalarıyla birlikte verilmiştir.

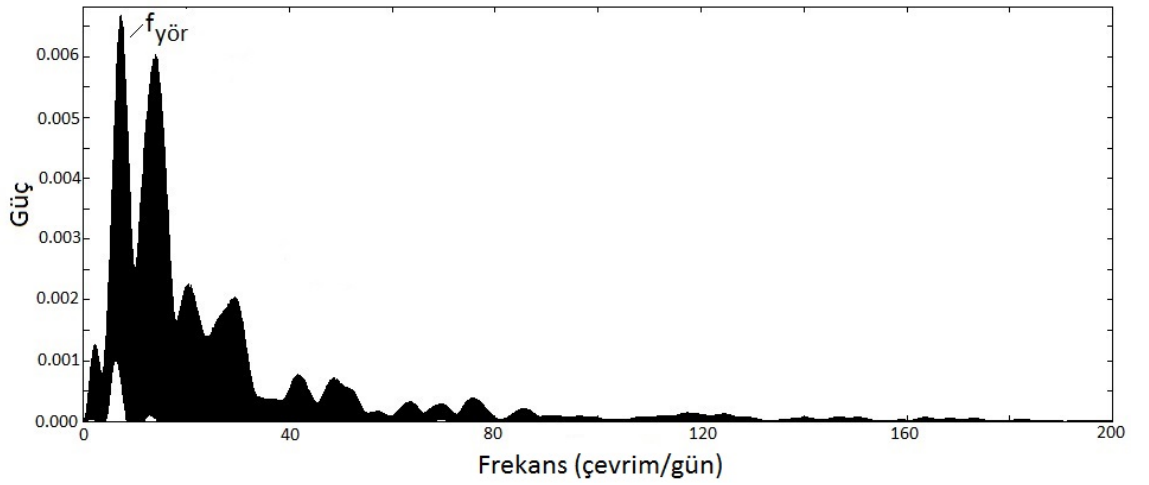
Tutulma derinlikleri, Ağustos 2012 döneminde $\sim 0,5$ kadir, Eylül 2012 döneminde $\sim 0,38$ kadir, Ekim 2013 döneminde ise $\sim 0,45$ kadir olarak ölçülmüştür. Literatür çalışmalarına bakıldığında, Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında V filtresinde 0,3-0,7 kadir aralığında, Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında V filtresinde 0,89 kadir, Thomas ve diğ. (2010) çalışmasında ise SuperWASP ile 0,71 kadire ulaşabilen tutulma derinlikleri gözlenmiştir. Ağustos 2012 dönemi ışık eğrisine bakıldığında, yığılma akımının diskle çarpıştığı bölge olan sıcak lekeden kaynaklanan tutulma öncesi yörünge hörgücü görülmektedir. Ancak Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında ise yörünge hörgücü tutulma sonrasında gözlenmiştir. Eylül 2012 ve Ekim 2013 gözlemlerinde ise yörünge hörgücü net olarak ayırt edilememektedir. Ayrıca Thorstensen ve diğ. (1991) ve Stanishev ve diğ. (2002) çalışmalarında da gözlenen flickering etkileri bu çalışmadaki gözlemlerde de görülmüştür.

Thorstensen ve diğ. (1991) ile Hellier ve Robinson (1994) çalışmalarında da bahsedildiği gibi kütle aktarımından kaynaklanan minimum asimetrisi göze çarpmaktadır. Şekil 4.3’e göre, Eylül 2012 dönemi gözlemlerinde görülen minimumun ortasındaki bozulmanın sebebinin yığılma diskinin güçlü aktivitesinden dolayı tam tutulmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ekim 2013 dönemi gözleminde ise hava koşullarının iyi olmamasından dolayı sistem minimumdayken saçılmalar gözlenmiştir. Her üç dönem için elde edilen minimum zamanları Tablo 4.1’de verilmiştir. Yalnızca, Ağustos 2012 döneminde tutulmaya denk gelen gözlem kesintisi nedeniyle minimum zamanı ölçülememiştir.

Tablo 4.1: PX And yıldızının minimum zamanları.

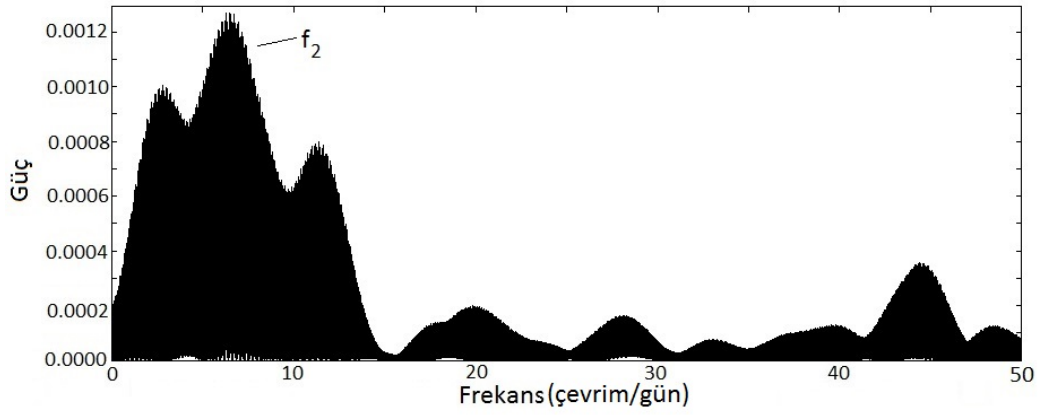
Minimum Zamanı - HJD	Hata
2456158,3951	0,0001
2456194,5438	0,0001
2456570,5255	0,0001

Üç gecelik gözlem verileri ile gerçekleştirilen periyot analizi sonucunda, gözlemlerin ardı ardına gecelerde yapılamaması ve az sayıda gözlem verisinin olması dolayısıyla yörünge periyodu ile süperhörgüç periyodu için hassas bir değere ulaşılamamıştır. Period04 ile yörünge frekansı, $f_{yör} = 7,42296 \pm 0,00004$ çevrim/gün (0,134717 gün) olarak bulunmuştur (Bkz Şekil 4.5). Bunların dışında, düşük frekans değerinde yüksek genlikli frekanslar silindikten sonra dakika mertebesinde olabilecek değişimler incelenmiş ve bir sonuç elde edilememiştir.



Şekil 4.5: PX And yıldızının Period04 analizi sonucu elde edilen güç spektrumu ($f_{yör}$: yörünge frekansı).

Stanishev ve diğ., 2002, Boffin ve diğ., 2003, Thomas ve diğ., 2004 çalışmalarında da görüldüğü gibi gözlem verilerinde yörünge frekansı haricinde negatif süperhörgüç frekansına da rastlanmıştır, ancak tez çalışması kapsamındaki veri sayısının az olması dolayısıyla süperhörgüç periyodu hassas bir değerde ölçülememiştir. Period04 ile yapılan analizler sonucunda gözlem verilerinden tutulmaların çıkarılmasıyla elde edilen ikinci frekans $f_2 = 6,47787 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,154365 gün) olarak bulunmuştur (Bkz. Şekil 4.6). Literatürde bulunan 0,207 gün periyoduna rastlanmamış, yığılma diskinin presesyon periyodu ise aynı şekilde gözlem sayısının az olmasından dolayı tespit edilememiştir.



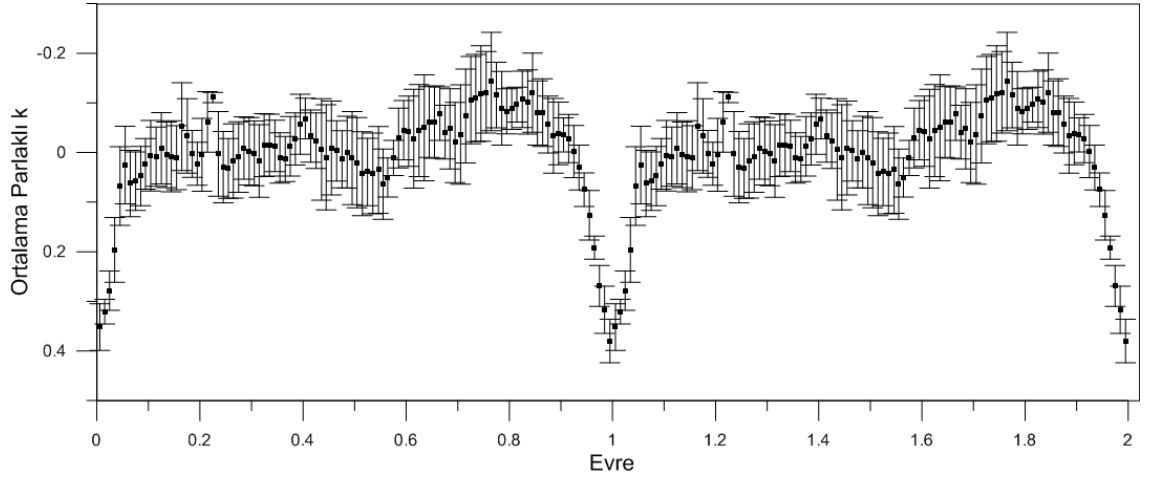
Şekil 4.6: PX And yıldızının gözlemlerinden tutulmaların çıkarılmasıyla, Period04 ile elde edilen güç spektrumu (f_2 : ikinci periyodik değişim).

Tablo 4.2’de literatürde verilen epok ve periyot değerleri bulunmaktadır. Evre diyagramının oluşturulması aşamasında Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasından alınan 0,146352739 günlük yörünge periyodu değeri ve tez verilerinin minimum zamanları üzerinden bulunan epok değeri kullanılmıştır. Buna göre, tez çalışması kapsamında alınan üç gecelik gözlem verileriyle elde edilmiş evre diyagramı Şekil 4.7’deki gibi verilmiştir.

Tablo 4.2: PX And yıldızının verilen epok ve yörünge periyodu değerleri.

Epok Zamanı (HJD)	Yörünge Periyodu (gün)	Kaynak
2447783,798(1)	0,146350(3)	Thorstensen ve diğ., 1991
2449238,8369(6)	0,14635278(7)	Hellier ve Robinson, 1994
2449238,83662(14)	0,14635274(11)	Stanishev ve diğ., 2002

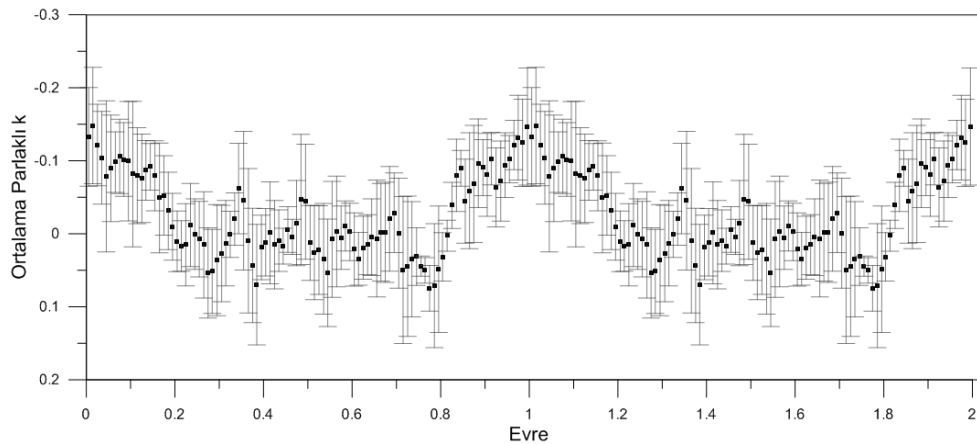
$$T_o(HJD) = 2456158,39525(84) + 0,146352739(11) \times E, \quad P_{yör} = 3,5125 \text{ saat}$$



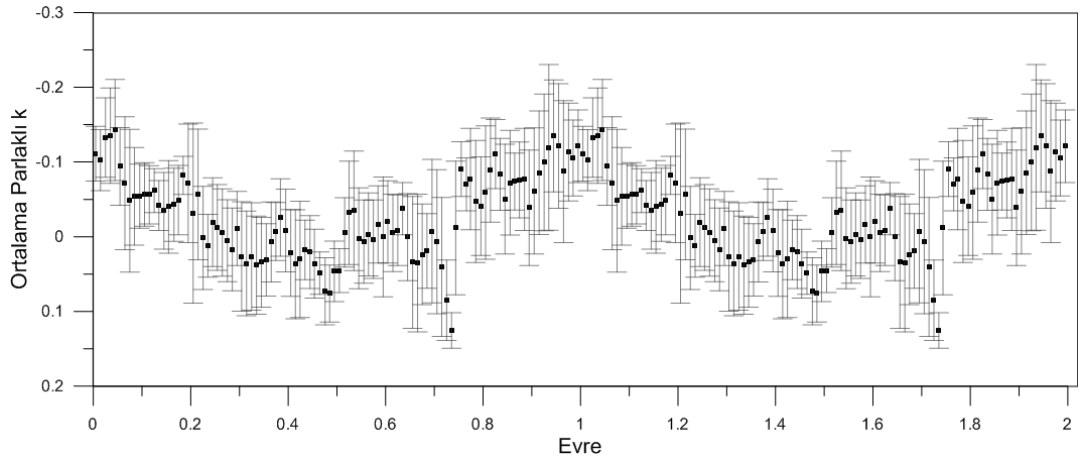
Şekil 4.7: PX And yıldızının 3 gecelik verileri ile Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasındaki 0,146353 günlük yörünge periyodu değeri kullanılarak elde edilmiş evre diyagramı.

Ağustos 2012 dönemi gözleminde görülen tutulma öncesi hörgücün varlığı, Şekil 4.7'deki evre diyagramında da görülmektedir. Aynı zamanda Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında vurgulandığı gibi tutulma asimetrisi de kendini göstermiştir.

Negatif süperhörgüç periyodu ile evre diyagramının elde edilmesi aşamasında; Patterson (1999) çalışmasında verilen 0,1415 günlük (Şekil 4.8) ve Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında verilen 0,1420 günlük (Şekil 4.9) negatif süperhörgüç periyodu değerleri kullanılmıştır.

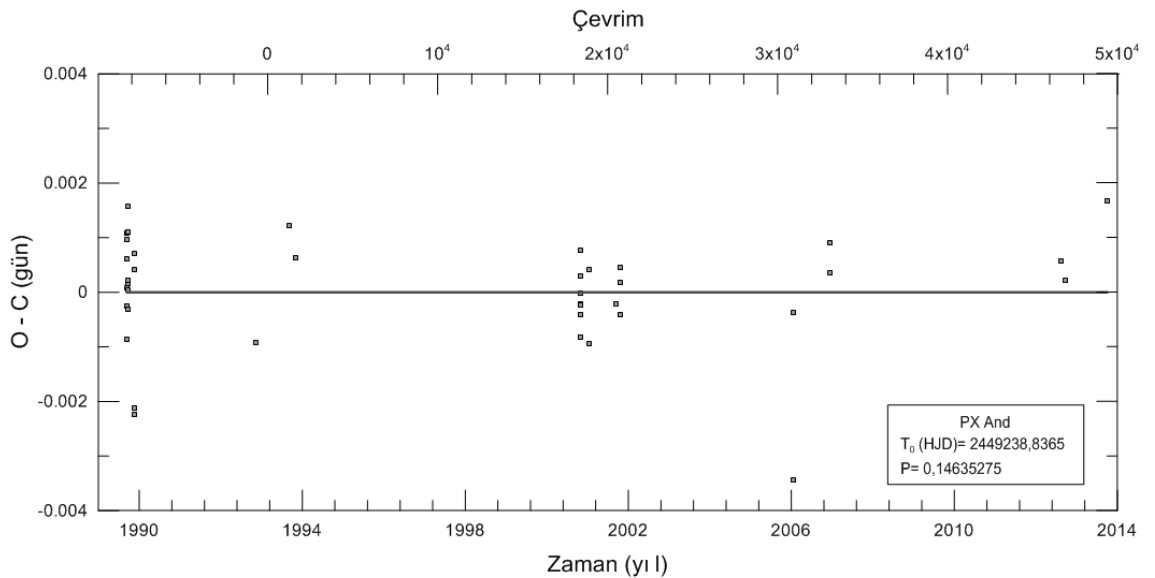


Şekil 4.8: PX And yıldızının 3 gecelik verileri ile Patterson (1999) çalışmasında bulunan negatif süperhörgüç periyodu 0,1415 gün değeri kullanılarak çizilmiş evre diyagramı.



Şekil 4.9: PX And yıldızının 3 gecelik verileri ile Stanishev ve diğ., (2002) çalışmasında bulunan negatif süperhörgüç periyodu 0,1420 gün değeri kullanılarak çizilmiş evre diyagramı.

PX And yıldızının periyot değişimi gösterip göstermediğini araştırmak amacıyla literatürde bulunan tüm minimum zamanları toplanmış ve Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında verilen epok ve yörünge periyodu kullanılmıştır. O-C diyagramı Tablo 4.3'e göre Şekil 4.10'da gösterildiği gibi çizilmiştir. Buna göre sistemin periyodunda bir değişim görülmemiştir.



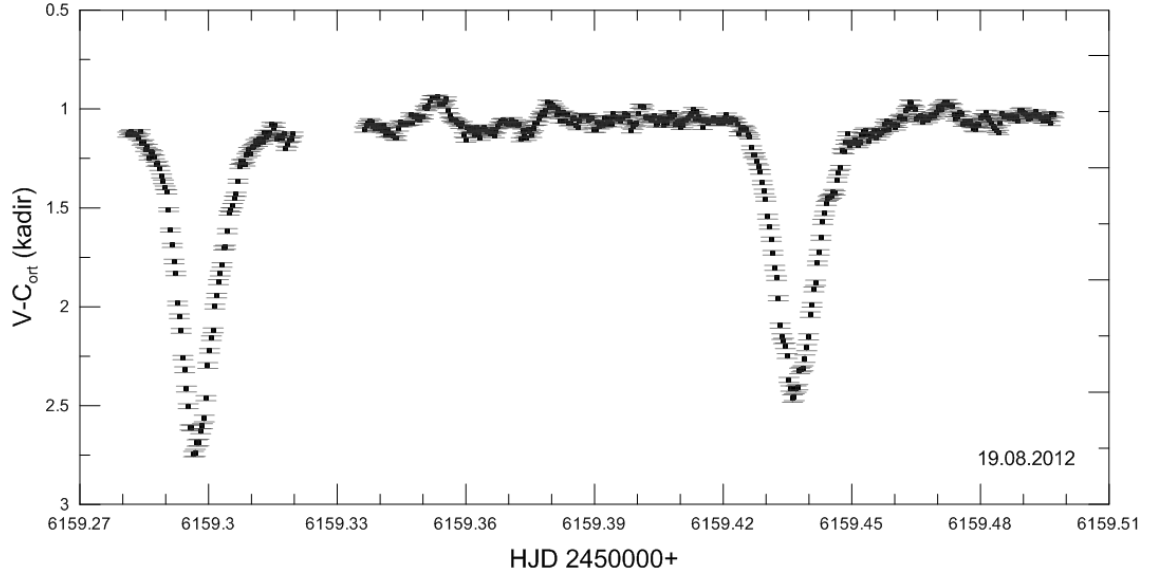
Şekil 4.10: PX And yıldızının O-C diyagramı.

Tablo 4.3: PX And yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.

Minimum Zamanı (HJD – 2400000)	Çevrim (E)	O-C (gün)	Kaynak
47781,89500	-9955,00	0,000083	Thorstensen ve diğ., 1991
47782,77400	-9949,00	0,000967	Thorstensen ve diğ., 1991
47783,94300	-9941,00	-0,000855	Thorstensen ve diğ., 1991
47786,87200	-9921,00	0,001090	Thorstensen ve diğ., 1991
47787,01700	-9920,00	-0,000263	Thorstensen ve diğ., 1991
47787,89600	-9914,00	0,000620	Thorstensen ve diğ., 1991
47788,92000	-9907,00	0,000151	Thorstensen ve diğ., 1991
47789,79800	-9901,00	0,000035	Thorstensen ve diğ., 1991
47789,94400	-9900,00	-0,000318	Thorstensen ve diğ., 1991
47790,82400	-9894,00	0,001565	Thorstensen ve diğ., 1991
47790,96900	-9893,00	0,000213	Thorstensen ve diğ., 1991
47791,84800	-9887,00	0,001096	Thorstensen ve diğ., 1991
47848,77600	-9498,00	-0,002123	Thorstensen ve diğ., 1991
47849,65400	-9492,00	-0,002240	Thorstensen ve diğ., 1991
47849,80300	-9491,00	0,000407	Thorstensen ve diğ., 1991
47852,58400	-9472,00	0,000705	Thorstensen ve diğ., 1991
48942,76400	-2023,00	-0,000926	Hellier ve Robinson, 1994
49238,83776	0,00	0,001222	Hellier ve Robinson, 1994
49297,67098	402,00	0,000636	Hellier ve Robinson, 1994
51844,35372	17803,00	-0,000818	Stanishev ve diğ., 2002
51845,37879	17810,00	-0,000217	Stanishev ve diğ., 2002
51847,28135	17823,00	-0,000243	Stanishev ve diğ., 2002
51847,42712	17824,00	-0,000826	Stanishev ve diğ., 2002
51848,30635	17830,00	0,000288	Stanishev ve diğ., 2002
51848,45240	17831,00	-0,000015	Stanishev ve diğ., 2002
51849,33129	17837,00	0,000758	Stanishev ve diğ., 2002
51849,47647	17838,00	-0,000414	Stanishev ve diğ., 2002
51925,28667	18356,00	-0,000939	Stanishev ve diğ., 2002
51926,31250	18363,00	0,000422	Stanishev ve diğ., 2002
52166,47673	20004,00	-0,000210	Stanishev ve diğ., 2002
52201,30935	20242,00	0,000456	Stanishev ve diğ., 2002
52202,33354	20249,00	0,000176	Stanishev ve diğ., 2002
52202,47930	20250,00	-0,000416	Stanishev ve diğ., 2002
53752,35190	30840,00	-0,003434	Kruspe ve diğ., 2007
53759,37990	30888,00	-0,000366	Kruspe ve diğ., 2007
54085,30820	33115,00	0,000361	Kruspe ve diğ., 2007
54085,45510	33116,00	0,000908	Kruspe ve diğ., 2007
56158,39511	47280,00	0,000576	Atalı ve diğ., 2014
56194,54388	47527,00	0,000212	Atalı ve diğ., 2014
56570,52560	50096,00	0,001677	Atalı ve diğ., 2014

4.1.2. V1315 Aql

V1315 Aql yıldızının Ağustos 2012 döneminde yapılmış bir gecelik gözleminin ışık eğrisi Şekil 4.11’de gösterilmiştir.



Şekil 4.11: V1315 Aql yıldızının Ağustos 2012 gözleminin ışık eğrisi. $V-C_{\text{ort}}$ değişen yıldızının aletsel parlaklığından mukayese yıldızların parlaklıklarının ortalamasının farkıdır.

Filtresiz olarak gözlenen bu yıldızın birinci minimumunun derinliği $\sim 1,7$ kadir, ikinci minimumunun derinliği ise $\sim 1,4$ kadir olarak ölçülmüştür. Literatürde verilen tutulma derinlikleri Downes ve diğ. (1986) çalışması için V filtresinde $\sim 1,7$ kadir, Dhillon ve diğ. (1991) çalışmasında V filtresinde $\sim 1,9$ kadir, Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında ise filtresiz gözlemlerde $\sim 3,2$ kadir, R filtresindeki gözlemlerde ise $\sim 2,6$ kadir civarında verilmiştir. Ancak Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında, 22 Ağustos 2004 gözlemlerinde filtresiz olarak, 1,5 kadirlik oldukça sığ bir tutulma derinliği daha ölçülmüştür. Buna göre; SW Sex yıldızlarının karakteristik bir özelliği olan tutulma derinliklerinin değişimi, bulunan sonuçlar doğrultusunda açıkça görülmektedir. Bu yıldız için tutulma derinliklerinin değişimini açıklayan bir model henüz verilmemiştir.

Dhillon ve diğ. (1991) çalışmasında da bahsedildiği gibi, tutulma başında ya da sonunda görülen, sıcak lekeden kaynaklanan yörünge hörgücüne rastlanmamıştır. Dhillon ve diğ. (1991) çalışmasında görülen (Şekil 2.26) büyük genlikli flickering etkileri, Ağustos

2012 ışık eğrisinde de benzer bir şekilde kendini göstermektedir. Aynı zamanda Dhillon ve diğ. (1991) ve Downes ve diğ. (1986) çalışmasında simetrik minimumlar gözlenmiştir. Ağustos 2012 ışık eğrisi için ise minimumların neredeyse simetrik olduğu görülmektedir. Minimum zamanları Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4.4: V1315 Aql yıldızının minimum zamanları.

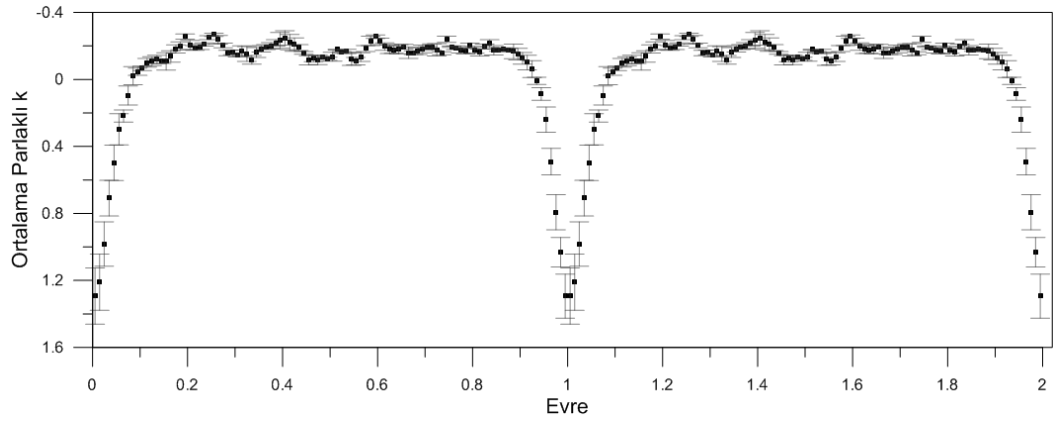
Minimum Zamanı - HJD	Hata
2456159,2973	0,0001
2456159,4369	0,0001

Tablo 4.5'te literatürde verilen epok ve periyot değerleri bulunmaktadır. Evre diyagramının oluşturulması için Papadaki ve diğ., (2009) çalışmasından alınan 0,13968959 günlük yörünge periyodu değeri ve bu tez verilerinin minimum zamanları üzerinden bulunan epok değeri kullanılmıştır. Buna göre, tez çalışması kapsamında alınan bir gecelik gözlem verileriyle elde edilmiş evre diyagramı Şekil 4.12'deki gibi verilmiştir.

Tablo 4.5: V1315 Aql yıldızının epok ve yörünge periyodu değerleri.

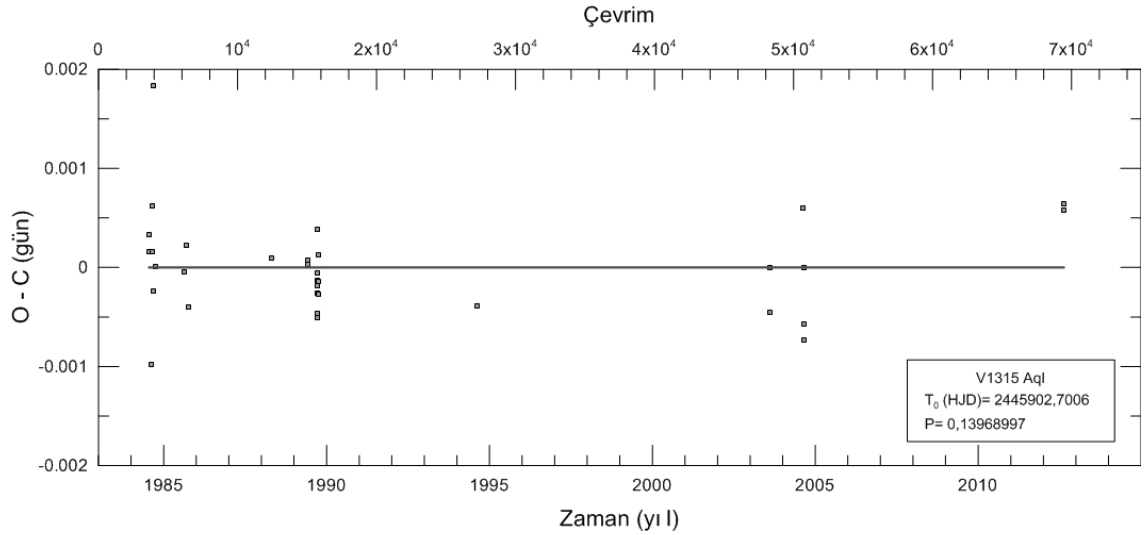
Epok Zamanı (HJD)	Yörünge Periyodu (gün)	Kaynak
2445902,700964(84)	0,139689832(17)	Annis, 1986
2445902,70092(15)	0,1396895(7)	Downes ve diğ., 1986
2445902,70088(17)	0,13968994(2)	Dhillon ve diğ., 1991
2445902,7007(1)	0,139689959(5)	Papadaki ve diğ., 2009

$$T_o(HJD) = 2456159,2967 + 0,13968959(5) \times E, \quad P_{yör} = 3,3526 \text{ saat}$$



Şekil 4.12: V1315 Aql yıldızının Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında verilen yörünge periyoduna göre çizilmiş evre diyagramı.

V1315 Aql yıldızının periyot değişimi gösterip göstermediğini araştırmak amacıyla literatürde bulunan tüm minimum zamanları toplanmış ve Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında verilen epok ve yörünge periyodu değeri kullanılarak O-C diyagramı çizilmiştir (Bkz. Tablo 4.6 ve Şekil 4.13). Buna göre sistemin periyodunda bir değişim görülmemiştir. Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında da O-C değişimi incelenmiş ve herhangi bir değişim gözlenmemiştir.



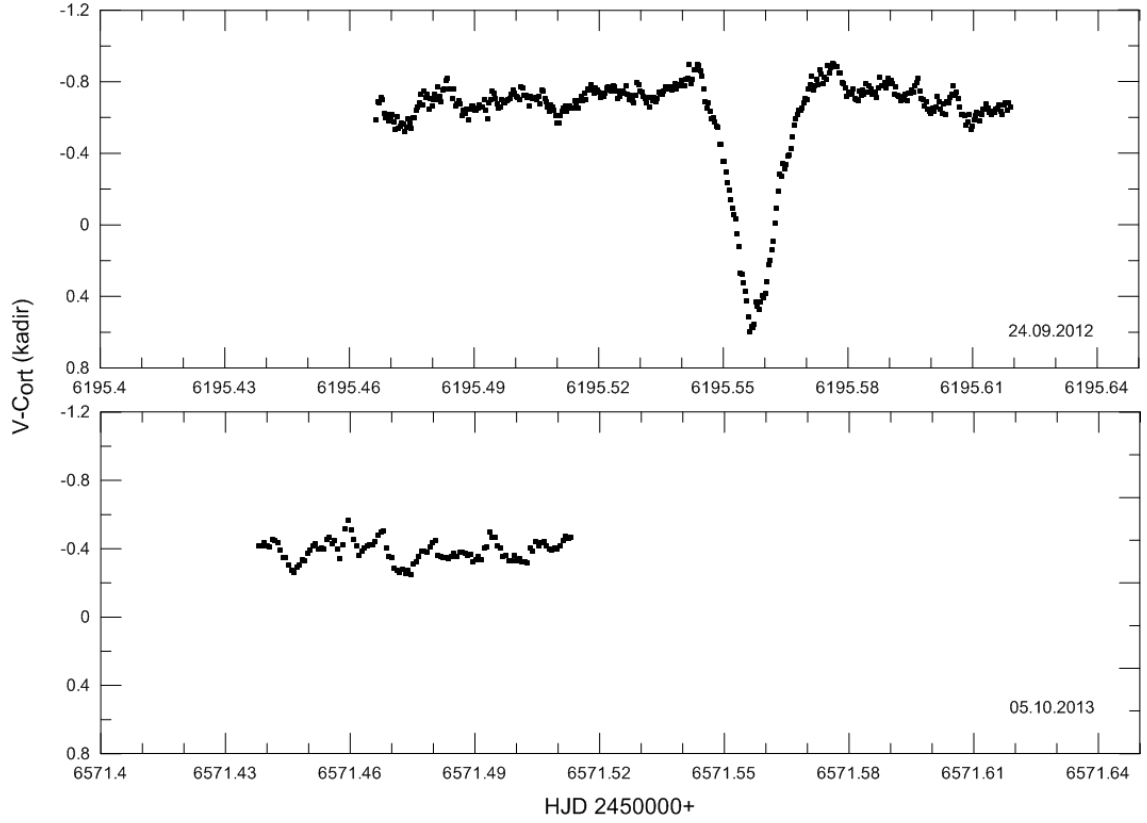
Şekil 4.13: V1315 Aql yıldızının O-C diyagramı.

Tablo 4.6: V1315 Aql yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.

Minimum Zamanı (HJD – 2400000)	Çevrim (E)	O-C (gün)	Kaynak
45902,84065	1,00	0,000329	Annis, 1986
45906,75180	29,00	0,000160	Downes ve diğ., 1986
45928,82167	187,00	-0,000985	Annis, 1986
45944,74793	301,00	0,000619	Downes ve diğ., 1986
45944,88716	302,00	0,000159	Downes ve diğ., 1986
45945,72697	308,00	0,001830	Annis, 1986
45945,86459	309,00	-0,000240	Downes ve diğ., 1986
45971,70748	494,00	0,000006	Downes ve diğ., 1986
46295,78815	2814,00	-0,000043	Annis, 1986
46324,70424	3021,00	0,000224	Annis, 1986
46344,67928	3164,00	-0,000401	Annis, 1986
47279,62471	9857,00	0,000093	Downes ve diğ., 1986
47686,54156	12770,00	0,000074	Downes ve diğ., 1986
47686,68121	12771,00	0,000034	Downes ve diğ., 1986
47788,37501	13499,00	-0,000460	Downes ve diğ., 1986
47790,47069	13514,00	-0,000130	Downes ve diğ., 1986
47791,44839	13521,00	-0,000260	Downes ve diğ., 1986
47793,40380	13535,00	-0,000509	Downes ve diğ., 1986
47794,52177	13543,00	-0,000059	Downes ve diğ., 1986
47795,49947	13550,00	-0,000189	Downes ve diğ., 1986
47796,47787	13557,00	0,000382	Downes ve diğ., 1986
47798,43327	13571,00	0,000122	Downes ve diğ., 1986
47800,38867	13585,00	-0,000137	Downes ve diğ., 1986
47801,36637	13592,00	-0,000267	Downes ve diğ., 1986
49579,61950	26322,00	-0,000393	Hellier, 1996
52867,36291	49858,00	-0,000002	Papadaki ve diğ., 2009
52869,31812	49872,00	-0,000452	Papadaki ve diğ., 2009
53240,33572	52528,00	0,000601	Papadaki ve diğ., 2009
53249,27527	52592,00	-0,000007	Papadaki ve diğ., 2009
53250,39206	52600,00	-0,000737	Papadaki ve diğ., 2009
53251,37005	52607,00	-0,000576	Papadaki ve diğ., 2009
56159,29727	73424,00	0,000641	Atalı ve diğ., 2014
56159,43689	73425,00	0,000573	Atalı ve diğ., 2014

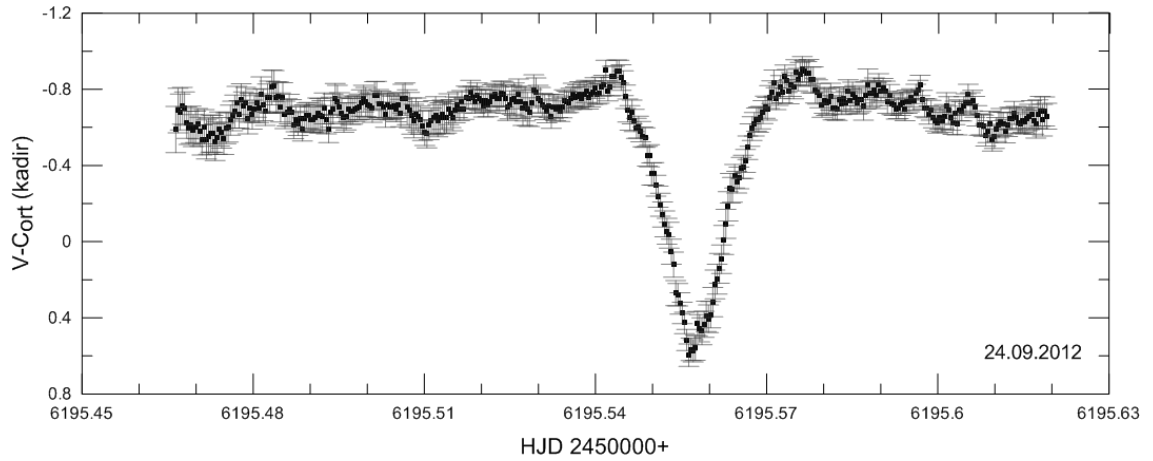
4.1.3. BH Lyn

BH Lyn yıldızının Eylül 2012 ve Ekim 2013 gözlem dönemlerinden fark fotometrisi yöntemiyle ($V-C_{\text{ort}}$) elde edilmiş ışık eğrileri Şekil 4.14'te birlikte verilmiştir.

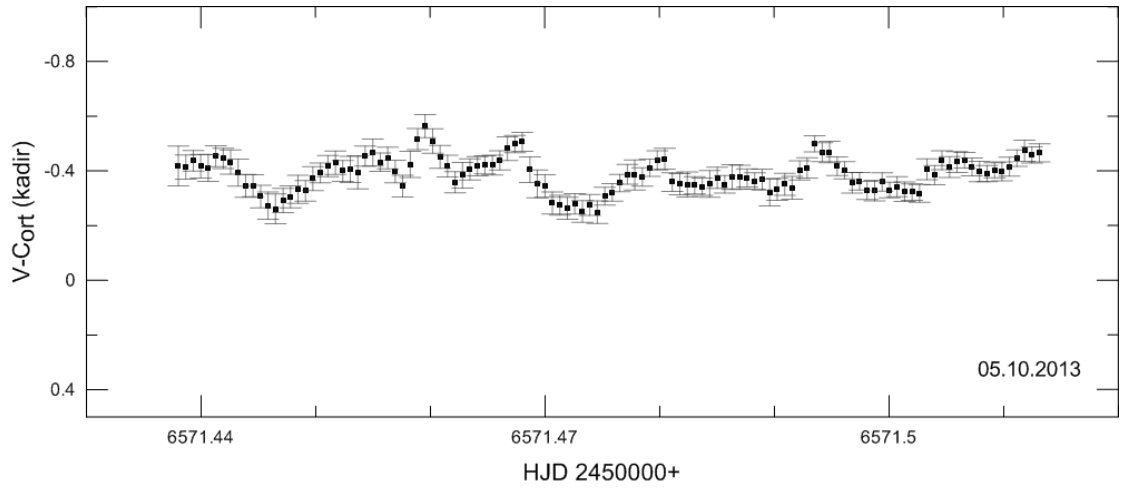


Şekil 4.14: BH Lyn yıldızının ışık eğrileri. $V-C_{\text{ort}}$ değişen yıldızının aletsel parlaklığından mukayese yıldızların parlaklıklarının ortalamasının farkıdır.

Şekil 4.14'te ışık eğrilerinin eksen aralıklarının uzunluğu; parlaklık değişimlerinin ve sistemin yörüngesinin hangi evrede olduğunun anlaşılabilmesi için eşit adımlarla seçilmiştir. Şekil 4.15 ve 4.16'da ise ışık eğrileri daha ayrıntılı olarak parlaklıkların hatalarıyla birlikte verilmiştir.



Şekil 4.15: BH Lyn yıldızının Eylül 2012 gözleminin ışık eğrisi.



Şekil 4.16: BH Lyn yıldızının Ekim 2013 gözleminin ışık eğrisi.

Eylül 2012 dönemi gözleminde tutulma derinliği $\sim 1,3$ kadir kadar ölçülmüştür. Tutulma derinlikleri; Dhillon ve diğ. (1992) çalışmasında sistem düşük haldeyken R filtresinde $\sim 2,1$ kadir, Hoard ve Szkody (1997) çalışmasında yüksek halde V filtresinde $\sim 1,5$ kadir, Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında ise yine yüksek halde V filtresinde $\sim 1,5$ kadir olarak ölçülmüştür. Dhillon ve diğ. (1992) çalışmasında tutulma öncesinde görülen ve parlak lekeden kaynaklanan yörünge hörgücüne rastlanmamış, ancak Hoard ve Szkody (1997) çalışmasında az da olsa yörünge hörgücünün varlığını tespit etmişlerdir. Bu tez çalışmasında ise tek minimum görülmesi dolayısıyla tutulma başında ya da sonunda görülebilen yörünge hörgücüne dair net bir sonuç verilememiştir. Stanishev ve diğ.

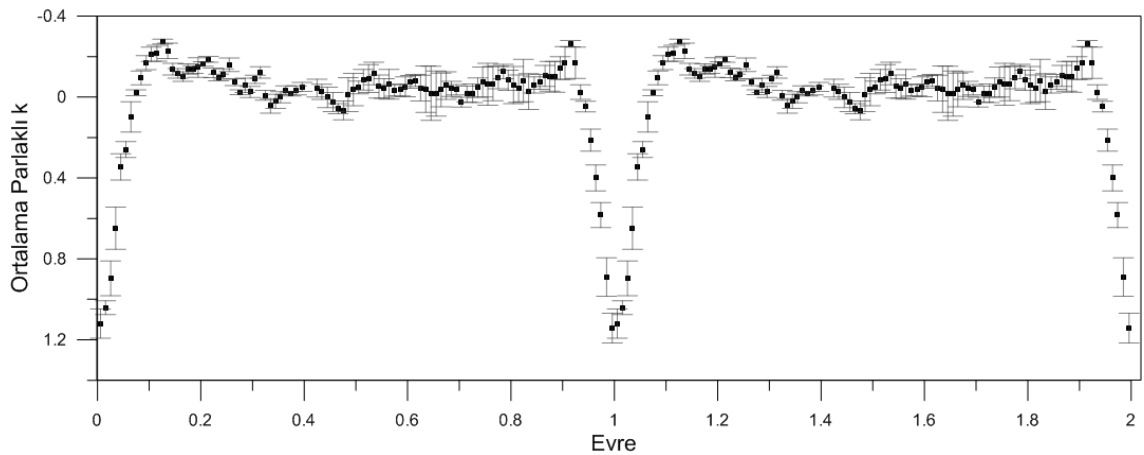
(2006) çalışmasında hem simetrik hem de asimetrik tutulmalar gözlenmiş ve tutulmaların iniş ile çıkış kollarının her gözlemde farklılık gösterdiğini bulmuşlardır. Bu tez çalışmasında gösterilen minimumda tutulma asimetrisi belirgin bir şekilde görülmektedir. Aynı zamanda literatür çalışmalarında da görülen flickering etkileri bu çalışmada da gözlenmiştir.

Eylül 2012 dönemi için belirlenen minimum zamanı, $2456195,5556 \pm 0,0001$ (HJD) olarak bulunmuştur. Tablo 4.7’de literatürde verilen epok ve periyot değerleri bulunmaktadır. Evre diyagramının oluşturulması için Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasından alınan $0,155875577$ günlük yörünge periyodu değeri ve tez verilerinin minimum zamanları üzerinden bulunan epok değeri kullanılmıştır. Buna göre, tez çalışması kapsamında alınan iki gecelik gözlem verisiyle elde edilmiş evre diyagramı Şekil 4.17’deki gibi verilmiştir.

Tablo 4.7: BH Lyn yıldızının epok ve yörünge periyodu değerleri.

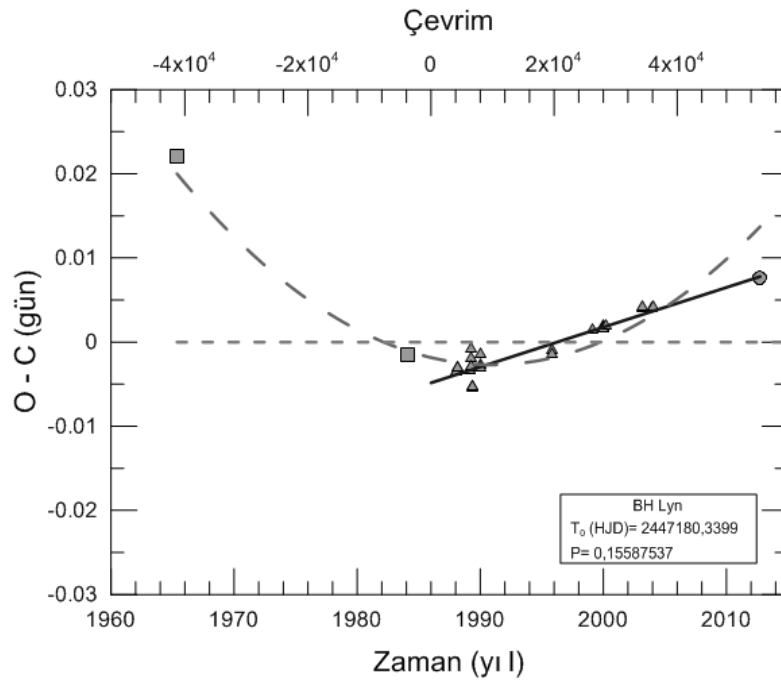
Epok Zamanı (HJD)	Yörünge Periyodu (gün)	Kaynak
2447180,3364(3)	0,1558749(2)	Andronov ve diğ., 1989
2447180,3369(2)	0,15587507(6)	Dhillon ve diğ., 1992
2447180,3366(2)	0,15587535(6)	Hoard ve Szkody, 1997
2447180,3360(2)	0,155875577(14)	Stanishev ve diğ., 2006

$$T_o(HJD) = 2456195,5549 + 0,155875577(14) \times E, \quad P_{yör} = 3,741 \text{ saat}$$



Şekil 4.17: BH Lyn yıldızının Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında verilen yörünge periyodu ile çizilmiş evre diyagramı.

BH Lyn yıldızının tez verileri kullanılarak elde edilen minimum zamanı, literatür minimum zamanlarına eklenmiş, Bölüm 2.4.3.3.'te anlatıldığı gibi Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasının epok ve yörünge periyodu değerleri üzerinden O-C diyagramı oluşturulmuştur (Bkz. Tablo 4.8 ve Şekil 4.18). Sonuç olarak, tüm minimum zamanları üzerinden Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasındakine benzer ikinci dereceden bir polinom fiti çizilmiştir. Bunun yanı sıra, ilk iki minimum zamanı çıkarıldığında, Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında artan bir doğru ile gösterilen O-C değişimi de benzerlik göstermiştir.



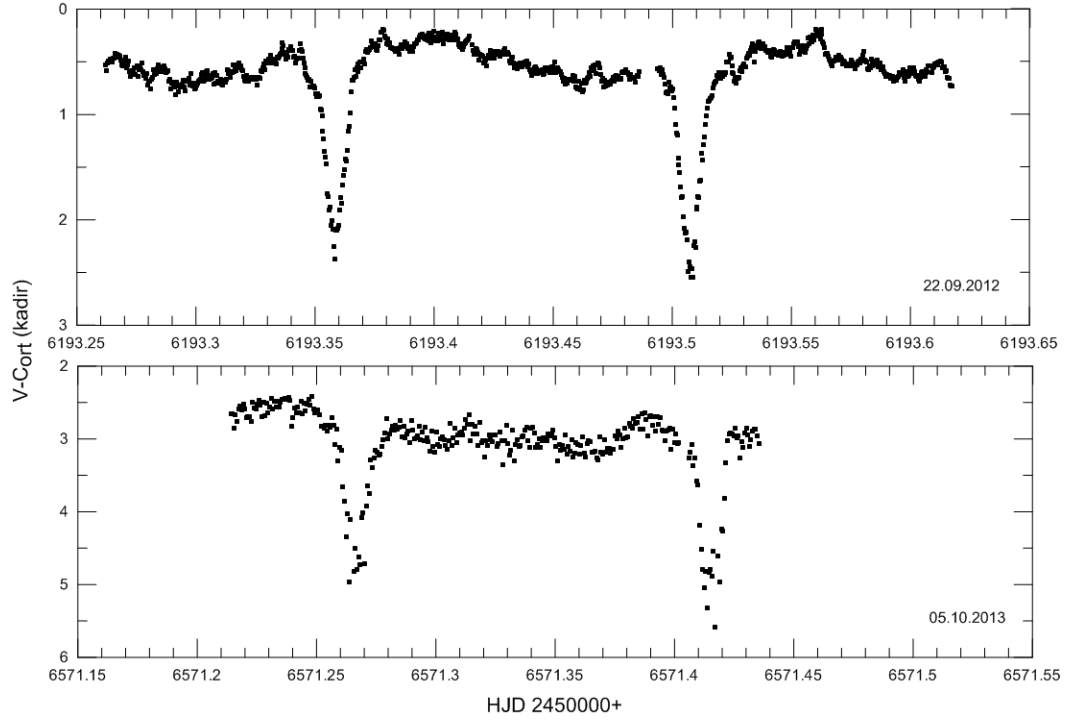
Şekil 4.18: BH Lyn yıldızının O-C diyagramı. Kare ile gösterilenler Andronov ve diğ. (1989) çalışmasındaki ilk iki minimum ile bulunan O-C değerleri, üçgen ile gösterilenler literatürde verilen diğer minimumlar ile bulunan O-C değeri, daire ile gösterilen ise tez çalışmasında verilen minimum değeri ile bulunan O-C değerini göstermektedir.

Tablo 4.8: BH Lyn yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.

Minimum Zamanı (HJD – 2400000)	Çevrim (E)	O-C	Kaynak
38893,40360	-53164,00	0,022099	Andronov ve diğ., 1989
45758,28730	-9123,00	-0,001549	Andronov ve diğ., 1989
47180,33630	0,00	-0,003586	Andronov ve diğ., 1989
47180,49220	1,00	-0,003562	Andronov ve diğ., 1989
47203,25050	147,00	-0,003066	Andronov ve diğ., 1989
47203,40640	148,00	-0,003042	Andronov ve diğ., 1989
47592,31500	2643,00	-0,003500	Andronov ve diğ., 1989
47592,47090	2644,00	-0,003475	Andronov ve diğ., 1989
47613,04800	2776,00	-0,001925	Hoard ve Szkody, 1997
47613,20500	2777,00	-0,000800	Hoard ve Szkody, 1997
47619,12600	2815,00	-0,003064	Hoard ve Szkody, 1997
47619,28200	2816,00	-0,002940	Hoard ve Szkody, 1997
47643,28430	2970,00	-0,005447	Andronov ve diğ., 1989
47643,44020	2971,00	-0,005423	Andronov ve diğ., 1989
47664,32750	3105,00	-0,005423	Andronov ve diğ., 1989
47904,53400	4646,00	-0,002874	Dhillon ve diğ., 1992
47904,69120	4647,00	-0,001550	Dhillon ve diğ., 1992
47909,52170	4678,00	-0,003186	Dhillon ve diğ., 1992
50012,90620	18172,00	-0,000983	Hoard ve Szkody, 1997
50013,06150	18173,00	-0,001559	Hoard ve Szkody, 1997
51230,45114	25983,00	0,001410	Stanishev ve diğ., 2006
51552,33385	28048,00	0,001473	Stanishev ve diğ., 2006
51552,48983	28049,00	0,001577	Stanishev ve diğ., 2006
51553,26945	28054,00	0,001820	Stanishev ve diğ., 2006
51553,42513	28055,00	0,001625	Stanishev ve diğ., 2006
51553,58089	28056,00	0,001510	Stanishev ve diğ., 2006
51616,39900	28459,00	0,001844	Stanishev ve diğ., 2006
52699,42318	35407,00	0,003925	Stanishev ve diğ., 2006
52699,57916	35408,00	0,004030	Stanishev ve diğ., 2006
52993,56007	37294,00	0,003984	Stanishev ve diğ., 2006
53023,64410	37487,00	0,004067	Stanishev ve diğ., 2006
56195,55561	57836,00	0,007591	Atalı ve diğ., 2014

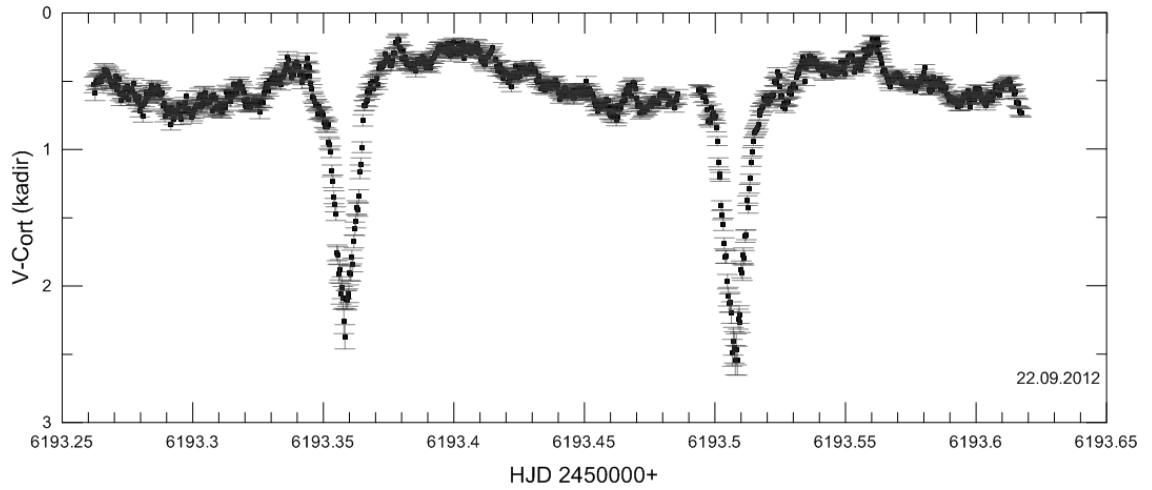
4.1.4. HS0455+8315

HS0455+8315 yıldızının Eylül 2012 ve Ekim 2013 gözlem dönemlerinden fark fotometrisi yöntemiyle ($V-C_{\text{ort}}$) elde edilmiş ışık eğrileri Şekil 4.19’da verilmiştir.

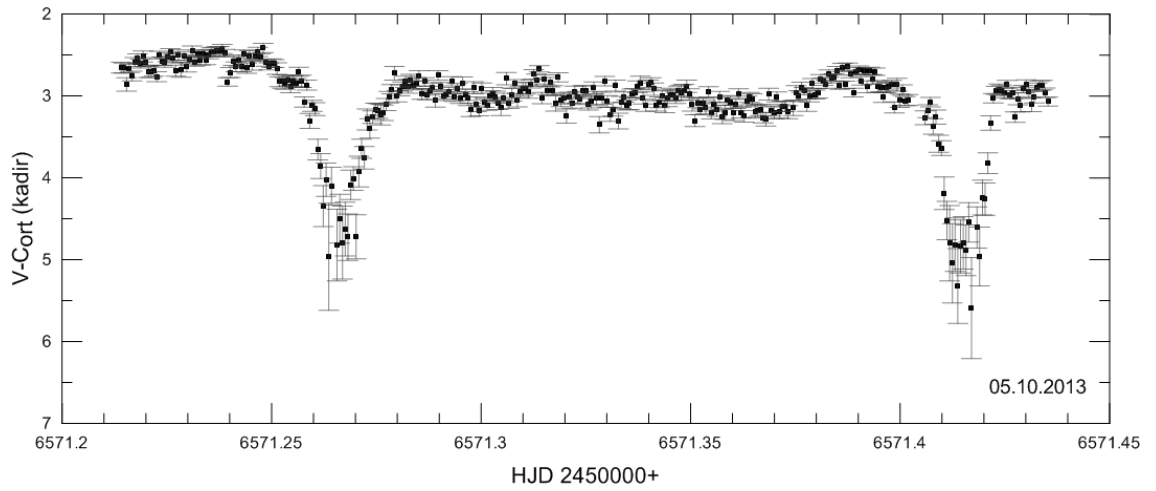


Şekil 4.19: HS0455+8315 yıldızının Eylül 2012 ve Ekim 2013 gözlemlerinin ışık eğrileri.

Şekil 4.19’da ışık eğrilerinin eksen aralıklarının uzunluğu; parlaklık değişimlerinin ve sistemin yörüngesinin hangi evrede olduğunun anlaşılabilmesi için eşit adımlarla seçilmiştir. Şekil 4.20 ve 4.21’de ise ışık eğrileri daha ayrıntılı olarak parlaklıkların hatalarıyla birlikte verilmiştir.



Şekil 4.20: HS0455+8315 yıldızının Eylül 2012 gözleminin ışık eğrisi.



Şekil 4.21: HS0455+8315 yıldızının Ekim 2013 gözleminin ışık eğrisi.

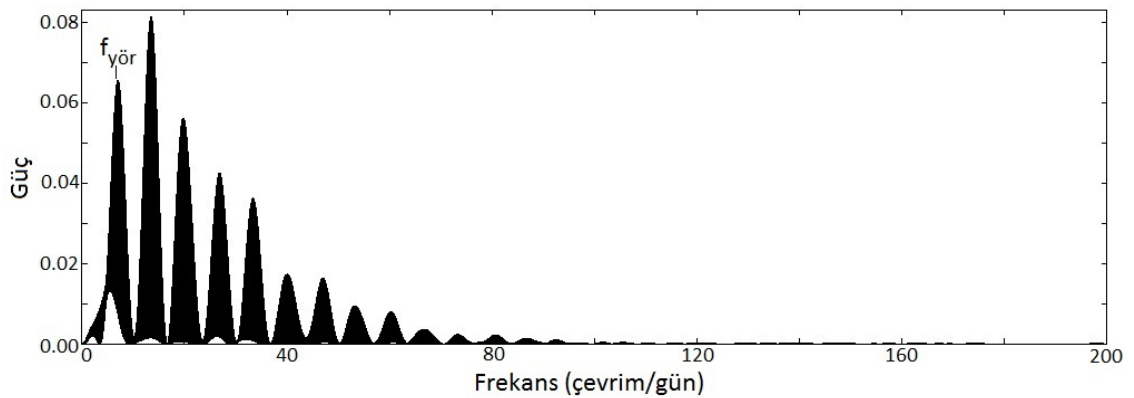
Şekil 4.20'deki Eylül 2012 dönemi gözlemlerinde tutulma derinliği birinci minimum için $\sim 1,6$ kadir, ikinci minimum için ise ~ 2 kadir olarak ölçülmüştür. Şekil 4.21'deki Ekim 2012 dönemi gözlemlerinde atmosfer koşullarının iyi olmaması ve yıldızın CCD üzerinde doygunluğa ulaşamamasından dolayı hassas gözlem yapılamamıştır. Bu sebeple tutulma derinliği ölçülememiştir. Tutulma derinlikleri, literatür ile karşılaştırıldığında Gänsicke ve diğ. (2002) çalışmasında R filtresinde $\sim 1,5$ kadir olarak verilmiştir. Aynı zamanda Gänsicke ve diğ. (2002) çalışmasında olduğu gibi, Eylül 2012 gözlemlerinde sıcak lekeden kaynaklanan yörünge hörgücü tutulma sonrasında, Ekim 2013 gözlemlerinde ise daha az belirgin olmakla birlikte tutulma öncesinde

görülmüştür. Aynı zamanda yine Gänsicke ve diğ. (2002) çalışmasında belirtildiği gibi, tez verileriyle oluşturulan ışık eğrilerine bakıldığında flickering etkilerinden bahsedilebilir. Gözlemlerin minimum zamanları ise Tablo 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.9: HS0455+8315 yıldızının minimum zamanları.

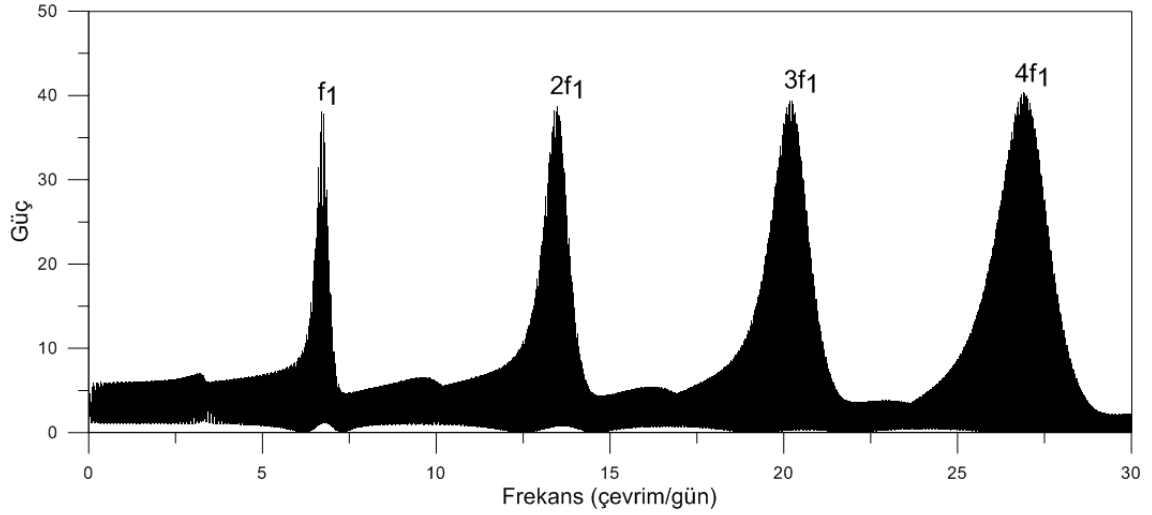
Minimum Zamanı - HJD	Hata
2456193,3585	0,0001
2456193,5075	0,0001
2456571,2660	0,0005
2456571,4155	0,0003

İki gecelik gözlem verilerinin birleştirilmesiyle oluşturulan veri seti ile gerçekleştirilen periyot analizi sonucunda, gözlemlerin ardı ardına gecelerde yapılamaması ve az sayıda gözlem verisinin olması dolayısıyla periyodik değişimlerle ilgili tutarlı sonuçlar elde edilememiştir. Buna göre, Period04 ile elde edilen yörünge frekansı $f_{yör} = 6,99599 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,14293907 gün) olarak bulunmuştur (Bkz. Şekil 4.22). Bu sonuç ile evre diyagramı oluşturulamamıştır. Yörünge periyodu haricinde süperhörgüç gibi başka bir frekans tespit edilmemiştir. Ayrıca düşük frekans değerinde yüksek genlikli frekanslar silindikten sonra dakika mertebesinde olabilecek değişimler de incelenmiş, ancak sonuç elde edilememiştir. Daha önceki literatür çalışmalarında da yörünge periyodu haricinde bir değişime rastlanmamıştır.



Şekil 4.22: HS0455+8315 yıldızının Period04 ile elde edilmiş güç spektrumu. ($f_{yör}$: yörünge frekansı).

Başka bir yöntem izleyerek gözlemlerin yalnızca tutulmaları ile oluşturulmuş veriler üzerinden bu kez CLEAN algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilen periyot analizi ile frekans değeri $f_{yör} = 6,713270 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,148959 gün) olarak bulunmuştur (Bkz. Şekil 4.23). Bu değer literatürde verilen yörünge periyodu değerine yakın bir değerdir.



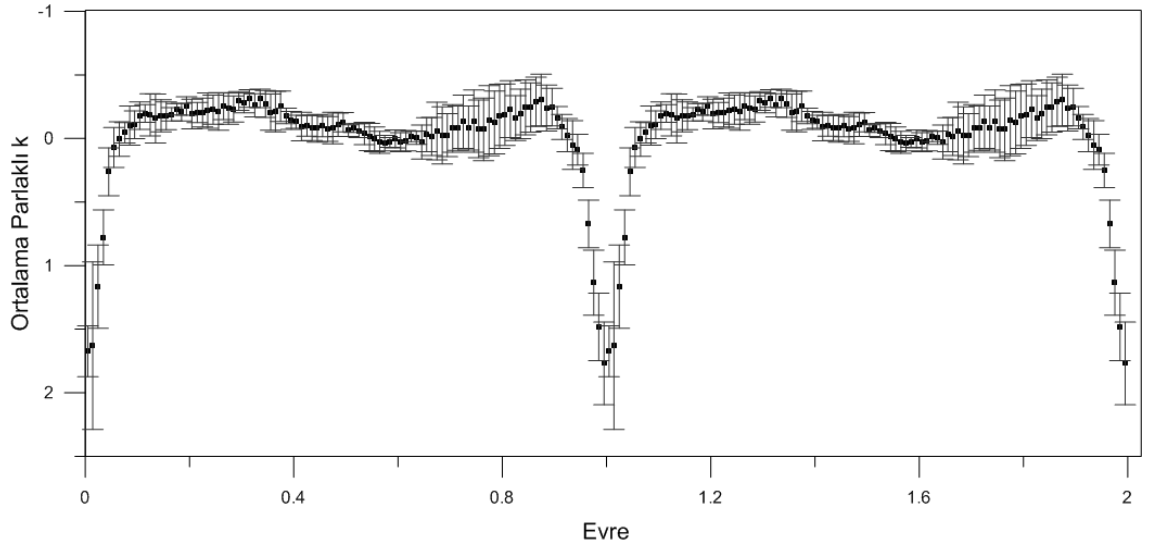
Şekil 4.23: HS0455+8315 yıldızının tutulmalara karşılık gelen verilerinden DCTFT kullanılarak elde edilen 0-30 çevrim/gün aralığındaki güç spektrumu verilmiştir. f_1 ; yörünge frekansı, $2f_1$, $3f_1$, $4f_1$ yörünge frekansının harmonikleridir.

Tablo 4.10’da literatürde verilen epok ve periyot değerleri bulunmaktadır. Evre diyagramının oluşturulması için Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında bulunan 0,148724030 günlük yörünge periyodu değeri ve tez verilerinin minimum zamanları üzerinden bulunan epok değeri kullanılmıştır. Buna göre, tez çalışması kapsamında alınan iki gecelik gözlem verisiyle elde edilmiş evre diyagramı Şekil 4.24’teki gibi verilmiştir.

Tablo 4.10: HS0455+8315 yıldızının literatürde verilen epok ve yörünge periyodu değerleri.

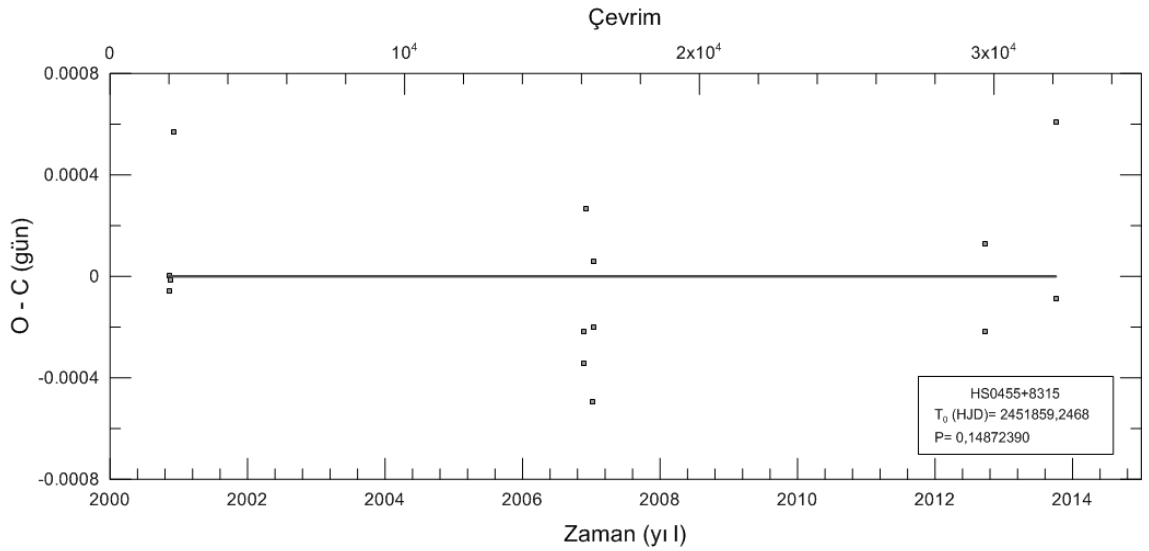
Epok Zamanı (HJD)	Yörünge Periyodu (gün)	Kaynak
2451859,2446(6)	0,148728(1)	Gänsicke ve diğ., 2002
2451859,24463(12)	0,148724030(11)	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007

$$T_o(HJD) = 2456193,35859(29) + 0,148724030(11) \times E, \quad P_{yör} = 3,5693 \text{ saat}$$



Şekil 4.24: HS0455+8315 yıldızının Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen yörünge periyodu ile çizilmiş evre diyagramı.

HS0455+8315 yıldızının periyot değişimi gösterip göstermediğini araştırmak amacıyla literatürde bulunan tüm minimum zamanları toplanmış ve Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen epok ve yörünge periyodu değerleri kullanılarak O-C diyagramı çizilmiştir (Bkz. Tablo 4.11 ve Şekil 4.25). Buna göre sistemin periyodunda bir değişim görülmemiştir.



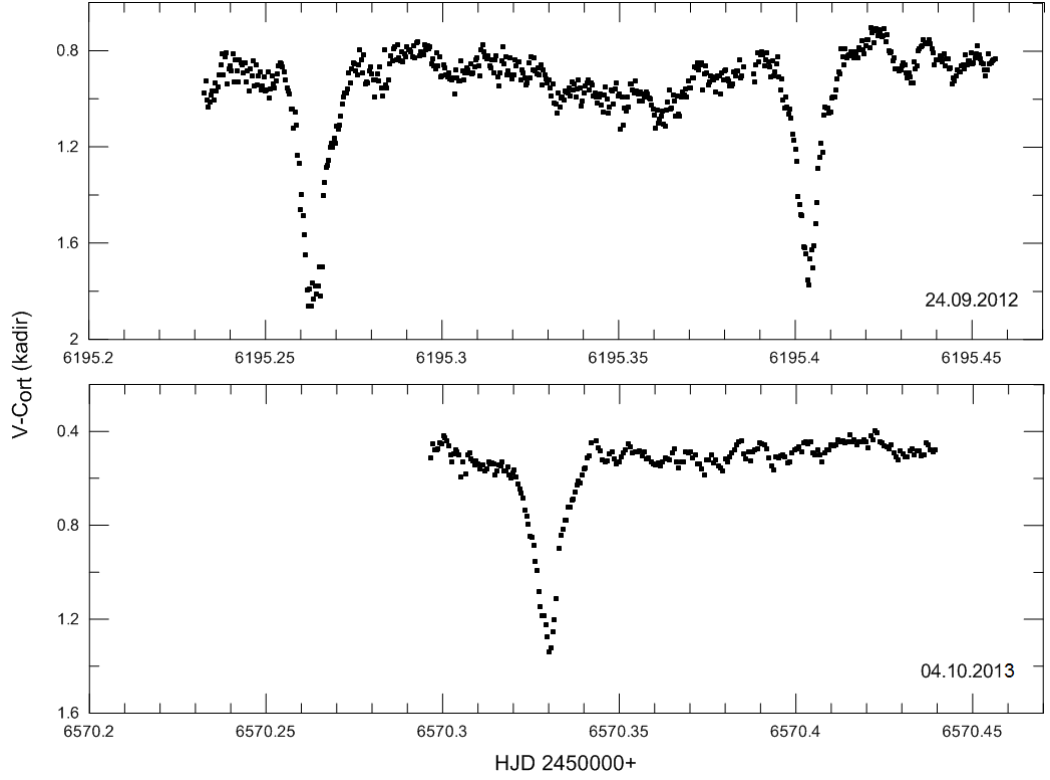
Şekil 4.25: HS0455+8315 yıldızının O-C diyagramı.

Tablo 4.11: HS0455+8315 yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.

Minimum Zamanı (HJD – 2400000)	Çevrim (E)	O-C	Kaynak
51859,2468	0,00	0,000004	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
51859,3955	1,00	-0,000060	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
51865,3445	41,00	-0,000016	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
51884,2330	168,00	0,000569	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
54061,4014	14807,00	-0,000217	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
54063,4834	14821,00	-0,000342	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
54078,3564	14921,00	0,000268	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
54112,4134	15150,00	-0,000495	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
54114,4958	15164,00	-0,000199	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
54115,3884	15170,00	0,000057	Rogriguez-Gil ve diğ., 2007
56193,3585	29142,00	-0,000220	Atalı ve diğ., 2014
56193,5075	29143,00	0,000128	Atalı ve diğ., 2014
56571,2660	31683,00	-0,000087	Atalı ve diğ., 2014
56571,4154	31684,00	0,000607	Atalı ve diğ., 2014

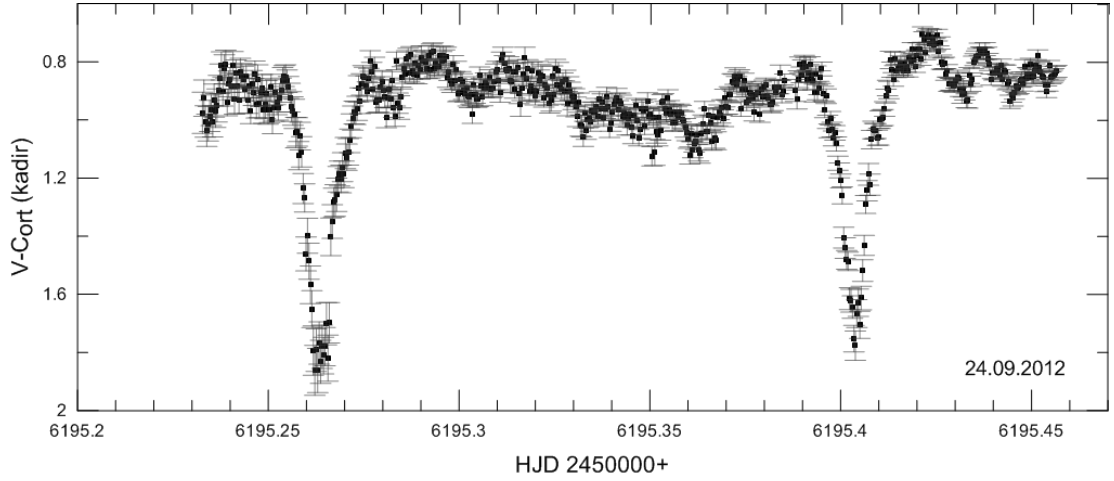
4.1.5. HS0129+2933

HS0129+2933 yıldızının Eylül 2012 ve Ekim 2013 gözlem dönemlerinden fark fotometrisi yöntemiyle ($V-C_{\text{ort}}$) elde edilmiş ışık eğrileri Şekil 4.26’da verilmiştir.

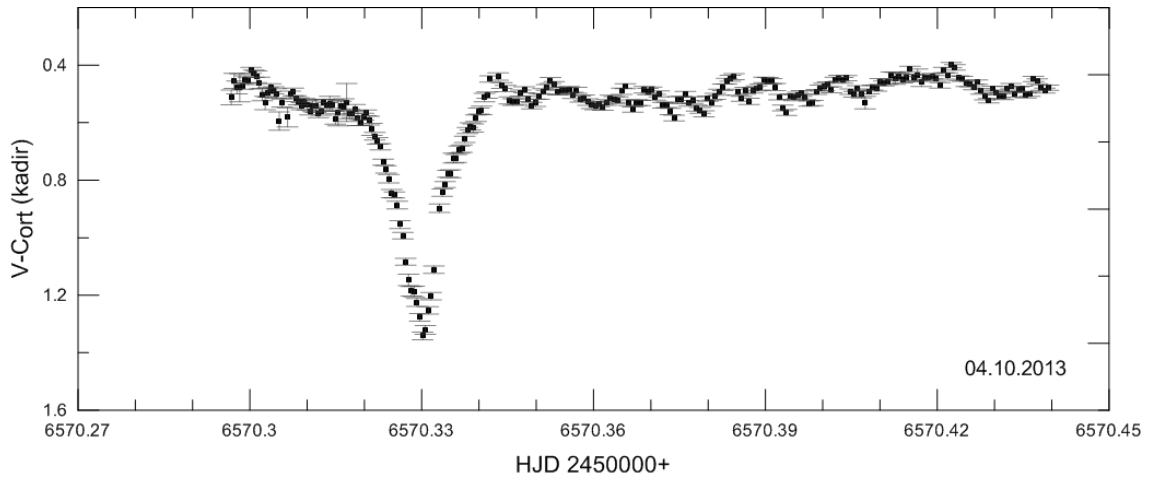


Şekil 4.26: HS0129+2933 yıldızının Eylül 2012 ve Ekim 2013 dönemi ışık eğrileri.

Şekil 4.26’da ışık eğrilerinin eksen aralıklarının uzunluğu; parlaklık değişimlerinin ve sistemin yörüngesinin hangi evrede olduğunun anlaşılabilmesi için eşit adımlarla seçilmiştir. Şekil 4.27 ve 4.28’de ise ışık eğrileri daha ayrıntılı olarak parlaklıkların hatalarıyla birlikte verilmiştir.



Şekil 4.27: HS0129+2933 yıldızının Eylül 2012 gözleminin ışık eğrisi.



Şekil 4.28: HS0129+2933 yıldızının Ekim 2013 gözleminin ışık eğrisi.

Eylül 2012 dönemi gözlemlerinde tutulma derinliği birinci minimum için $\sim 0,94$ kadir, ikinci minimum için ise $\sim 0,86$ kadir, Ekim 2013 dönemi gözlemlerinde ise $\sim 0,85$ kadir olarak ölçölmüştür. Daha önceki literatür çalışmalarında tutulma derinlikleri ölçölmemiştir. Warren ve diğ. (2006), tutulma öncesinde görölen yörünge hörgücünün varlığına rastlamamışlardır. Tez çalışmasında ise Eylül 2012 gözleminde Ekim 2013 gözlemine göre tutulma sonrasında görölen bir parlaklık artışı vardır. Warren ve diğ. (2006) çalışmasında gözlenen flickering etkileri bu tez çalışmasının gözlemlerinde de görölmektedir. Ayrıca tutulma asimetrisi tüm minimumlarda (özellikle çıkış kolunda) belirgin bir şekilde kendini göstermiştir. Ayrıca minimumların iniş ve çıkış kollarında

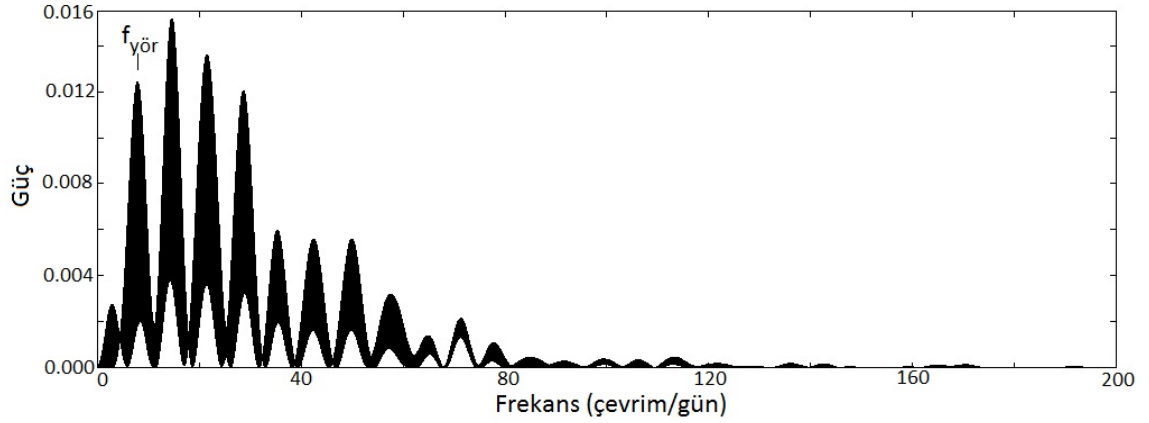
bazı durumlar dikkat çekmektedir. Buna göre; Eylül 2012 ve Ekim 2013 gözlemlerindeki minimumların iniş ve çıkış kollarında gözlemsel boşluklara benzeyen, ancak ardı ardına verilerin zamanlarına bakıldığında gözlem boşluğu olmayan parlaklık sıçramaları görülmüştür. Bu durumun sistematik bir hata olup olmadığını test edebilmek amacıyla C_{ort} değerini oluşturan mukayese yıldızlarından birini sabit, diğerlerini kontrol yıldızı seçerek aralarındaki farklar kontrol edilmiştir ve mukayese yıldızlar arasında değişim gözlenmemiştir. Bu boşlukların sebebinin tutulmalara denk gelen ani parlaklık salınımları (flickering) olduğu düşünülmektedir.

Belirlenen minimum zamanları Tablo 4.12’de verilmiştir.

Tablo 4.12: HS0129+2933 yıldızının minimum zamanları.

Minimum Zamanı - HJD	Hata
2456195,2636	0,0001
2456195,4038	0,0001
2456570,3298	0,0001

HS0129+2933 yıldızının iki gecelik gözlem verisinin tümünün birleştirilmesiyle oluşturulan veri setinin periyot analizi sonucunda, gözlemlerin ardı ardına gecelerde yapılamaması ve az sayıda gözlem verisinin olması dolayısıyla periyodik değişimlerle ilgili tutarlı sonuçlar elde edilememiştir. Period04 ile yörünge frekansı, $f_{yör} = 7,82505 \pm 0,00820$ çevrim/gün (0,127794776 gün) olarak bulunmuştur (Bkz. Şekil 4.29). Ayrıca düşük frekans değerinde yüksek genlikli frekanslar silindikten sonra dakika mertebesinde olabilecek değişimler incelenmiş ve sonuç elde edilememiştir. Daha önceki literatür çalışmalarında da yörünge periyodu haricinde periyodik bir değişime rastlanmamıştır.



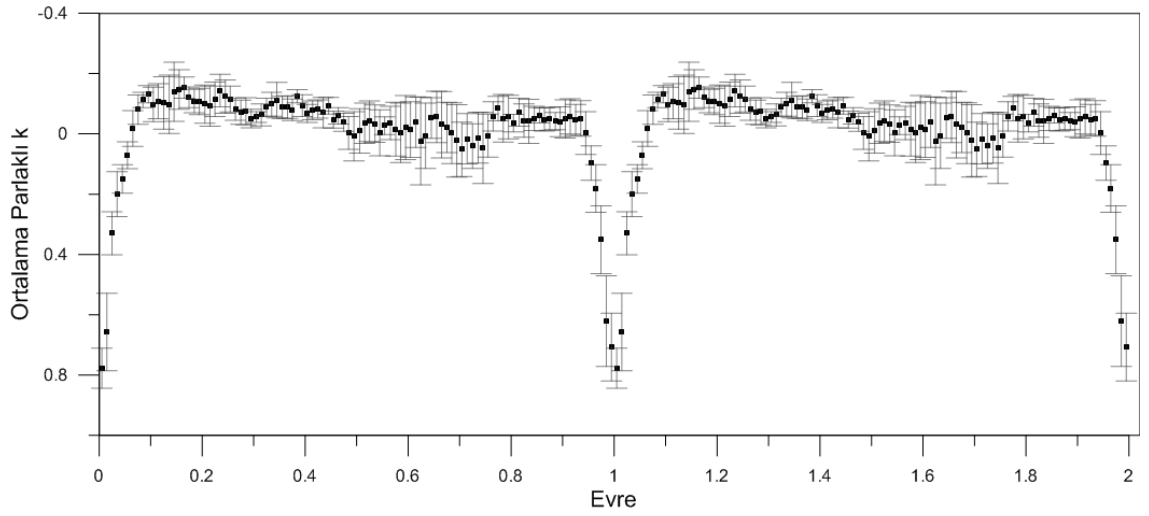
Şekil 4.29: HS0129+2933 yıldızının Period04 ile elde edilen güç spektrumu. ($f_{yör}$: yörünge frekansı)

Tablo 4.13'te literatürde verilen epok ve periyot değerleri bulunmaktadır. Tez gözlemlerinin minimum zamanlarıyla hesaplanan epok değeri ve literatürden alınan 0,139637428 günlük (Rodriguez-Gil ve diğ., 2007) yörünge periyodu değeri ile birlikte evre diyagramı Şekil 4.30'daki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 4.13: HS0129+2933 yıldızının literatürde verilen epok ve yörünge periyodu değerleri.

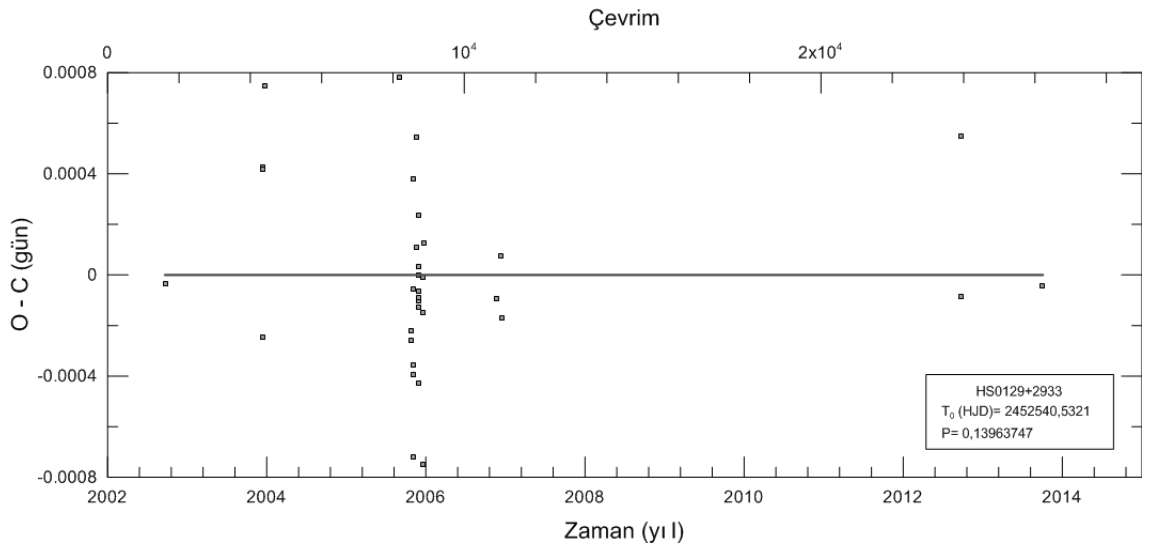
Epok Zamanı (HJD)	Yörünge Periyodu (gün)	Kaynak
2453618,953(3)	0,1396369(4)	Warren ve diğ., 2006
2452540,53244(21)	0,1396637428(27)	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007

$$T_o(HJD) = 2456195,26367(1) + 0,139637428(27) \times E, \quad P_{yör} = 3,3512 \text{ saat}$$



Şekil 4.30: HS0129+2933 yıldızının Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen yörünge periyodu kullanılarak elde edilen evre diyagramı.

HS0129+2933 yıldızının periyot değişimi gösterip göstermediğini araştırmak amacıyla literatürde bulunan tüm minimum zamanları toplanmış ve Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında verilen epok ve yörünge periyodu değeri kullanılarak O-C diyagramı çizilmiştir (Bkz. Tablo 4.14 ve Şekil 4.31). Buna göre sistemin periyodunda bir değişim görülmemiştir.



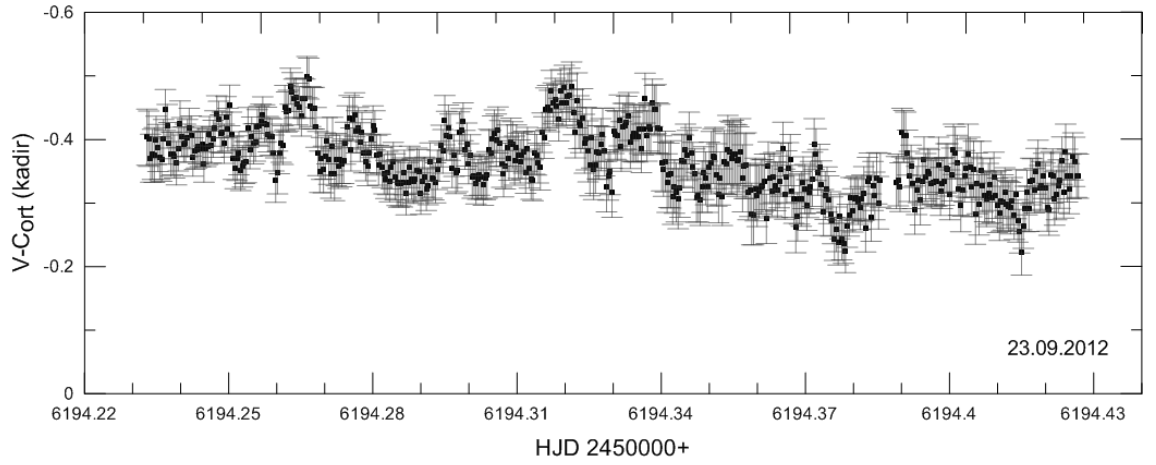
Şekil 4.31: HS0129+2933 yıldızının O-C diyagramı.

Tablo 4.14: HS0129+2933 yıldızının minimum zamanları, çevrimleri ve O-C değerleri.

Minimum Zamanı (HJD – 2400000)	Çevrim (E)	O-C	Kaynak
52540,53210	0,00	-0,000035	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007
52989,32739	3214,00	0,000424	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007
52989,46702	3215,00	0,000417	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007
52990,30418	3221,00	-0,000248	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007
52999,38161	3286,00	0,000746	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007
53618,95310	7723,00	0,000779	Warren ve diğ., 2006
53669,78010	8087,00	-0,000260	Warren ve diğ., 2006
53670,75760	8094,00	-0,000222	Warren ve diğ., 2006
53678,71710	8151,00	-0,000058	Warren ve diğ., 2006
53678,85640	8152,00	-0,000396	Warren ve diğ., 2006
53679,69500	8158,00	0,000380	Warren ve diğ., 2006
53679,83390	8159,00	-0,000358	Warren ve diğ., 2006
53680,81100	8166,00	-0,000720	Warren ve diğ., 2006
53696,59130	8279,00	0,000546	Warren ve diğ., 2006
53696,73050	8280,00	0,000108	Warren ve diğ., 2006
53702,59520	8322,00	0,000034	Warren ve diğ., 2006
53702,73470	8323,00	-0,000103	Warren ve diğ., 2006
53703,71220	8330,00	-0,000065	Warren ve diğ., 2006
53703,85190	8331,00	-0,000003	Warren ve diğ., 2006
53704,68930	8337,00	-0,000428	Warren ve diğ., 2006
53704,82960	8338,00	0,000235	Warren ve diğ., 2006
53705,66710	8344,00	-0,000090	Warren ve diğ., 2006
53705,80670	8345,00	-0,000127	Warren ve diğ., 2006
53725,63460	8487,00	-0,000748	Warren ve diğ., 2006
53726,61280	8494,00	-0,000011	Warren ve diğ., 2006
53726,75230	8495,00	-0,000148	Warren ve diğ., 2006
53728,70750	8509,00	0,000127	Warren ve diğ., 2006
54061,46337	10892,00	-0,000095	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007
54081,29206	11034,00	0,000074	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007
54086,45840	11071,00	-0,000172	Rodriguez-Gil ve diğ., 2007
56195,26357	26173,00	-0,000086	Atalı ve diğ., 2014
56195,40384	26174,00	0,000549	Atalı ve diğ., 2014
56570,32985	28859,00	-0,000045	Atalı ve diğ., 2014

4.1.6. HS1813+6122

Tutulma göstermeyen HS1813+6122 yıldızının Eylül 2012 döneminde yapılmış bir gecelik gözleminden elde edilen ışık eğrisi Şekil 4.32’de verilmiştir. Gözlem verilerinin bir gecelik olması dolayısıyla periyot analizi sonuç vermemiştir ve evre diyagramı çizilememiştir. Ayrıca ışık eğrisi üzerinde Rodriguez-Gil ve diğ. (2007) çalışmasında bahsedildiği gibi flickering etkileri de görülmektedir.



Şekil 4.32: HS1813+6122 yıldızının Eylül 2012 gözlemi.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

SW Sex yıldızları, “Standart Evrim Modeli” çerçevesinde incelendiğinde, periyot boşluğunun üst sınırında, 2,8 - 4 saat yörünge periyodu aralığında bulunmalarından dolayı kataklismik değişenlerin evriminin anlaşılması açısından önem taşıyan yıldızlardır (Schmidtobreick, 2012). Manyetik olmayan nova benzeri yıldızların (UX UMa, VY Scl, RW Tri, Sw Sex yıldızları gibi) bu periyot aralığındaki dağılımına bakıldığında çoğunluğu SW Sex yıldızları oluşturmaktadır (Gänsicke, 2005). Bu sebeple kataklismik değişenlerin, evrimlerinin bir aşamasında SW Sex türü kataklismik değişene dönüşebileceği düşünülmektedir (Schmidtobreick, 2012). Periyot boşluğunun üst sınırında bulunan SW Sex yıldızlarının gösterdikleri özelliklerin sebepleri anlaşılabilirse, genel olarak kataklismik değişenlerin uzun yörünge periyotlarından daha kısa yörünge periyotlarına evrimleşirken periyot boşluğuna girmeden önce hangi fiziksel özellikleri gösterdikleri daha iyi açıklanabilir. SW Sex yıldızlarının incelenmesinde fotometrik gözlemlerin yanı sıra tayfsal gözlemlere de ağırlık verilmelidir. Çünkü tayfsal olarak gösterdikleri özellikler (disk rüzgârları, sistemin yüksek ya da düşük hali vb.) sayesinde fotometrik ışık eğrilerinin yorumlanabilmesi de kolaylaşmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında, SW Sex türü yıldızların fotometrik gözlemleri üzerinden bu yıldızların doğasının anlaşılabilmesi amaçlanmış ve literatürden seçilen 6 SW Sex yıldızı incelenmiştir. Bu çerçevede PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315, HS0129+2933, HS1813+6122 yıldızlarının farklı zamanlarda Çanakkale Ulupınar Astrofizik Gözlemevi’ndeki İST60 teleskobu ile gözlemleri yapılmış ve elde edilen bulgular Bölüm 4’te tartışılmıştır.

Literatürde SW Sex yıldızı olarak bilinen 70 yıldızın %43’ü tutulma göstermeyen, %11’i parçalı tutulma gösteren, %46’sı ise tam tutulma gösteren yani yüksek eğim açılı sistemlerden oluşmaktadır (Bkz. Bölüm 2.4). Buradan yola çıkarak çalışmada incelenen SW Sex yıldızlarından, HS1813+6122 yıldızı hariç; PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315 ve HS0129+2933 yıldızları tutulma gösteren yıldızlar olarak

seçilmişlerdir. Böylece hem tutulma göstermeyen hem de tutulma gösteren sistemlerdeki fotometrik özellikler incelenmiştir.

Tez yıldızlarının gözlemlerinin sonucunda elde edilen ışık eğrileri literatürde verilen ışık eğrileri ile karşılaştırılmış ve sistemlerin tutulma derinliği, yörünge hörgücünün konumu, flickering etkileri gibi fiziksel durumlarındaki değişiklikler belirlenmiştir. Seçilen SW Sex yıldızlarının tutulma derinliği değişimleri aşağıdaki gibi yorumlanmış ve literatüre eklenmiştir:

1. PX And yıldızının daha önceki çalışmalarında tutulma derinlikleri; V filtresinde (Thorstensen ve diğ. (1991); 0,3-0,7 kadir, Stanishev ve diğ. (2002); ~0,89 kadire kadar çıkabilen değerler) ölçülmüştür. Ancak bu çalışmada filtresiz gözlem yapılmış ve tutulma derinlikleri ~0,38 – 0,5 kadir aralığında, V filtresindeki ölçümlerden daha küçük bulunmuştur.
2. V1315 Aql yıldızı için Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında yapılan filtresiz gözlemlerdeki tutulma derinliği ~3,2 kadir olarak bulunmuştur. Bu değer tez çalışmasında ölçülen ~1,4-1,7 kadir aralığındaki derinliklerden daha fazladır. Aynı zamanda filtresiz gözlemlerden birinde tutulma derinliği 1,5 kadir olarak tespit edilmiştir. Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında filtresiz gözlemlere ek olarak R filtresinde ortalama ~2,6 kadirlik derinlikler de ölçülmüştür. V filtresinde ise tutulma derinlikleri; Downes ve diğ. (1986) çalışmasında ~1,7 kadir, Dhillon ve diğ. (1991) çalışmasında ise ~1,9 kadir olarak ölçülmüştür.
3. BH Lyn yıldızı için daha önceki çalışmalarda tutulma derinlikleri, Dhillon ve diğ. (1992) çalışmasında sistem düşük haldeyken R filtresinde ~2,1 kadir, Hoard ve Szkody (1997) çalışmasında yüksek haldeyken V filtresinde ~1,5 kadir, Stanishev ve diğ. (2006) çalışmasında yüksek haldeyken V filtresinde ~1,5 kadir olarak ölçülmüştür. Tez çalışmasında ise 1 minimum gözlenmiş ve tutulma derinliği filtresiz olarak 1,3 kadir olarak ölçülmüştür.
4. HS0455+8315 yıldızının tutulma derinliği Gänsicke ve diğ. (2002) çalışmasında R filtresinde ~1,5 kadir, bu çalışmada ise iki farklı minimumda filtresiz olarak ~1,6 kadir ve ~2 kadir ölçülmüştür.
5. HS0129+6122 yıldızı için daha önceki çalışmalarda minimum derinliği ölçülmemiş, bu çalışmada ise filtresiz gözlemlerde ~0,85-0,94 kadir olarak bulunmuştur.

Bu sistemlerin tutulma derinliği değişimlerinin sebeplerinin anlaşılabilmesi için tüm SW Sex yıldızları ile uyumlu bir model henüz verilmemiştir. Ancak bazı SW Sex yıldızları için birtakım modeller geliştirilmiştir. Stanishev ve diğ. (2004) çalışmasında DW UMa yıldızı için tutulma derinlikleri, sistemin yüksek hal ya da düşük haliyle, Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında ise PX And yıldızı için yığılma diskinin eliptik ve eğimli disk olmasıyla ilişkilendirilmiştir (Bkz. Bölüm 2.4.3.1 ve 2.4.3.2). Eğer bu çalışmada gözlenen yıldızların, daha önceki çalışmalarda filtresiz gözlemlerle elde edilen tutulma derinliği değerleri olsaydı, Stanishev ve diğ. (2004) çalışmasında önerilen model üzerinden sistemlerin yüksek ya da düşük halde olup olmadıkları yorumlanabilirdi. V1315 Aql yıldızının Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında filtresiz gözlemleri olmasına rağmen karşılaştırma yapılamamasının sebebi ise tez çalışmasındaki gözlemlerde sistemin parlaklık kalibrasyonunun yapılamamasıdır. Çünkü tez çalışmasında fark parlaklıkları kullanılmış, Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında ise parlaklık kalibrasyonu yapılmıştır. Eğer parlaklık yöntemleri birbiriyle uyuşmuş olsaydı, tutulmalar haricindeki bölgelerin parlaklık değerlerinin karşılaştırılmasıyla sistemin durumu hakkında yorum yapılabilirdi. Stanishev ve diğ. (2002) çalışmasında verilen model ile uyumlu bir sonuç elde edebilmek için ise Papadaki ve diğ. (2009) çalışmasında belirtildiği gibi V1315 Aql yıldızı için daha fazla gözleme ihtiyaç duyulmaktadır. Gelecek çalışmalarda, bu sistemlerin tutulma derinlikleri değişimi ile ilgili araştırmalar, uzun dönemli gözlemlerle yapılmalı ve tutulma derinlikleri araştırılmalıdır. Böylece Stanishev ve diğ. (2004) modeli ile Stanishev ve diğ. (2002) modeli üzerinde daha ayrıntılı araştırmalar yapılabilir ve hatta farklı modeller geliştirilebilir.

Tez çalışmasında incelenen SW Sex yıldızlarının ışık eğrilerinde görülen bir diğer etki ise yörünge hörgücünün genliğinin ve konumunun değişmesidir. Aynı zamanda flickering etkilerinin şiddeti de değişiklik göstermektedir. Tez çalışmasında, bu etkiler ile ilgili yapılan tartışmalar ve sonuçlar ise aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

1. PX And yıldızında Thorstensen ve diğ. (1991) çalışmasında tutulma sonrasında görülen yörünge hörgücü, bu çalışmada Ağustos 2012 gözleminde daha etkin bir şekilde tutulmanın başlangıcında gözlenmiştir. Bu yıldız için yörünge hörgücünün gözlemlendiği dönemlere bağlı olarak tutulma başında ya da tutulma sonunda görülmesi,

yani yer değiştirmesi, bu yıldızn gl aktivitesinin bir işareti olarak görülür (Bianchini, 2014). Aynı zamanda tutulma dışında görülen gl flickering etkileri de bu durumu desteklemektedir.

2. V1315 Aql yıldıznında Dhillon ve diğ. (1991) alışmasında olduğu gibi yörünge hörgücüne rastlanmamıştır. Flickering etkileri de oldukça düşük seviyededir.
3. BH Lyn yıldıznında ise yörünge hörgücünün genliği flickering etkilerinde de olduğu gibi sistemin yüksek ya da düşük halde olmasına göre değişiklik göstermektedir (Dhillon ve diğ., 1992; Hoard ve Szkody, 1997). Bu çalışmada ise bir minimum görüldüğünden, yörünge hrgcnden tam olarak bahsedilememektedir.
4. HS0455+8315 yıldıznının gözlemlerinde Gnsicke ve diğ. (2002) alışmasında belirlenene göre daha gl bir yörünge hörgücü tespit edilmiştir. Flickering etkileri ise aktif bir şekilde gözlenmektedir.
5. HS0129+6122 yıldıznı için ise Warren ve diğ. (2009) alışmasında da olduğu gibi çok şiddetli bir yörünge hörgücüne rastlanmamıştır. Gl flickering aktivitesi görülmüştür.
6. Tutulma göstermeyen HS1813+6122 yıldıznına bakıldığında flickering etkileri oldukça gl bir şekilde kendini göstermektedir. Flickering etkilerinin sıcak lekeden olabileceği gibi yığılma diskinin i kısımlarındaki sıcak bölgelerden kaynaklandığı da bilinmektedir (Warner, 1995). Bu durumda sistem için flickering etkilerinin sebebi, sıcak i disk ışınımı olabilir.

SW Sex yıldıznlarının tek minimum gösteren yıldıznlar olmaları, yığılma disklerinin sistemin ışınması üzerindeki etkisinin bir göstergesidir. Yani, optik bölgede incelendiklerinde tutulma profillerinin yalnızca yığılma diskinin tutulması üzerine temellendiğini söylemek yanlış olmayacaktır (Dhillon ve diğ., 1991; Hoard, 1998). Aynı zamanda, SW Sex yıldıznları, tayfsal olarak incelendiklerinde Balmer ve HeI çizgilerinin tutulma sırasında da görülüyor olması, disk rüzgârlarının tutulmadan etkilenmediğini ve bu rüzgârların fotometrik gözlemlerde “V” biçimli tutulma profillerine sebep olduğunu göstermiştir (Hellier, 1996; Hellier, 1998). Bazı SW Sex sistemlerinde “V” biçimli tutulma profillerine ek olarak simetrik tutulmalar görülememesinin nedeni, yüksek kütle aktarımı sonucunda yığılan maddenin diskle olan etkileşimleri ile açıklanabilir (Thorstensen ve diğ., 1991; Hoard, 1998). Tez alışması

kapsamında incelenen yıldızların ışık eğrilerinde görülen “V” biçimli tutulmalar bu görüşlerle açıklanmaktadır.

Baskın olarak HS0129+2933 yıldızının minimumlarında görülen parlaklık sıçramaları yığılma diskinin ne kadar aktif bir bileşen olduğunun göstergesidir (Bkz. Bölüm 4.1.5.). Aralarında gözlemden kaynaklanan zamansal boşlukların olmadığı bu sıçramaların, diskin ani parlaklık değişimlerinden ve flickering etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Bianchini, 2014). Özellikle HS0129+2933 yıldızında görülen bu ani parlamaların gözlemlerle yakalanabilmesi için daha kısa poz süreleriyle ve daha büyük teleskoplarla gözlem yapılması gerekmektedir.

Gözlemlerin ardı ardına gecelerde yapılamamasından dolayı periyodik değişimlerle ilgili tutarlı sonuçlar elde edilememiştir. Ancak literatürde verilen periyotlar üzerinden, tez yıldızlarının ışık eğrilerinin incelemeleri yapılmış ve literatürle uyum sağladıkları görülmüştür (Bkz. Bölüm 4.) Yörünge periyodu haricinde gösterdikleri herhangi bir periyodik değişim olup olmadığı da incelenmiş, ancak oldukça değişken sistemler olmaları sebebiyle analizler güvenilir sonuçlar vermemiştir. Tez çalışmasında bu konu ile ilgili yapılan tartışmalar ve sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

1. PX And yıldızının yörünge frekansı $f_{yör} = 7,42296 \pm 0,00004$ çevrim/gün (0,134717 gün) olarak ölçülmüştür. Yörünge frekansı haricinde ikinci bulunan güçlü frekans ise $f_2 = 6,47787 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,154365 gün) olarak tespit edilmiştir. PX And yıldızında görülen negatif ve pozitif süperhörgüçlerin yanı sıra, Stanishev ve diğ. (2002) ve Thomas ve diğ. (2010) çalışmasında rastlanan 0,207 günlük değişime tez verilerinin analizi sonucunda rastlanmamıştır.
2. Bir geceden fazla gözlemi ve birden fazla minimumu olan diğer HS0455+8315 ve HS0129+2933 yıldızları için yapılan periyot analizleri sonucunda; hassas olmamakla birlikte yörünge frekansları sırasıyla $6,99599 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,14293907 gün) ve $7,82505 \pm 0,00820$ çevrim/gün (0,127794776 gün) olarak elde edilmiştir. Bu frekanslar haricinde başka güçlü bir değişime rastlanmamıştır.
3. V1315 Aql, BH Lyn ve HS1813+6122 yıldızlarının verileri yeterli sayıda olmadığı için periyot analizlerinden sonuç alınamamıştır.

Tez yıldızları için bulunan frekanslar sistemlerin evre diyagramlarını sağlamadığından, literatürde verilen yörünge periyotları kullanılarak evre diyagramları çizilmiştir. Yörünge periyodu ve süperhörgüç periyodu araştırmalarının haricinde düşük genlikli yüksek frekans değerinde gözlenebilecek yarı periyodik değişimlerin araştırması da yapılmıştır. Tez verilerinden bu konuyla ilgili bir sonuç elde edilememiş olsa da, böyle değişimlerin tespit edilmesi, bu yıldızların kütle aktarım mekanizmalarını anlayabilmek açısından oldukça önemlidir. Böyle değişimler bileşen yıldızdan yığılma diskine aktarılan maddenin disk ile çarpışması sonucunda oluşan, ayrıca maddenin disk içerisindeki hareketinden kaynaklanan değişimlerdir (Bruch, 1992). Bu konuda yapılacak detaylı incelemeler sonucunda belki de, bileşenlerin tamamen konvektif hale gelip manyetik frenleme mekanizmasını durdurdıkları ya da azalttıkları 3 saatlik yörünge periyodu civarına yaklaşırken kütle aktarım mekanizmalarında ne gibi değişiklikler olduğu anlaşılabilecektir. Bu sebeple, SW Sex yıldızlarının periyot boşluğunun üst sınırında bulunmaları ve yarı periyodik değişimler göstermeleri, araştırılması gereken konulardandır. Eğer bu değişimlerin hangi frekanslara karşılık geldiği ve bunların yörünge periyodu ile olan ilişkilerinin nasıl değiştiği ortaya konulabilirse sistemlerin kütle aktarımı konusunda da yorum yapılabilir (Bianchini, 2012). Bu konunun araştırılabilmesi için zaman çözünürlüğü iyi olan gözlem aletlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu tez çalışmasının bir sonraki aşamasında İST60 teleskobundan daha iyi ışık toplama gücüne sahip, yani daha kısa poz süreleriyle gözlem yapabilecek bir sistem ile (örneğin; TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan T100 (1m)) SW Sex yıldızlarındaki yarı periyodik değişimler incelenebilir.

Tutulma gösteren PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315 ve HS0129+2933 yıldızlarının minimum zamanları tespit edilerek literatüre katkıda bulunulmuş ve IBVS (Information Bulletin on Variable Stars) 6102 yayın numarasıyla yayınlanmıştır. Tez çalışmasında bulunan minimum zamanlar ile daha önceki literatür çalışmalarında verilen minimum zamanlarından yararlanılarak O-C diyagramları oluşturulmuştur. PX And, V1315 Aql ve BH Lyn yıldızlarının O-C diyagramları, yaklaşık 30 yıllık gözlem çerçevesinde oluşturulmuştur. HS0455+8315 ve HS0129+2933 yıldızlarının O-C diyagramları ise 15 yıllık bir süreci kapsamaktadır. Uzun gözlem sürelerine sahip olan bu yıldızlardan BH Lyn yıldızı hariç, diğer yıldızlarda O-C değişimine rastlanmamıştır. BH Lyn yıldızında görülen periyot değişimi ise yörünge periyodunun arttığını

göstermektedir. Ancak, Standart Evrim Modeli'ne göre yörünge periyotlarının azalması beklendiğinden bu durum model ile çelişki yaratmaktadır. BH Lyn yıldızının gelecekte yapılacak gözlemleriyle birlikte O-C analizinde görülen periyot artışının araştırılması gerekmektedir. Böylece bu değişim, daha büyük ölçekte bakıldığında üçüncü cisim etkisi gibi minimum zamanlarının aralıklarını değiştiren etkilerle açıklanabilir. Sonuç olarak, SW Sex yıldızlarının kataklismik değişenlerin evrimi açısından önemli olmaları sebebiyle O-C değişimlerinin araştırılmasına devam edilmelidir.

Sonuç olarak; tutulma gösteren PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315 ile HS0129+2933 yıldızlarının tutulma derinliklerinin değiştiği görülmüş ve literatürlerinde verilen değerlerle (Bkz. Bölüm 4.) karşılaştırılmıştır. Ayrıca sistemlerde yörünge hörgücünün varlığı tespit edilmiş ve konumunun değiştiği gözlenmiştir. Tutulma göstermeyen HS1813+6122 yıldızı da dâhil olmak üzere sistemlerdeki flickering etkileri gösterilmiştir. HS0129+2933 yıldızının tutulmaları sırasında meydana gelen parlaklık sıçramalarının yığılma diskinin güçlü aktivitesinden kaynaklanan flickering etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Bianchini, 2014). Bir geceden fazla sayıda gözleme sahip PX And yıldızının yörünge frekansı $f_{yör} = 7,42296 \pm 0,00004$ çevrim/gün (0,134717 gün) ve ikinci güçlü frekansı $f_2 = 6,47787 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,154365 gün), HS0455+8315 yıldızının yörünge frekansı $f_{yör} = 6,99599 \pm 0,00005$ çevrim/gün (0,14293907 gün), HS0129+2933 yıldızının yörünge frekansı ise $f_{yör} = 7,82505 \pm 0,00820$ çevrim/gün (0,127794776 gün) olarak tespit edilmiştir. Bu değerler gözlemlerin ardı ardına gecelerde yapılamamasından dolayı hassas olarak ölçülememiştir. Sistemlerde görülebilecek yarı periyodik değişimler de araştırılmış ancak analizlerden sonuç elde edilememiştir. V1315 Aql, BH Lyn ve HS1813+6122 yıldızlarının gözlem yetersizliğinden dolayı periyot analizleri sonuç vermemiştir. Tutulma gösteren PX And, V1315 Aql, BH Lyn, HS0455+8315 ile HS0129+6122 yıldızlarının minimum zamanları belirlenmiş ve literatür minimum zamanlarıyla birleştirilerek O-C diyagramları oluşturulmuştur. BH Lyn hariç diğer yıldızlarda O-C değişimine rastlanmamıştır. BH Lyn yıldızında görülen O-C değişimi ise yörünge periyodunun arttığını göstermektedir.

SW Sex yıldızları ile ilgili daha ayrıntılı çalışmaların yapılabilmesi için İST60 teleskobundan daha iyi ışık toplama gücüne sahip, daha iyi zaman çözünürlüklü

teleskoplar (örn. TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde bulunan RTT150 ve T100 gibi) kullanılarak hem fotometrik hem de tayfsal gözlemler yapılmalıdır. Böylece bu gözlemler, sistemlerin periyodik değişimlerinin ve dolayısıyla kütle aktarımındaki değişiklerin araştırılması açısından önemli çalışmalardır.

KAYNAKLAR

- Ak T., Bilir S., Ak S., Eker Z., 2008, Spatial Distribution and Galactic Model Parameters of Cataclysmic Variables, *New Astronomy*, 13, 133-143.
- Ak T., Bilir S., Ak S., oşkunoğlu K.B., Eker Z., 2010, The Age of Cataclysmic Variables: A Kinematical Study, *New Astronomy*, 15, 491-508.
- Ak T., Retter A., Liu A., 2005, The Orbital Period of Nova V2540 Ophiuchi, *Publication of the Astronomical Society of Australia*, 22, 298-305.
- Ak T., Retter A., Liu A., Esenoglu H.H., 2005, A Photometric Study of the Newly Discovered Eclipsing Cataclysmic Variable SDSS J040714.78-064425.1, *Publication of the Astronomical Society of Australia*, 22, 105-110.
- Andronov I.L., Baklanov A.V., Burwitz V., 2005, Two-Color V and R CCD Photometry of the SW Sex-Type Eclipsing Variable V1315 Aql, *ASP Conference Series*, 330.
- Andronov I.L., Kimeridze G.N., Richter G.A., Smykov V.P., 1989, Detection of the 224-min Orbital Period of the Cataclysmic Variable PG 0818+513, *Information Bulletin on Variable Stars*, 3388.
- Andronov N., Pinsonneault M.H., 2004, Stellar Models of Evolved Secondaries in CVs, *The Astrophysical Journal*, 614, 326-337.
- Annis J.T., 1986, Improved Ephemeris for the Short Period, Eclipsing Cataclysmic Variable V1315 Aquilae, *Information Bulletin on Variable Stars*, 2858.
- Atali H.B., Alis S., Yelkenci K., Saygac A.T., Aksoyu Nuranoglu Y., Fisek S., Ulgen E.K., 2014, Times of Minima of Eclipsing Cataclysmic Variables, *Information Bulletin on Variable Stars*, 6102.
- Ballouz R.L., Sion E.M., 2009, On the Accretion Rates of SW Sextantis Nova-like Variables, *The Astrophysical Journal*, 697, 1717-1724.
- Baraffe I., Kolb U., 2000, On the Late Spectral Types of Cataclysmic Variable Secondaries, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 318, 354-360.
- Bianchini A., 2012, Özel Haberleşme.
- Bianchini A., 2014, Özel Haberleşme.
- Boffin H.M.J., Stanishev V., Kraicheva Z., Genkov V., 2003, A Warped Accretion Disc in PX And?, *Astronomical Society of the Pacific*, 292, 297.

- Breger, M., Stich, J., Garrido, R., Martin, B., Jiang, S.Y., Li, Z.P., Hube, D.P., Ostermann, W., Paparo, M., Scheck, M., 1993, Nonradial Pulsation of the Delta-Scuti Star Bu-Cancr in the Praesepe Cluster, *Astronomy and Astrophysics*, 271, 482.
- Bruch A., 1992, Studies of the Flickering in Cataclysmic Variables – VI. The Location of the Flickering Light Source in HT Cassiopeiae, V2051 Ophiuchi, IP Pegasi and UX Ursae Majoris, 2000, *Astronomy and Astrophysics*, 359, 998-1010.
- Casares J., Martinez-Pais I.G., Marsh T.R., Charles P.A., Lazaro C., 1996, V795 Her: an SW Sex Star in the Period Gap?, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 278, 219-235.
- Cutri, R.M., Skrutskie, M.F., van Dyk, S., Beichman, C.A., Carpenter, J.M., Chester, T., Cambresy, L., Evans, T., Fowler, J., Gizis, J., Howard, E., Huchra, J., Jarrett, T., Kopan, E.L., Kirkpatrick, J.D., Light, R.M., Marsh, K.A., McCallon, H., Schneider, S., Stiening, R., Sykes, M., Weinberg, M., Wheaton, W.A., Wheelock, S., Zacarias, N., 2003, 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources (Cutri+ 2003), *VizieR On-line Data Catalog: II/246*.
- Davis P.J., Kolb U., Willems B., Gänsicke B.T., 2008, How Many Cataclysmic Variables Are Crossing the Period Gap? A Test for the Disruption of Magnetic Braking, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 389, 1563-1576.
- De Loore C.W.H., Doom C., 1992, *Structure and Evolution of Single and Binary Stars*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London, ISBN:0-7923-1768-8, 0-7923-1844-7.
- Dhillon V.S., 1996, The Nova-like Variables, *Astrophysics and Space Science Library*, 208, 3-12.
- Dhillon V.S., Jones D.H.P., Marsh T.R., Smith R.C., 1992, An Observational Study of the Eclipsing Nova-like Variable BH Lyncis (=PG0818+513), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 258, 225-240.
- Dhillon V.S., Littlefair S.P., Howell S.B., Ciardi D.R., Harrop-Allin M.K., Marsh T.R., 2000, Infrared Spectroscopy of Cataclysmic Variables - III. Dwarf Novae below the Period gap and Nova-like Variables, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 314, 826-838.
- Dhillon V.S., Marsh T.R., Jones D.H.P., 1991, A Spectrophotometric Study of the Eclipsing Nova-like Variable V1315 Aquilae, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 252, 342-356.
- Dhillon V.S., Marsh T.R., Jones D.H.P., 1997, On the Nature of SW Sex, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 291, 694-708.
- Dhillon V.S., Smith D.A., Marsh T.R., 2013, The SW Sex Enigma, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 428, 3559-3568.

- Dhillon V.S., Rutten R.G.M., 1995, Spectropolarimetry of the Nova-like Variable V1315 Aquilae, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 277, 777-780.
- Dillon M., 2008, *The Orbital Period Distribution of Cataclysmic Variables from the Sloan Digital Sky Survey (SDSS)*, Thesis (PhD), The University of Warwick.
- Dobrotka A., Mineshige S., Casares J., 2012, A Flickering Study of Nova-like Systems KR Aur and UU Aqr, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 420, 2467-2474.
- Downes R.A., Mateo M., Szkody P., Jenner D.C., Margon B., 1986, Discovery of A New Short-period, Eclipsing Cataclysmic Variable, *The Astrophysical Journal*, 301, 240-251.
- Esenoğlu H.H., 2010, Novaların Evrimi, “Yakın Çift Yıldızların Yapısı ve Evrimi” Çalıştayı.
- Faulkner J., Ultrashort – Period Binaries, Gravitational Radiation, and Mass Transfer I. The Standart Model, With Applications tı WZ Sagittae and Z Camelopardalis, *The Astrophysical Journal*, 170, L99-L104.
- Ferraz-Mello S., 1981, Estimation of Periods from Unequally Spaced Observations, *Astronomical Journal*, 86, 619.
- Foster G., 1995, The Cleanest Fourier Spectrum, *The Astronomical Journal*, 109, 4.
- Gänsicke B.T., Hagen H.-J., Kube J., Schwarz R., Staude A., Engels D., Nogami D., Kuduz M., 2002, HS 0455+8315: A New Eclipsing Novalike Variable, *ASP Conference Series*, 261.
- Gänsicke B.T., 2005, Observational Population Studies of Cataclysmic Variables – The Golden Era of Surveys, *Proceedings of ASP Conference*, 330.
- Gänsicke B.T., Dillon M., Soutworth J., Thorstensen J.R., Rodriguez-Gil P., Aungwerojwit A., Marsh T.R., Szkody P., Barros S.C.C., Casares J., de Martino D., Groot P.J., Hakala P., Kolb U., Littlefair S.P. Martinez-Pais I.G., Nelemans G., Schreiber M.R., 2009, SDSS Unveils A Population of Intrinsically Faint Cataclysmic Variables at the Minimum Orbital Period, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 397, 2170-2188.
- Giovannelli F., 2008, Cataclysmic Variables: A Review, *Chinese Journal of Astronomy and Astrophysics Supplement*, 8, 237-258.
- Grauer A.D., Ringwald F.A., Wegner G., Liebert J., Schmidt G.D., Green R.F., 1994, The Nova-like Cataclysmic Variable Star: KUV 0859+415, *The Astronomical Journal*, 108, 214-221.

- Green R.F., Ferguson D.H., Liebert J., Schmidt M., 1982, Cataclysmic Variable Candidates from the Palomar Green Survey, *Astronomical Society of the Pacific*, 94, 560-564.
- Groot P.J., Rutten M.G.R., van Paradijs J., 2001, SW Sextantis in an Excited, Low State, *Astronomy and Astrophysics*, 368, 183-196.
- Gulsecen H., Esenoglu H.H., 2014, A Photometric Study of SDSS J081256.85+191157.8: Detection of Orbital and Negative Superhump Periods, *New Astronomy*, 28, 49-53.
- Hameury J.M., King A.R., Lasota J.P., Ritter H., 1988, The Period Distribution of Cataclysmic Variables, *The Astrophysical Journal*, 327, L77-L79.
- Hameury J.M., King A.R., Lasota J.P., Ritter H., 1988, Magnetic Braking and the Evolution of Cataclysmic Binaries, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 231, 535-547.
- Hameury J.M., Lasota J.P., 2002, VY Sculptoris Stars as Magnetic Cataclysmic Variables, *Astronomy and Astrophysics*, 394, 231-239.
- Hellier C., 1996, V1315 Aql and The Nature of SW Sextantis Stars, *The Astrophysical Journal*, 471, 949-957.
- Hellier C., 1998, The Phase 0.5 Absorption in SW Sextantis-Type Cataclysmic Variables, *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 110, 420-424.
- Hellier C., 2000, The SW Sextantis stars, *New Astronomy Reviews*, 44, 131-136.
- Hellier C., 2001, *Cataclysmic Variables: How and Why They Vary*, Springer – Praxis Publishing, Chichester UK, ISBN: 1-85233-211-5.
- Hellier C., Robinson E.L., 1994, PX Andromedae and the SW Sextantis Phenomenon, *The Astrophysical Journal*, 431, L107-L110.
- Henden A.A., Honeycutt R.K., 1997, Secondary Photometric Standards for Northern Cataclysmic Variables, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 107, 324.
- Henden A.A., Honeycutt R.K., 1997, Secondary Photometric Standards for Northern Cataclysmic Variables and Related Objects, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 109, 441-460.
- Hoard D.W., 1998, *Accretion and Structure in the SW Sextantis Stars*, Thesis (PhD), University of Washington.
- Hoard D.W., 2014, The Big List of SW Sextantis Stars, <http://www.dwhoard.com/biglist>, [Ziyaret Tarihi: 21.03.2014].

- Hoard D.W., Szkody P., 1996, Time-resolved Optical Spectroscopy of the Cataclysmic Variable PG 0859+415, *Astrophysical Journal*, 470, 1052.
- Hoard D.W., Szkody P., 1996, Properties of the SW Sextantis Stars: Clues to the Underlying Phenomenon, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 28, 1371.
- Hoard D.W., Szkody P., 1997, Accretion Disks in the SW Sex Stars, *ASP Conference Series*, 121, 723.
- Hoard D.W., Szkody P., 1997, Observations of the SW Sextantis Star BH Lyncis in a High State, *The Astrophysical Journal*, 481, 433-446.
- Hoard D.W., Szkody P., Froning C.S., Long K.S., Knigge C., 2003, Observations of the SW Sextantis Star DW Ursae Majoris with the Far Ultraviolet Spectroscopic Explorer, *The Astronomical Journal*, 126, 2473-2486.
- Hoare M.G., 1994, HeII Lines from Cataclysmic Variable Winds, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 267, 153.
- Honeycutt R.K., Schlegel E.M., Kaitchuck R.H., 1986, Evidence for A Bipolar Wind in the Cataclysmic Variable PG 1012-029, *The Astrophysical Journal*, 302, 388-402.
- Horne K., Marsh T.R., 1986, Emission Line Formation in Accretion Discs, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 218, 761-773.
- Horne K., Stiening R.F., 1985, Eclipse maps of the Accretion Disc in RW Trianguli, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 216, 933-948.
- Howell S.B., Rappaport S., Palitano M., 1997, On the Existence of Low-luminosity Cataclysmic Variables Beyond the Orbital Period Minimum, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 287, 929-936.
- Hussain G.A.J., 2011, Magnetic Braking in Convective Stars, *ASP Conference Proceeding*, 447, 143.
- Iben I.Jr., 1991, Single and Binary Star Evolution, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 76, 55-114.
- Kaitchuck R.H., Schlegel E.M., Honeycutt R.K., Horne K., Marsh T.R., White II J.C., Mansperger C.S., 1994, An Atlas of Doppler Emission-line Tomography of Cataclysmic Variable Stars, *The Astrophysical Journal*, 93, 519-530.
- Khruzina T., Dimitrov D., Kjurkchieva D., 2013, The SW Sextantis-type Star 2MASS J01074282+4845188: An Usual Bright Accretion Disk with Non-Steady Emission and A Hot White Dwarf, *Astronomy and Astrophysics*, 551, A125
- King A.R., Cannizzo J.K., 1998, Low States in Cataclysmic Variables, *The Astrophysical Journal*, 499, 348-354.

- King A.R., Frank J., Ritter H., 1985, Secular Evolution of Magnetic Cataclysmic Variables, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 213, 181-189.
- King A.R., Kolb U., 1995, Consequential Angular Momentum Loss and the Period Gap of Cataclysmic Variables, *The Astrophysical Journal*, 439, 330-336.
- Knigge C., 2006, The Donor Stars of Cataclysmic Variables, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 373, 484-502.
- Knigge C., 2011, The Evolution of Cataclysmic Variables, *ASP Conference Series*, Vol. 447.
- Knigge C., 2011, The Secondary Stars of Cataclysmic Variables, arXiv:1101.1538v3.
- Knigge C., Baraffe I., Patterson J., 2011, The Evolution of Cataclysmic Variables as Revealed by Their Donor Stars, *The Astrophysical Journal*, 194, 28
- Knigge C., Long K.S., Hoard D.W. Szkody P., Dhillon V.S., 2000, A Self-Occulting Accretion Disk in the SW Sextantis Star DW Ursae Majoris, *The Astrophysical Journal*, 539, L49-L53.
- Kruspe R., Schuh S., Traulsen I., 2007, Minima Times for Selected Close Binary Stars, *Information Bulletin on Variable Stars*, 5796.
- Kolb U., 1993, A Model for the Intrinsic Population of Cataclysmic Variables, *Astronomy and Astrophysics*, 271, 149-166
- Kolb U., Baraffe I., 1999, Brown Dwarfs and the Cataclysmic Variable Period Minimum, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 309, 1034-1042.
- Kolb U., King A.R., Ritter H., 1998, The Cataclysmic Variable Period Gap: Still There, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 298, L29-L33.
- Kolb U., Ritter H., 1992, Advantages and Limitations of the Bipolytrope Model for Computing the Secular Evolution of Cataclysmic Binaries, *Astronomy and Astrophysics*, 254, 213-223.
- Kolb U., de Kool M., 1993, The Period Distribution of Cataclysmic Binaries Evolving Without Magnetic Braking, *Astronomy and Astrophysics*, 279, L5-L8.
- Kwee K., van Woerden H., 1956, A Method for Computing Accurately the Epoch of Minimum of an Eclipsing Variable, *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands*, 12, 327.
- Livio M., 1992, The Cyclic Evolution – “Hibernation” Scenario of Cataclysmic Variables, *ASP Conference Series*, 29, 269
- Livio M., Pringle J.E., 1994, Star Spots and the Period Gap in Cataclysmic Variables, *The Astrophysical Journal*, 427, 956-960.

- Littlefair S.P., Dhillon V.S., Marsh T.R., Gänsicke B.T., Soutworth J., Baraffe I., Watson C.A., Copperwheat C., 2008, On the Evolutionary Status of Short-period Cataclysmic Variables, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 388, 1582-1594.
- Mestel L., 1968, Magnetic Braking by a Stellar Wind – I, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 138, 359-391.
- Mestel L., 1968, Magnetic Braking by a Stellar Wind – II, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 140, 177-196.
- Mestel L., 1984, Angular Momentum Loss During Pre-Main Sequence Contraction, *Lecture Notes in Physics*, 193, 49.
- Mestel L., Spruit H.C., 1987, On magnetic braking of late-type stars, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 226, 57-66.
- Montgomery M.M., 2012, Simulations of Disk Precession in CVs, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 83, 535.
- Montgomery M.M., 2009, Atlas of Tilted Accretion Discs and Source to Negative Superhumps, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 394, 1897-1907.
- Montgomery M.M., 2012, Numerical Simulation of Naturally Tilted, Retrogradely Precessing, Nodal Superhumping Accretion Disks, *The Astrophysical Journal Letters*, 745, L25.
- Montgomery M.M., 2012, Tilt, Warp, and Simultaneous Precessions in Disks, *The Astrophysical Journal Letters*, 753, L27.
- Nasıroğlu İ., 2007, *Seçilmiş Kataklişmik Değişen Yıldız Sistemlerinin Patlama Evrelerinin Gözlemi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi.
- Nelemans G., 2005, AM CVn Stars, ASP Conference Series, 330, 27.
- Norton A.J., Wheatley P.J., West R.G., Haswell C.A., Street R.A., Collier C.A., Christian D.J., Clarkson W.I., Enoch B., Gallaway M., Hellier C., Horne K., Irwin J., Kane S. R., Lister T.A., Nicholas J.P., Parley N., Pollaco D., Ryans R., Skillen I., Wilson D.M., 2007, New Periodic Variable Stars Coincident with ROSAT Sources Discovered Using SuperWASP, *Astronomy and Astrophysics*, 467, 2.
- O'Donoghue D., Fairall A.P., Warner B., Photometry and Spectroscopy of the Nova-like Variable VZ SCULPTORIS During Eclipse, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 225, 43-54.
- Paczýnski B., 1967, Gravitational Waves and the Evolution of Cataclysmic Binaries, *Acta Astronomica*, Vol. 17, 287.
- Paczýnski B., 1971, Evolutionary Processes in Close Binary Systems, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 9, 183.

- Paczýnski B., 1980, Stellar Evolution and Close Binary, *In: Highlights of Astronomy*, Vol. 5, 27-44.
- Paczýnski B., 1981, Evolution of Cataclysmic Binaries, *Acta Astronomica*, Vol. 31, 1.
- Paczýnski B., Sienkiewicz R., 1981, The Minimum Period and The Gap in Periods of Cataclysmic Binaries, *The Astrophysical Journal*, 268, 825-831.
- Papadaki C., Boffin H.M.J., Stanishev V., Boumis P., Akas S., Sterken C., 2009, Photometric Study of Selected Cataclysmic Variables II. Time-series Photometry of Nine Systems, *The Journal of Astronomical Data*, 15,1.
- Patterson J., 1981, Rapid Oscillations in Cataclysmic Variables. VI – Periodicities in Erupting Dwarf Novae, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 45, 517-539.
- Patterson J., 1984, The Evolution of Cataclysmic and Low-mass X-ray Binaries, *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 54, 443-493.
- Patterson J., 1998, Late Evolution of Cataclysmic Variables, *Publication of the Astronomical Society of the Pacific*, 110, 1132-1147.
- Patterson J., 1999, Permanent Superhumps in Cataclysmic Variables, *Frontiers Science Series*, Universal Academy Press, 26, 61.
- Patterson J., Kemp J., Harvey D.A., Fried R.E., Rea R., Monard B., Cook L.M., Skillman D.R., Vanmunster T., Bolt G., Armstrong E., McCormick J., Krajci T., Jensen L., Gunn J., Butterworth N., Foote J., Bos M., Masi G., Warhurst P., 2005, Superhumps in Cataclysmic Binaries. XXV. q_{crit} , $\varepsilon(q)$, and Mass-Radius, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 117, 1204-1222.
- Percy J.R., 2007, Understanding Variable Stars, Cambridge University Press, United Kingdom, ISBN: 978-0-521-23253-1.
- Politano M., Howell S.B., Rappaport S., 1996, On the Existence of Low-Luminosity, Short-Period Cataclysmic Variables Beyond the Orbital Period Minimum, *Bulletin of the American Astronomical Society*, 28.
- Politano M., 2004, The Formation of Cataclysmic Variables with Brown Dwarf Secondaries, *The Astrophysical Journal*, 604, 817-826.
- Puebla R.E., Diaz M.P., Hubeny I., 2007, A Statistical Study of Accretion Disk Model Spectra for Cataclysmic Variables, *The Astronomical Journal*, 134, 1923-1933.
- Rappaport S., Joss P.C., Webbink R.F., 1982, The Evolution of Highly Compact Binary Stellar Systems, *The Astrophysical Journal*, 254, 616-640.
- Rappaport S., Verbunt F., Joss P.C., 1983, A New Technique for Calculations of Binary Stellar Evolution, with Application to Magnetic Braking, *The Astrophysical Journal*, 275, 713-731.

- Ringwald F.A., Naylor T., Mukai K., 1996, The Optical Spectra of Old Novae, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 281, 192.
- Ritter H., 1985, Magnetic Braking and the Period Gap of Cataclysmic Binaries, *Astronomy and Astrophysics*, 145, 227-231.
- Ritter H., 2010, Formation and Evolution of Cataclysmic Variables, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 81, 849.
- Ritter H., 2012, Formation and Evolution of Cataclysmic Variables, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 83, 505.
- Ritter H., Kolb U., 2003, Catalogue of cataclysmic binaries, low-mass X-ray binaries and related objects (7th Edition, rev. 7.20, June 2013), *Astronomy and Astrophysics*, 113, 301-404.
- Roberts D.H., Lehar J., Dreher J.W., 1987, Time Series Analysis with Clean - Part One - Derivation of a Spectrum, *Astronomical Journal*, 93, 968.
- Rodriguez-Gil P., 2005, The Role of the SW Sextantis Stars in the Picture of CV Evolution, *Astronomical Society of the Pacific*, 335.
- Rodriguez-Gil P., Gänsicke B.T., Barwig H., Hagen H.J., Engels D., 2004, Time Resolved Photometry and Spectroscopy of the New Deeply-Eclipsing SW Sextantis Star HS 0728+6738, *Astronomy and Astrophysics*, 424, 647-655.
- Rodriguez-Gil P., Gänsicke B.T., Hagen H.J., Araujo-Betancor S., Aungwerojwit A., Allende Prieto C., Boyd D., Casares J., Engels D., Giannakis O., Harlaftis E.T., Kube J., Lehto H., Martinez-Pais I.G., Schwarz R., Skidmore W., Staude A., Torres M.A.P., 2007, SW Sextantis Stars: the Dominant Population of Cataclysmic Variables with Orbital Periods Between 3 and 4h, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 377, 1747-1762.
- Rodriguez-Gil P., Martinez-Pais I.G., Casares J., Villada M., van Zyl L., 2001, V348 Puppis: A New SW Sex Star in the Period Gap, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 328, 903-910.
- Rodriguez-Gil P., Martinez-Pais I.G., 2002, V533 Herculis: The Second SW Sex Old Nova Displaying Emission-Line Flaring, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 337, 209-215.
- Romano G., 1978, New Variable Stars in Triangulum, *Information Bulletin on Variable Stars*, Number 1421.
- Romano G., 1978, New Variable Stars in Triangulum, *Information Bulletin on Variable Stars*, Number 1433.
- Rodriguez-Gil P., Schmidtobreick L., Gänsicke B.T., 2007, Spectroscopic Search for New SW Sextantis Stars in the 3-4 h Orbital Period Range – I, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 374, 1359-1376.

- Rodriguez-Gil P., Schmidtbreick L., Long K.S., Shahbaz T., Gänsicke B.T., Torres M. A.P., 2012, The Low States of CVs at the Upper Edge of the Period Gap, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 83, 2.
- Romanishin W., 2006, *An Introduction to Astronomical Photometry Using CCDs*, University of Oklahoma.
- Rutten R.G.M., van Paradijs J., Tinbergen J., 1992, Reconstruction of the Accretion Disk in Six Cataclysmic Variable Stars, *Astronomy and Astrophysics*, 260, 213-226.
- Rude II G.D., Ringwald F.A., A Search for Superhump in the Cataclysmic Variable SW Sextantis, *New Astronomy*, 17, 533-536.
- Rude II G.D., 2012, *Detecting Waves in Accretion Disks*, Thesis (MSc), California State University, Fresno.
- Qian S.B., Soonthornthum B., Dai Z.B., Zhu L.Y., He J.J., Liao W.P., Li L.J., 2009, Orbital Period Investigation of Some Eclipsing CVs and pre-CVs, *The 8th Pacific Rim Conference on Stellar Astrophysics ASP Conference Series*, 404.
- Savoury C.D.J., Littlefair S.P., Dhillon V.S., Marsh T., Gänsicke B.T., Copertwheat C.M., Kerry P., Hickman R.D.G., Parsons S.G., 2011, Cataclysmic Variables Below the Period Gap: Mass Determinations of 14 Eclipsing Systems, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 415, 2025-2041.
- Schmidtbreick L., Rodriguez-Gil P., Long K.S., Gänsicke B.T., Tappert C., Torres M. A.P., 2012, Discovery of H α Satellite Emission in A Low State of the SW Sextantis Star BB Doradus, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 442, 731-737.
- Schmidtbreick L., Rodriguez-gil P., Gänsicke B.T., 2008, The Search for SW Sex Type Star, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 75, 282.
- Schmidtbreick L., 2013, The SW Sex Phenomenon as an Evolutionary Stage of Cataclysmic Variables, *Central European Astrophysical Bulletin*, 361-368.
- Schmidtbreick L., Rodriguez-Gil P., Gänsicke B.T., 2012, The Search for SW Sex Type Star, *Memorie della Societa Astronomica Italiana*, 83, 610.
- Schmidtbreick L., Tappert C., 2013, Old novae and the SW Sex Phenomenon, arXiv:1303.2921.
- Shafter A.W., Hessman F.V., Zhang E.-H., 1988, Photometric and Spectroscopic Observations of the Eclipsing Nova-like Variable PG1030+590 (DW Ursae Majoris), *Astrophysical Journal*, 327, 248-264.
- Shara M.M., Livio M., Moffat A.F.J., Orio M., 1986, Do Novae Hibernate During Most of the Millenia between Eruptions? Links between Dwarf and Classical Novae,

- and Implications for the Space Densities and Evolution of Cataclysmic Binaries, *Astrophysical Journal*, 311, 163
- Shao Y., Li X., 2012, Angular Momentum Loss Mechanisms in Cataclysmic Variables below the Period Gap, *The Astrophysical Journal*, 745, 165.
- Skillman D.R., Harvey D.A., Patterson J., Kemp J., Jensen L., Fried R. E., Garradd G., Gunn J., van Zyl L., Kiyota S., Retter A., Vanmuster T., Warhurst P., 1998, Superhumps and Accretion Disk Precession in TT Arietis, *The Astrophysical Journal*, 503, L67-L70.
- Smith R.C., 2007, Cataclysmic Variables, arXiv:astro-ph/0701654.
- Smith R.C., Fiddik R.J., Hawkins N.A., Catalan M.S., 1993, Evidence for Non-axisymmetric Absorption in V1315 Aquilae, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 264, 619-626.
- Smith D.A., Dhillon V.S., Marsh T.R., 1998, The Mass of the White Dwarf in the Old Nova BT Mon, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 296, 465-482.
- Spruit H.C., Ritter H., 1983, Stellar Activity and Period Gap in Cataclysmic Variables, *Astronomy and Astrophysics*, 124, 267-272.
- Stanishev V., Kraicheva Z., Boffin H.M.J., Genkov V., 2002, PX Andromeda: Superhump and Variable Eclipse Depth, *Astronomy and Astrophysics*, 394, 625-632.
- Stanishev V., Kraicheva Z., Boffin H.M.J., Genkov V., Papadaki C., Carpano S., 2004, Accretion Disc Evolution in DW Ursae Majoris: A Photometric Study, *Astronomy and Astrophysics*, 416, 1057-1067.
- Stanishev V., Kraicheva Z., Genkov V., 2006, Photometry of the SW Sextantis-Type Nova-like BH Lyncis in High State, *Astronomy and Astrophysics*, 455, 223-226.
- Sterken C., Jaschek C., 1996, *Light Curves of Variable Stars*, Cambridge University Press, ISBN: 0521020247, 978-0521020244.
- Still M.D., Dhillon V.S., Jones D.H.P., 1995, Emission-line Variations of the Nova-like Variable PX Andromedae (=PG0027+260), *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 273, 863-876.
- Szkody P., 1987, Time-resolved IUE Studies of Cataclysmic Variables. I. Eclipsing Systems IP Peg, PG 1030+590, and V1315 Aql, *The Astronomical Journal*, 94, 1055-1061.
- Szkody P., Gänsicke B.T., 2012, Cataclysmic Variables, *JAAVSO*, 40.
- Szkody P., Henden A., Fraser O.J., Silvestri N.M., Schmidt G.D., Bochanski J.J., Wolfe M.A., Agüeros M., Anderson S.F., Manniko L., Downes R.A., Schneider D.P.,

- Brinkmann J., 2005, Cataclysmic Variables from Sloan Digital Sky Survey. IV. The Fourth Year (2003), *The Astronomical Journal*, 129, 2386-2399.
- Szkody P., Piché F., 1990, The Phase 0.5 Absorption in V1315 Aquilae, SW Sextantis, and DW Ursae Majoris, *The Astrophysical Journal*, 361, 235-243.
- Szkody P., Anderson S.F., Brooks K., Gänsicke B.T., Kronberg M., Riecken T., Ross N.P., Schmidt G.D., Schneider D. P., Agueros M. A., Gomez-Moran A.N., Knapp G.R., Schreiber M.R., Schwope A.D., 2011, Cataclysmic Variables from the Sloan Digital Sky Survey. VIII. The Final Year (2007-2008), *The Astronomical Journal*, 142, 181.
- Taam R.E., Flannery B.P., Faulkner J., 1980, Gravitational Radiation and The Evolution of Cataclysmic Binaries, *The Astrophysical Journal*, 239, 1017-1023.
- Taam R.E., Spruit H.C., 2001, The Evolution of Cataclysmic Variable Binary Systems with Circumbinary Disks, *The Astrophysical Journal*, 561, 329-336.
- Tappert C., Vogt N., Schmidtbreick L., Ederoclite A., Vanderbeke J., 2013, Life After Eruption – II. The Eclipsing Old Nova V728 Scorpii, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 431, 92-101.
- Taylor J.C., Thorstensen R., Patterson J., 1999, LS Pegasi: A Low-Inclination SW Sextantis-Type Cataclysmic Binary with High-Velocity Balmer Emission-Line Wings, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 111, 184-195.
- Thomas N.L., Norton A.J., Pollaco D., West R.G., Wheatley P.J., Enoch B., Clarkson W.I., 2010, SuperWASP Observations of Long Timescale Photometric Variations in Cataclysmic Variables, *Astronomy and Astrophysics*, 514, A30.
- Thorstensen J.R., Ringwald F.A., Wade R.A., Schmidt G.D., Norsworthy J.E., 1991, PG0027+260: An Example of a Class of Cataclysmic Binaries with Mysterious, But Consistent, Behavior, *The Astronomical Journal*, 102, 272-283.
- Thorstensen J.R., Davis M.K., Ringwald F.A., 1991, A Spectroscopic Study of the Eclipsing Cataclysmic Binary Star PG0818+513: A Puzzling Novalike Variable, *The Astronomical Journal*, 102, 683-687.
- Townsley D.M., Gänsicke B.T., 2009, Cataclysmic Variable Primary Effective Temperatures: Constraints on Binary Angular Momentum Loss, *The Astrophysical Journal*, 693, 1007-1021.
- Uthas H., 2011, *Observational Studies of Highly Evolved Cataclysmic Variables*, Thesis (PhD), School of Physics & Astronomy – University of Southampton.
- Verbunt F., Zwaan C., 1981, Magnetic Braking in Low-mass X-ray Binaries, *Astronomy and Astrophysics*, 100, L7-L9.
- Verbunt F., 1984, Mass Transfer and the Period Gap of Cataclysmic Variables, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 209, 227-240.

- Vogt N., 1974, Photometric Study of the Dwarf Nova VW Hydri, *Astronomy and Astrophysics*, 36, 369-378.
- Vogt N., Schoembs R., Krzeminski W., Pedersen H., 1981, The Eclipsing Dwarf Nova Oy-Carinae – Ephemeris and Physical Parameters, *Astronomy and Astrophysics*, 94, L29.
- Warner, B., 1976, *Structure and Evolution of Close Binary Systems*, IAU Symposium 73, ed. P. Eggleton, S. Mitton, J. Whelan (Dordrecht: Reidel), 85.
- Warner B., 1995, *Cataclysmic Variable Stars*, Cambridge University Press, United Kingdom, ISBN: 0-521-41231-5.
- Warner B., 2006, *A Practical Guide to Lightcurve Photometry and Analysis*, Springer Science-Business Media, United States of America, ISBN-10: 0-387-29365-5.
- Warren S.R., Shafter A.W., Reed J.K., 2006, Modeling Eclipses of the Novalike Variable TT Triangulum, *The Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 118, 1373-1389.
- Webbink R.F., 1976, *Structure and Evolution of Close Binary Systems*, IAU Symposium 73, ed. P. Eggleton, S. Mitton, J. Whelan (Dordrecht: Reidel), 207.
- Webbink R.F., Wickramasinghe D.T., 2002, Cataclysmic Variable Evolution: AM Her Binaries and The Period Gap, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 335, 1-9.
- Weber E.J., Davis L.Jr., 1967, The Angular Momentum of the Solar Wind, *The Astrophysical Journal*, 148, 217-228.
- Willems B., Kolb U., Sandquist E.L., Taam R.E., Dubus G., 2005, Angular Momentum Losses and the Orbital Period Distribution of Cataclysmic Variables below the Period Gap: Effects of Circumbinary Disks, *The Astrophysical Journal*, 635, 1263-1280.
- Willems B., Taam R.E., Kolb U., Dubus G., Sandquist E.L., 2007, Theoretical Orbital Period Distributions of Cataclysmic Variables above the Period Gap: Effects of Circumbinary Disks, *The Astrophysical Journal*, 657, 465-481.
- Whitehurst R., 1988, Numerical Simulations of Accretion Disks. I – Superhumps – A Tidal Phenomenon of Accretion Disks, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 232, 35-51.
- Hoard D.W., 2014, The Big List of SW Sextantis Stars, <http://www.dwhoard.com/biglist>, [Ziyaret Tarihi: 21.03.2014].
- Wood M.A., 2013, astro.tamuc.edu/wood/, [Ziyaret Tarihi: 15.04.2014].

- Wood M.A., Montgomery M.M., Simpson J.C., Smoothed Particle Hydrodynamics Simulations of Apsidal and Nodal Superhumps, *The Astrophysical Journal*, 535, L39-L42.
- Wood M.A., Burke C.J., 2007, The Physical Origin of Negative Superhumps in Cataclysmic Variables, *The Astrophysical Journal*, 661, 1042-1047.
- Yakut K., Kalomeni B., Tout C.A., 2008, Angular Momentum Loss by Magnetic Braking and Gravitational Radiation in Relativistic Binary Stars, arXiv:0811.0455.
- Young L., Zhaoji J., Jiansheng C., Mingzhi W., 1990, A CCD Light Curve of the Eclipsing Cataclysmic Variables PG0027+260, *Information Bulletin on Variable Stars*, 3434.
- Zengin Çamurdan D., İbanoğlu C., 2010, *Kataklismik Yıldızların Salt Öğeleri*, “Yakın Çift Yıldızların Yapısı ve Evrimi” Çalıştayı, Ege Üniversitesi.
- Zangrilli L., Tout C.A., Bianchini A., 1997, How Two Cohabiting Magnetic Dynamos Explain the Secular Evolution of Cataclysmic Variables, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 289, 59-65.

EKLER

EK 1. D. W. Hoard tarafından hazırlanan “SW Sextantis yıldızlarının Büyük Listesi (The Big List of SW Sextantis Stars)” verilmiştir.¹¹

Toplam 69 yıldız için kesin, olası, mümkün sınıflandırması yapılmıştır. 70. sırada verilen J1429+4145 yıldızının Hoard sınıflandırması yapılamadığı için bilgileri Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğundan alınmıştır. Aşağıdaki tabloda yıldızların; SW Sex durumu, $P_{yör}$: yörünge periyodu, tutulma durumları, M_1 : beyaz cücenin kütlesi, M_2 : bileşen yıldızının kütlesi, d : uzaklık, tek tepeli çizgilerin varlığı, güçlü HeII çizgilerinin varlığı, çizgi tutulmaları, 0,5 evresi absorpsiyonu, süperhörgüçler, yarı periyodik değişimlerin (YPD) olup olmaması ve sistemlerin VY Scl yıldızı gibi davranıp davranmadıkları gösterilmiştir. Burada: “... = Yeterli bilgi yoktur”, “H = Özellik yoktur”, “E = Özellik vardır”, “? = Özelliğin varlığı belirsizdir”, “V, U = Tutulma biçimi”, “Zayıf = Zayıf HeII emisyonu”, “Güçlü = Güçlü HeII emisyonu”, “Güçlü+ = Çok güçlü HeII emisyonu”, “+/- = Pozitif ve negatif süperhörgüç” olarak verilmiştir.

Sıra	Cisim	SW Sex Durumu	$P_{yör}$ (saat)	Tutulma	M_1	M_2	d (pc)	Tek Tepe	Güçlü He II	Çizgi Tutulması	0,5 Absorpsiyonu	Süper hörgüç	YPD (ksn)	VY Scl Hali
1	Ha122105.52-665048.8	Olası	>5,1?	Yok?				E	H	...	E?	...	E	...
2	BT Mon	Kesin	8,0115	Derin (V)	1,04	0,8	1119	E	Güçlü+	E	0,35-0,65	Yok?	E	...
3	V363 Aur	Kesin	7,7098	Derin (V)	0,9	1,06	901	E	Güçlü+	H	0,4-0,6	...	...	...
4	AC Cnc	Kesin	7,2115	Derin (U)	0,76	0,77	720	E	Zayıf	H	0,45-0,55	...	...	...
5	BF Eri	Olası	6,5011	Yok				E	Zayıf	...	0,5-0,6	...	...	...

¹¹ www.dwhoard.com/biglist, 28.05.2014, 15:00

Sıra	Cisim	SW Sex Durumu	P _{yör} (saat)	Tutulma	M ₁	M ₂	d (pc)	Tek Tepe	Güçlü He II	Çizgi Tutulması	0,5 Absorbsiyonu	Süper hörgüç	YPD (ksn)	VY Scl Hali
6	1RXS J064434.5+334451	Mümkün	6,4650	Derin (V)				E	Güçlü+	...	0,45-0,0	Yok	...	...
7	V347 Pup	Mümkün	5,5665	Derin (V)	0,63	0,52	294	E	Güçlü	H	0,4-0,5?	...	...	H
8	RW Tri	Mümkün	5,5652	Derin (V)	0,55	0,35	316	E	Zayıf	E	0,4-0,6?	...	...	E
9	CZ Aql	Olası	4,8	Yok?				E	...	...	E	...	...	...
10	UX UMa	Mümkün	4,7201	Derin (V)				E	Zayıf	...	0,4-0,7	...	H?	...
11	2MASS J01074282+4845188	Mümkün	4,6464	Derin (V)				E	...	...	?	...	...	H
12	Ha094409.36-561711.4	Mümkün	4,5104	Derin (V)				E	Güçlü	...	E?	...	...	...
13	LS Peg	Kesin	4,1946	Yok			303	E	Zayıf	...	0,3-0,9?	...	E	...
14	V1193 Ori	Kesin	3,9600	Yok				E	H	...	0,3-0,5	-	E	...
15	V1776 Cyg	Kesin	3,9537	Derin (V)	0,6	0,37	2301	E	Güçlü/ Güçlü+	...	0,5-0,6	...	...	...
16	Lanning 386	Olası	3,9372	Derin (V)				E	Güçlü+	...	0,6-0,9	...	...	H
17	UU Aqr	Kesin	3,9313	Derin (V)	0,67	0,37		E	Zayıf	H	0,4-0,95	+/H?	...	E
18	LX Ser	Mümkün	3,8024	Derin (V)	0,41	0,36	629	E	Güçlü	H	...	...	H?	E
19	BH Lyn	Kesin	3,7410	Derin (V)			724	E	Zayıf/G üçlü	E?	0,4-0,65	+/-	E	E
20	OY Ara	Mümkün	3,7312	Derin (V)	0,82	0,34	781	E	Güçlü	...	E?	...	...	...
21	V380 Oph	Kesin	3,6986	Yok?	0,58	0,36	648	E	Zayıf	...	0,45-0,6	-?	E	E
22	BB Dor	Mümkün	3,6983	Yok?			784	E	H/Zayıf	...	0,5?	+?/-	E	E
23	WY Sge	Olası	3,6872	Derin (V)			259	E	Güçlü	...	0,7-0,9?	...	...	...
24	BP Lyn	Mümkün	3,6675	Parçalı			436	E?	Zayıf	H	0,5-0,1?	...	...	...
25	AO Psc	Olası	3,5910	Yok			349	E	Güçlü+	...	0,65-0,25	...	E	...
26	V1294 Tau	Kesin	3,588	Yok			787	E	Güçlü+	...	0,3-0,55?	-	E	E
27	HS 0220+0603	Kesin	3,5810	Derin (V)	0,78	0,35	515	E	Zayıf	...	0,35-0,6	...	...	E
28	HS 0455+8315	Kesin	3,5694	Derin (V)			580	E?	Güçlü/ Güçlü+	E	0,25-0,65	...	...	E

Sıra	Cisim	SW Sex Durumu	P _{yör} (saat)	Tutulma	M ₁	M ₂	d (pc)	Tek Tepe	Güçlü He II	Çizgi Tutulması	0,5 Absorbsiyonu	Süper hörgüç	YPD (ksn)	VY Scl Hali
29	HS 0506+7725	Olası	3,545	Yok				E	Zayıf	...	...	...	E	E
30	HS 1813+6122	Mümkün	3,54	Yok			1044	E	Zayıf	...	...	-	E	...
31	V533 Her	Kesin	3,53	Yok			1339	E	Güçlü+	...	~0,3-0,5	...	E	E
32	PX And	Kesin	3,5125	Parçalı (V)			742	E	Zayıf/ Güçlü	H?	0,3-0,6	+?/-	...	E
33	IM Eri	Olası	3,4949	Yok				E	H	...	0,5-0,6?	...	H	...
34	CH CrB	Olası	3,4920	Derin (V)				E	Güçlü	...	...	...	...	...
35	Ha075648.83-124653.5	Olası	3,49?	Yok?				E	H	...	...	...	...	...
36	CP Lac	Olası	3,4834	Parçalı?				E	Zayıf	...	...	...	...	...
37	RR Pic	Olası	3,4806	Parçalı?	0,95	0,4	301	E	Güçlü+	...	H?	+	E	...
38	VZ Scl	Olası	3,4709	Derin (V)	1	1,4	474	H	Güçlü	E	...	...	H?	E
39	LN UMa	Mümkün	3,466	Yok?			656	E	H/Zayıf	...	0,3-0,5?	...	...	E
40	V751 Cyg	Olası	3,4671	Yok				E	Zayıf	...	...	-	E?	E
41	EV Lyn	Olası	3,4327	Parçalı				E	Güçlü+ ?	...	...	...	...	...
42	LS Cam	Olası	3,420	Yok?			469	E	Zayıf	...	...	...	E	E
43	AH Pic	Mümkün	3,3828	Yok			597	E	H	...	~0,5?	+	E	...
44	RR Cha	Olası	3,362	Derin (V)				E	Güçlü	...	...	+/-	E	...
45	BO Cet	Kesin	3,3552	Yok?			438	E	Güçlü	...	~0,5?	...	E	...
46	V1315 Aql	Kesin	3,3526	Derin (V)	0,73	0,3	489	E	Güçlü	E	0,4-0,65	...	...	...
47	TT Tri	Kesin	3,3513	Derin (V)			707	E	H?	...	0,35-0,6	...	...	...
48	WX Ari	Kesin	3,3444	Parçalı			514	E	Zayıf	...	0,5-0,6?	...	E	...
49	TT Ari	Mümkün	3,3012	Yok				E	Zayıf	...	...	+/-	E	E
50	SDSS J075653.11+085831.8	Kesin	3,2874	Derin (V)				E	Güçlü+	E	~0,3-0,6	...	...	...
51	OZ Dra	Kesin	3,2792	Derin (V)				E	Güçlü	E	~0,5	...	...	...

Sıra	Cisim	SW Sex Durumu	P _{yör} (saat)	Tutulma	M ₁	M ₂	d (pc)	Tek Tepe	Güçlü He II	Çizgi Tutulması	0,5 Absorbsiyonu	Süper hörgüç	YPD (ksn)	VY Scl Hali
52	DW UMa	Kesin	3,2786	Derin (V)	0,77	0,3	475	E	Güçlü/ Güçlü+	E	0,4-0,6	+/-	E	E
53	HL Aqr	Mümkün	3,2537	Yok			378	E	Zayıf	...	H	...	H	...
54	SW Sex	Kesin	3,2385	Derin (V)	0,5	0,3	584	E	Güçlü+	E	0,4-0,65	Yok	...	E
55	SDSS J080908.39+381406.2	Mümkün	3,2169	Parçalı?	1	0,3	537	E	Zayıf/G üçlü	...	~0,5?	...	...	...
56	V482 Cam	Kesin	3,2069	Derin (V)				E	Zayıf	...	0,45-0,65	...	E	...
57	Ha073418.56-170626.5	Olası	3,1854	Derin (V)				E	Zayıf	...	...	...	...	...
58	KQ Mon	Olası	3,07?	Yok			276	E	H	...	0,5?	...	...	H
59	V442 Oph	Kesin	2,9839	Yok			437	E	Güçlü	...	~0,2-0,5	+?/-	E	E
60	AH Men	Kesin	2,9518	Yok			158	E	Güçlü	...	~0,35-0,55	+/-	E	E
61	DM Gem	Olası	2,944?	Yok			712	E	Güçlü+	...	...	+?	E	...
62	J192410.81+445934.9	Olası	2,7451	Yok				E	Zayıf/G üçlü	...	...	+/-?	E	E
63	V1084 Her	Kesin	2,8934	Yok				E	Güçlü/ Güçlü+	...	~0,3-0,6	-	E	...
64	V592 Cas	Mümkün	2,7615	Yok				E	Zayıf	...	E	+/-	E	...
65	V795 Her	Kesin	2,5979	Yok			354	E?	Güçlü	...	~0,3-0,7?	+	E	...
66	V Per	Mümkün	2,5710	Derin (V)			915	E	Güçlü+	...	0,4-0,7	...	...	...
67	V348 Pup	Kesin	2,4441	Derin (V)	0,65	0,2	532	E	Güçlü+	E?	0,35-0,55	+	E	...
68	SDSS J210131.26+105251.5	Olası	1,7?	Yok				E	Güçlü	...	...	...	H	E
69	EX Hya	Olası	1,6376	Parçalı	0,79	0,10 8	56	E?	Zayıf	...	~0,1-0,6?	...	E	H
70	J1429+4145 ¹²		1,416					E	E		E			

¹² J1429+4145 yıldızı Ritter ve Kolb (2013, v.7.20) kataloğundan alınmıştır. Yeterli çalışması olmadığı için kesin, mümkün ya da olası olarak sınıflandırılmamıştır.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı	Hatice Bahar Atalı
Uyruğu	T.C.
Doğum tarihi, Yeri	21.08.1988, Bakırköy
Telefon	
E-mail	atalibahar@gmail.com

Eğitim

Derece	Kurum/Anabilim Dalı/Programı	Yılı
Yüksek Lisans	İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü/Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı/Astronomi ve Uzay Bilimleri Programı	2014
Lisans	İ.Ü. Fen Fakültesi/ Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü	2010
Lise	Bahçelievler Lisesi	200

Makaleler / Bildiriler

Atalı H. B., Alis S., Yelkenci K., Saygac A. T., Aksoy Nuranoglu Y., Fisek S., Ulgen E. K., 2014, Times of Minima of Eclipsing Cataclysmic Variables, IBVS, Number 6102
Atalı H. B., Alis S., Saygac A. T., 2013, Monitoring SW Sex Type Cataclysmic Variables with IST60 Telescope, Asiago Winter School - Very High Time and Space Resolution Astrophysics, University of Padova
Atalı H. B., Yalcinkaya A., 2012, Geleceğin Gökyüzü Tarama Projeleri – LSST ve GAIA, XVII. Ulusal Astronomi ve Uzay Bilimleri Kongresi, VII. Ulusal Öğrenci Astronomi ve Uzay Bilimleri Kongresi, İnönü Üniversitesi