



T.C.
OSMANİYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erdoğan BOLAT

**KALİFORNİYA BULUTSUSUNUN
(NGC1499, Sh2-220) TAYFSAL GÖZLEMLERİ
VE BAZI FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

FİZİK ANABİLİM DALI

OSMANİYE – 2019

**T.C.
OSMANIYE KORKUT ATA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KALİFORNİYA BULUTSUSUNUN (NGC1499, Sh2-
220) TAYFSAL GÖZLEMLERİ VE BAZI FİZİKSEL
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**



Erdoğan BOLAT

**FİZİK
ANABİLİM DALI**

**OSMANIYE
OCAK 2019**

TEZ ONAYI

KALİFORNİYA BULUTSUSUNUN (NGC1499, Sh2-220) TAYFSAL GÖZLEMLERİ VE BAZI PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Erdoğan BOLAT tarafından Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN, danışmanlığında Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik** Anabilim Dalı'nda hazırlanan bu çalışma aşağıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından oy birliği/çokluğu ile **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN
Fizik Anabilim Dalı, OKÜ

.....

Üye: Prof. Dr. Sacit ÖZDEMİR
Astronomi ve Uzay Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara Ü.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Nazmi SEDEFOĞLU
Fizik Anabilim Dalı, OKÜ

.....

Yukarıdaki jüri kararı Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve /.....sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Coşkun ÖZALP

.....

Enstitü Müdürü, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Bu Çalışma OKÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: OKÜBAP-2018-PT3-001

Bu tezde kullanılan özgün bilgiler, şekil, çizelge ve fotoğraflardan kaynak göstermeden alıntı yapmak 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu hükümlerine tabidir.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, bu çalışma sonucunda elde edilmeyen her türlü bilgi ve ifade için ilgili kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını ve bu tezin Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri enstitüsü Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlandığını bildiririm.

Erdinç BOLAT

ÖZET

KALİFORNİYA BULUTSUSUNUN (NGC1499, Sh2-220) TAYFSAL GÖZLEMLERİ VE BAZI FİZİKSEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Erdoğan BOLAT
Yüksek Lisans, Fizik Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN

Ocak 2019, 52 sayfa

Bu tez çalışmasında, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG, Antalya, Turkey) bulunan 200 km/s (4.4\AA) tayfsal aralıkta 4 açı dakikalık görüş alanına sahip olan DEFPOS tayföçeri kullanılarak Perseus takımıyıldızında bulunan Kaliforniya bulutsusunun (NGC1499, Sh2-220 LBN756; $\alpha=04^{\text{sa}}03^{\text{dk}}18.0^{\text{s}}$, $\delta= +36^{\circ}25'18.0''$; J2000) otuz-altı farklı bölgesinden seçilen $H\alpha$ (6563\AA) emisyon çizgi tayfi araştırılmıştır. Çok geniş ($145'\times 40'$) bir emisyon bulutsusu olan Kaliforniya bulutsusu Sharpless Kataloğunda Sh2-220 olarak adlandırılan bir HII bölgesidir. Gözlemler 600 ile 2400 saniye arasında değişen farklı poz süreleri kullanılarak 1-3 Kasım 2017 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. 1-3 Kasım 2017 tarihlerinde yapılan gözlemlerde yeterli sinyali alabilmek için 600 ile 2400 saniye arasında değişen yeterince uzun poz süreleri kullanıldı. Bu tayflar Kaliforniya bulutsusundaki iyonize olmuş hidrojen gazının çizgi genişliği, radyal hızı ve parlaklığı hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır. Otuz-altı $H\alpha$ emisyon çizgi tayfindan elde edilen çizgi genişlikleri 31.05 km/s ile 40.26 km/s (ortalama 35.10 km/s) arasında değiştiği, radyal hızlarının -13.83 km/s ile -8.84 km/s (ortalama -10.77 km/s) arasında değiştiği ve parlaklıkların da 235.17 R ile 825.967 R (ortalama 462.03 R) arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca $I_{H\alpha}$ değerleri kullanılarak salma ölçüğü (EM) değerleri de hesaplanmış ve 529.057 cm^{-6}pc ile 1858.133 cm^{-6}pc (ortalama 1039.41 cm^{-6}pc) arasında değiştiği bulunmuştur. NGC1499'nin LSR'a göre ortalama hızları ve yarı genişlikleri literatürden elde edilen bazı çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Parlaklık değerleri ise APER ve SKY kodları kullanılarak VTSS ve SkyView haritalarından elde edilen parlaklık değerleri kıyaslanmış olarak VTSS (ortalama 430.91 R) ve SkyView (ortalama 530.53 R) haritaları ile yaklaşık benzer değerler bulunmuştur. Bu yeni sonuçların literatüre önemli katkı sağlayacağına inanmaktayız. Gelecekte, NGC1499'nin diğer koordinatlarını da ölçmeye devam edeceğiz.

AnahtarKelimeler: Yıldızlararası ortam, HII Bölgeleri, Kaliforniya Bulutsusu (NGC1499, Sh2-220), Fabry-Perot Tayföçeri, DEFPOS

ABSTRACT

SPECTRAL OBSERVATIONS OF THE CALIFORNIA NEBULA (NGC1499, Sh2-220) AND DETERMINATION OF ITS SOME PHYSICAL PARAMETERS

Erdiñç BOLAT

M.Sc., Department of Physics
Supervisor: Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN

January 2019, 52 pages

In this thesis study, H α (6563Å) emission line spectra selected from thirty-six regions of the California Nebula (NGC1499, Sh2-220 LBN756; $\alpha=04^{\text{sa}}03^{\text{dk}}18.0^{\text{s}}$, $\delta=+36^{\circ}25'18.0''$; J2000) located in the constellation Perseus have been investigated using DEFPOS spectrometer with a 4 arcmin circular field of view over a 200 km/s (4.4Å) spectral window at the coude exit of the 150 cm RTT150 telescope at TUBITAK National Observatory (TUG, Antalya, Turkey). The California nebula with a very large emission nebula (145'x40') is a nearby HII region called as Sh2-220 in Sharpless Catalogue. In observations on November 1-3, 2017 were carried out with different exposure times ranging from 600 to 2400 seconds to obtain enough signal from the source. These spectra provide detail information about the intensities line widths, and radial velocities of the ionized hydrogen gas in the California Nebula. The line width, the radial velocity and the intensity values obtained from thirty-six H α emission line spectra were found varying from 31.05 km/s to 40.26 km/s (mean 35.10 km/s), and from -13.83 km/s to -8.84 km/s (mean -10.77 km/s), and from 235.17 R to 825.967 R (mean 462.03 R), respectively. The mean emission measures (EM) were also calculated using the $I_{\text{H}\alpha}$ values and were found ranging from 529.057 cm⁻⁶pc to 1858.133 cm⁻⁶pc (mean 1039.41 cm⁻⁶pc). The mean LSR velocities and line widths of the NGC1499 nebula were compared with some previous works from literature. The intensity data been also compared with the data obtained from VTSS and SkyView maps using APER and SKY codes. We found that our results were approximately the similar variation with VTSS (mean 430.91 R) and SkyView (mean 530.53 R) maps. We believe that these new results may have significant contribution to the literature. In future, we will continue to measure the other coordinates of the NGC1499 nebula.

Key Word: Interstellar medium, HII regions, California Nebula (NGC1499, Sh2-220), Fabry-Perot Spectrometer, DEFPOS



Çok kıymetli aileme...

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans tez konumun belirlenerek tez çalışmamın yürütölmesini üstlenen, çalışmalarım süresince değerli bilgi ve tecrübeleriyle katkılarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Muhittin ŞAHAN'a, Prof. Dr. Eyyüp TEL'e ve Doç. Dr. Halide ŞAHAN'a sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Böyle yoğun bir çalışma sürecinde beni sonuna kadar destekleyen ve her türlü fedakârlığı gösteren değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	
TEZ BİLDİRİMİ	
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İTHAF SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
1.GİRİŞ	1
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
3.MALZEME VE YÖNTEM	17
3.1. Malzeme.....	17
3.1.1. Fabry-Perot Girişim Ölçeri Ve Özellikleri	17
3.2. Yöntem	28
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	33
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	52

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1. Yıldızlararası ortamdaki gazın farklı türden bileşenleri.....	4
Çizelge 4.1. Galaktik kaynaklar, özellikleri ve ölçüm esnasında kullanılan parametreler	37
Çizelge 4.2. Kaliforniya Bulutsusundan (NGC1499) DEFPOS ile alınan H α tayfları... ..	38
Çizelge 4.3. DEFPOS parlaklık degerleri ileVTSS ve Skyview haritalarından elde edilen parlaklık degerleri.....	44



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	WHAM projesi ile elde edilen Samanyolu gökadasının H α haritası..	5
Şekil 1.2.	145'x40' genişliğindeki ve yaklaşık 300pc uzaklıktaki NGC1499 emisyon bulutsusunun fotoğrafı.....	6
Şekil 3.1.	Fabry-Perot etalon sistemi ile oluşan girişim desenleri	18
Şekil 3.2.	Tek renkli homojen bir ışık kaynağı ile aydınlatılan Fabry-Perot etalonlarından oluşan iç içe geçmiş aynı merkezli girişim desenleri. a) Düşük çözünürlüklü ($l=100 \times 10^{-4}$ cm) ve b) yüksek çözünürlüklü ($l=200 \times 10^{-4}$ cm) etalonlarda oluşan girişim desenleri, c) her iki etalondan geçerek oluşan girişim.	23
Şekil 3.3.	DEFPOS etalonlarının teorik geçiş fonksiyonları: a) Düşük çözünürlüklü etalon ($l=100 \times 10^{-4}$ cm), b) Yüksek çözünürlüklü etalon ($l=198200 \times 10^{-4}$ cm), c) her iki etalonun geçiş fonksiyonu, d) c) ile aynı, fakat logaritmik skalada.....	24
Şekil 3.4.	DEFPOS Tayfölçeri kullanılarak a) Düşük çözünürlüklü ($l=100 \mu\text{m}$) etalon, b) Yüksek çözünürlüklü ($l=200 \mu\text{m}$) etalon ve c) her ikisinin birlikte kullanılması sonucu oluşan girişim desenlerinin CCD görüntüleri.....	25
Şekil 3.5	Fabry-Perot etalon yüzeylerinin galga boyunun bir fonksiyonu olarak %10 ile %90 arasında değişen R yansıtıcılığının göre I_r/I_i geçiş fonksiyonu.....	27
Şekil 3.6.	Fabry-Perot etalon yüzeyinin yansıtıcılığına (R) göre etalon yüzeylerinin yansıma incelik sabiti (finesse).....	28
Şekil 3.7.	DEFPOS tayfölçerinin optik çizimi	30
Şekil 4.1.	NGC1499 HII bölgesinin SkyView survey'den alınmış FITS formatındaki CCD görüntüsü. Yaklaşık 200 tane mavi halka DEFPOS'un 2 açt dakikalık görüş alanını gösteren halkalar	34
Şekil 4.2.	145'x40' genişliğindeki NGC1499 HII bölgesinin VTSS'den (The Virginia Tech Spectral-Line Survey) alınmış FITS (Per07_Ha.fits) formatındaki H α görüntüsü Mavi halkalar alınan tayfların merkezlerini temsil etmektedir.....	35
Şekil 4.3.	NGC1499 bulutsusundan elde edilen CCD Fabry-Perot	

görüntüsü(a) ve Halka toplama tekniği kullanılarak elde edilen tayf (b).Tayfin altındaki ikinci grafik residual olarak adlandırılan ölçülen ve uydurulan eğrilerdeki artık değeri göstermektedir.....	40
Şekil 4.4. Kaliforniya Bulutsusundan (NGC1499) DEFPOS ile alınan 36 adet H α tayfları.....	43
Şekil 4.5. DEFPOS'un parlak değeriinin IDL'de APER yöntemi kullanılarak VTSS ve Skyview haritalarından elde edilen parlaklık değeri ile karşılaştırılması.....	44



1. GİRİŞ

Yıldızlararası ortam (YO) olarak adlandırılan yıldızlararası uzay, yüklü parçacıkların, atomların, moleküllerin ve toz zerreciklerin karışımından oluşmakta ve Samanyolu Gökadasının ve diğer gökadalardan oluşumunda ve evriminde temel rol oynamaktadır. Bu nedenle, fiziksel özelliklerini ve dinamik davranışlarının nasıl olduğunu anlamak, birçok modern astronomi ve astrofizik alanı için çok önemlidir. Galaksi ya da Galaksilerin oluşumu ve evrimleri, yıldızların oluşumu ve evrimleri, kozmik nükleosentez, büyük ve karmaşık prebiyotik moleküllerin kökenleri, gezegenlerin oluşumları için temel yapı taşı olan toz taneciklerinin (ince katı parçacıklar) bolluğu, yapısı ve evrimi gibi bütün bu süreçler, yıldızlararası ortamın fiziğine sıkı sıkıya bağlıdır. Ancak, bu kadar önemli olması rağmen, yapısı, gelişimi, ortamdaki gazı iyonlaştıran mekanizmanın kaynağının ne olduğu henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu güne kadar yapılan gözlemsel çalışmalardan edinilen bilgiye göre, Galaksi oluşumunda hayati öneme sahip olan yıldızlararası ortamın oldukça çalkantılı olduğunu, farklı kimyasal evrelerden oluştuğunu ve tüm ölçülebilir mekânsal ve zamansal ölçekler üzerinde karmaşık yapı ile karakterize olduğunu ortaya koymaktadır. Yıldızlar bu karmaşık ortamdaki gaz ve toz halindeki maddeyi kullanarak doğarlar, gelişirler ve evrimlerinin sonunda ölürlür. Yaşamları boyunca yıldız rüzgârları ve elektromanyetik ışınımın farklı formlarında yıldızlararası ortama enerji depolarlar. Öldüklerinde daha kütleli yıldızlar zenginleşen maddeyi ve enerjiyi yıldızlararası ortama süpernova olayı ile geri verirler. Yıldızlararası ortama aktarılan bu zenginleşmiş madde ve enerji yeni doğacak yıldızlar için birer ham madde olmaktadır. Galaksi oluşumu ve evrimi için bu bir döngü olmaktadır. Yıldızlararası ortamın bu dinamik yapısı, yıldızların nerede, ne zaman ve hangi şartlarda oluştuğunu belirlemektedir. Aynı şekilde bu yıldızların çevresindeki gezegenler veya gezegenimsi sistemlerin özellikleri bu yıldızlarının özelliklerine ve onların oluşum süreçlerine çok bağlıdır (Tuft, 1997; Ferriere 2001; Gaensler, vd., 2008; Haffner, vd., 2009; Klessen, vd., 2016).

Yıldızlararası ortam %99 oranında gazlardan (atom, molekül, iyon ve elektron) ve %1 oranında ise tozlardan (gezegen, astroit, kuyruklu yıldız, manyetik alanlar ve kozmik ışıklar) oluşmaktadır. Kütleli olarak baktığımızda, yıldızlararası ortam %70

(sayısal olarak ~%90.8) hidrojen (H), %28 (sayısal olarak ~%9.1) helyum (He) ve kalan %2'lik oran (sayısal olarak ~%0.12) ise ağır elementlerden (C, Si, Fe gibi) oluşmaktadır. Bununla birlikte, sıcak yıldızların tayflarındaki yıldızlararası soğurma çizgileri incelendiğinde, bu ağır elementlerin önemli bir kısmı yıldızlararası ortamdaki gazın fazından genellikle eksik veya “tükenmiş” olduğunu göstermektedir (Ferriere 2001; Haffner, vd., 2009).

Samanyolu Gökadamızdaki toplam gaz kütlelerini tahmin etmek oldukça zor olmakla birlikte $10^{10}M_G$ kütlelerine yakın olduğu düşünülmektedir. Yıldızlararası madde galaktik diskin toplam kütlelerinin yaklaşık %10-15'ini oluşturmaktadır. Yıldızlararası ortam hacmin büyük bir bölümü iyonize olmuş gazlardan oluşmasına rağmen bu bileşenle ilişkilendirilen toplam kütle, gazın toplam kütlelerinin % 25'inden daha fazla değildir. Bu kütlelerin büyük kısmı nötr durumdaki atomik gazın (H^0 , He^0) veya moleküler yapıdaki gazın (H_2) yoğun olduğu bölgelerde bulunmaktadır. Atomik gazın büyük kısmı ve moleküler gazın da tamamını yıldızlararası ortamın sadece %1-2'lik kısmını kapsayan daha yoğun ve daha düşük sıcaklıklı bulutlar şeklinde bulunmaktadır (Spitzer 1978; Ferriere 2001; Gaensler, vd., 2008; Klessen, vd., 2016).

Yıldızlararası bulutlar genel olarak karanlık bulutlar, yayılı durumdaki bulutlar ve yarı geçirgen (saydam) bulutlar olmak üzere üç kısma ayrılır. Karanlık bulutlar çok soğuk ($T \sim 10-20$ K) moleküler (H_2) gazdan meydana gelmektedirler vda fondan gelen yıldız ışığını önlemektedirler. Yayılı durumda olan bulutlar soğuk ($T \sim 100$ K) olup atomik durumda olan gaz içerir ve soğurma çizgilerine yol açtıkları bir dizi spesifik dalga boyları dışında arka fondan gelen yıldız ışığını hemen hemen geçirirler. Yarı geçirgen bulutlar ise moleküler ve atomik gazları içermektedirler ve ara görsel sönmlemeye sahiptirler. Bulutlar arasında yayılı durumda olan yıldızlararası maddenin geri kalan kısmı ise sıcak (çoğunlukla nötr), atomik (HI ya da H^0), sıcak (10^4 K) iyonize olmuş (HII ya da H^+) ve çok sıcak (10^6 K) iyonize olmuş ortam olmak üzere üç farklı formda bulunmaktadır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1'de gökadamızın yıldızlararası ortamında farklı türde bulunan hidrojen gazının kesirsel hacim, skala yüksekliği, sıcaklık, yoğunluk, sembolü ve gözlem

teknikleri gibi bazı temel özellikleri verilmiştir. Sıcaklık ve yoğunluk gibi gazın genel doğasını belirten temel bilgiler Ferriere (2001), Wolfire, vd. (2003) ve Klessen, vd. (2016) gibi bazı yazarların yaptıkları önemli çalışmalardan elde edilmiştir. Çizelge 1.1'den görüleceği gibi birinci satırda moleküler (karanlık bulutlar) hidrojen (H_2) kesirsel hacminin $<1\%$ (kütleli olarak yaklaşık olarak ~ 40) ve skala yüksekliği 70 olduğu görülmektedir. Karanlık bulutlar çok soğuk ($T \sim 10-20$ K) ve çok yoğun (10^2-10^6 cm^{-3}) olan moleküler hidrojen (H_2) bölgeleri olup doğrudan gözlenemezler ve radyo ve kızılötesi, CO gözlemleri ile belirlenmektedir. İkinci ve üçüncü satırdaki sırasıyla yayılı bulutlar soğuk ($T \sim 50-100$ K) ve kısmen sıcak ($T \sim 100-300$ K) nötr atomik HI (yada H^0) bölgeleri verilmektedir. Soğuk ve sıcak atomik durumdaki gaz özellikleri öncelikle 21 cm dalga boyuna sahiptirler. Yıldızlararası ortamın büyük bir kısmı, bir veya daha fazla sürekli enerji enjeksiyonu kaynağı gerektiren 10^4-10^6 K sıcaklıklarda iyonize edilmiş bir gazdan oluşmaktadır. Modern anlamda bakıldığında yıldızlararası ortamdaki iyonize gaz; $\sim 10^5-10^6$ K sıcaklığında çok sıcak "koronal" bileşen ve $\sim 10^4$ K sıcaklığındaki sıcak iyonize olmuş ortam (WIM: Warm Ionized Medium) olmak üzere iki ana fazdan oluşmaktadır. Dördüncü satırda bulunan sıcak (10^4 K) iyonize olmuş (HII ya da H^+) ortam sıcaklığı 5000-8000 K olan ve kesirsel hacmi % 20-%50 bölgeleri de tamamen iyonize olmuş (H^+) hidrojen bölgeleri yoğunluğu çok düşük (10^2-10^1 cm^{-3}) HII bölgeleri ve $H\alpha$ ($\lambda=6563$ Å) gözlemleri ile belirlenmektedir. Koronal gaz olarak adlandırılan beşinci satırda bulunan çok sıcak iyonize ortamın (HIM) kesirsel hacminin %30-70 arasında kütleli olarak %5 olarak belirlenmiştir. Skala yüksekliğinin 1000-3000 arasında ve sıcaklığı 10^4-10^7 K arasında olan bölgeleri HII bölgeleri (metallerde iyonlaşmış) X-ışını ve UV ışını gözlemleri ile belirlenmektedir (Reynolds 1991; Ferriere 2001; Wolfire, vd., 2003; Gaensler, vd., 2008; Haffner, vd., 2009; Klessen, vd., 2016).

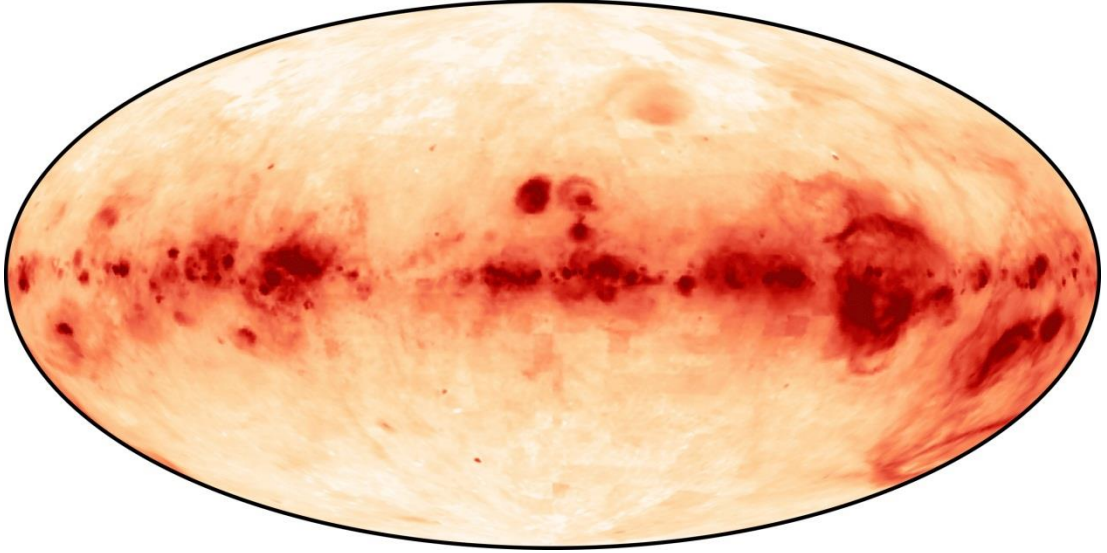
O ve B tipi genç ve sıcak yıldızlar tarafından ortama bırakılan yüksek enerjili, düşük dalga boylu UV ($\lambda=912$ Å) ışınımın büyük bir kısmı yıldızın çevresinde bulunan hidrojen gazını iyonlaştırarak iyonize olmuş hidrojen bölgelerini oluştururlar. İyonize olan bu gaz bölgeleri Strömgren küreleri ya da klasik HII bölgeleri olarak adlandırılmaktadır (Strömgren 1939; Reynolds 1997). Yapılan gözlemler yıldızlararası ortamdaki iyonize olmuş gazın büyük çoğunluğunun ($>90\%$) sıcak ve

genç O-B tipi yıldızlardan oldukça uzağa yerleşmiş olan sıcak ($\sim 10^4$ K), düşük elektron yoğunluklu ($\sim 0.01-0.1 \text{ cm}^{-3}$) ve tamamı iyonlaşmış bölgelerde bulunduğunu göstermiştir. Klasik HII bölgelerinin dışındaki önemli iyonize gazların varlığı ilk olarak Hoyle ve Ellis (1963) tarafından önerilmiştir. WIM (Warm Ionized Medium) ya da DIG (Diffuse Ionized Gas) olarak adlandırılan bu iyonize olmuş hidrojen bölgeleri (Reynolds 1997; Haffner, vd. 2009) Sıcak Nötr Ortam ile kıyaslanabilir ölçüde bir yoğunluğa ve 1kpc kadarlık bir skala yüksekliğine sahiptir (Reynolds, 1989; Gaensler, vd., 2008; Klessen, vd., 2016). Hacim dolun faktörü Galaktik orta düzleme yakın bölgelerde nispeten küçükken, orta düzlemde uzaklaştıkça artmaktadır.

Çizelge 1.1.Yıldızlararası ortamındaki gazın farklı türden bileşenleri (Ferriere 2001; Wolfire , vd., 2003; Şahan 2004; Klessen, vd., 2016).

Bileşenler	Kesirsel Hacim	Skala Yüksekliği	Sıcaklık (K)	Yoğunluk (cm^{-3})	Sembolü	Gözlem Tekniği
Moleküler Bulutlar	<%1	70	10-20	10^2-10^6	H ₂	Radyo ve Kızılötesi, CO
Soğuk Nötr Ortam(CNM)	% 1-5	100-300	50-100	20-50	HI	21 cm
Sıcak Nötr Ortam (WNM)	% 10-20	300-400	5000-8000	0.2-0.5	HI	21 cm
Sıcak İyonize Ortam (WIM)	% 20-50	1000	6000-10000	0.2-0.5	HI, HII	H α
Çok Sıcak İyonize Ortam (Koronal Gaz)	% 30-70	1000-3000	10^4-10^7	$10^{-4}-10^{-2}$	HII (Metaller dahi iyonlaşmış)	X-ışını ve UV ışını

Yıldızlararası ortamda yayılı durumda bulunan bu çok sönük ve düşük yoğunluklu gazı gözlemek için tayfsal ayırma gücü yüksek olan Fabry-Perot tayföçerleri kullanılmaktadır. Samanyolu gökadasının yıldızlararası ortamdaki yayılı durumdaki bu gaz dağılımı WHAM (Wisconsin Hydrogen Alpha Mapper) Fabry-Perot tayföçeri ile 1 derecelik açısal çözünürlükte elde edilen H α haritası Şekil 1.1'de gösterilmiştir. Gökadamıza dağılmış durumdaki WIM bölgeleri gökada düzlemi yakınlarında 2 kpc'lik ($1\text{pc}=3.086 \cdot 10^{13}$ km) kalın bir tabakadaki hacmin % 20'sinden daha fazlasını doldurmaktadır.

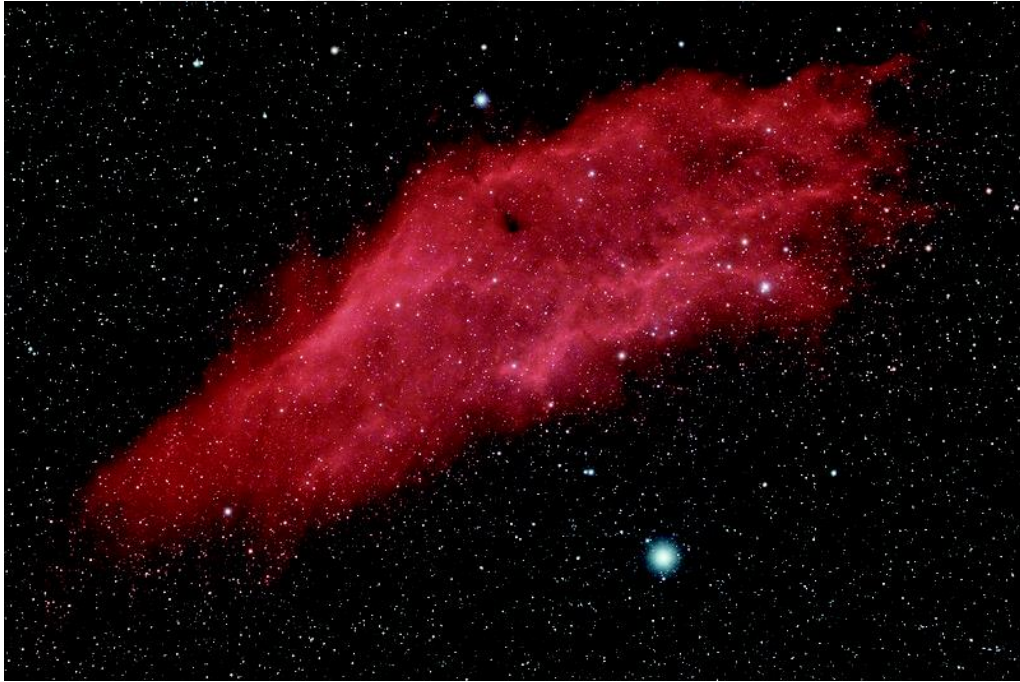


Şekil 1.1. WHAM projesi ile elde edilen Samanyolu gökadasının H α haritası.

WHAM tayfölçeri siderostat ve içinde Fabry-Perot tayfölçerinin bulunduğu kabin olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır. Siderostat iki düz aynadan ve 0.6 m çaplı 8.6 m odak uzaklıklı mercekten oluşmaktadır. Fabry-Perot tayfölçerinde 15 cm çaplı çift etalon kullanılmaktadır. 15 cm çaplı çift etalonlu Fabry-Perot tayfölçeri 200 km/s (4.4 Å) tayf aralığında 12 km/s (0.26 Å) tayfsal çözünürlükte ($R \sim 25.000$) gökadedaki sıcak (8000 K) gazdaki H α çizgi profillerini tamamen ayırabilecek şekilde dizayn edilmiştir. H α çizgisine ek olarak yıldızlararası gazdaki sıcaklık ve iyonlaşma durumlarını detaylı olarak araştırılmasına yardımcı olan SII[$\lambda 6716$], NII [$\lambda 6584$], NII [$\lambda 5755$], HeI [$\lambda 5876$], OI [$\lambda 6300$], OIII [$\lambda 5007$] gibi diğer yayınım çizgilerini de gözleyebilecek şekilde dizayn edilmiştir. WHAM tayfölçeri ilk gözlemlerine 1997 yılının başında Kitt Peak Ulusal Gözlemevine (KPNO, Arizona, ABD) başlanmış ve gökyüzünün kuzey yarım küresinin $\delta > -30^\circ$ kısmını 1° açı ile 1997-1998 tarihlerinde yaklaşık 37.000 H α tayfını analiz ederek gök yüzünün H α haritasını hazırlamıştır (Tuffte, 1997; Haffner, vd. 2003, 2009). WHAM tayfölçeri KPNO'de onbir yıl başarılı gözlemler yaptıktan sonra, güney gökyüzünün kalan kısmının H α haritasını ($\delta < +30^\circ$) hazırlamak için, 2009 yılının başında, CTIO (Cerro Tololo Inter-American Observatory, Cerro Tololo) gözlemevine taşınmış ve Şekil 1.1'de görülen gökyüzünün tüm H α haritası tamamlanmıştır (Haffner, vd., 2010). Bu tez çalışmasında, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde (TUG) bulunan 150 cm ayna çaplı RTT150 teleskopunun coude çıkışına yerleştirilen 75 mm çaplı, çift etalonlu

DEFPOS (Dual Etalon Fabry–Perot Optical Spectrometer) Fabry-Perot tayföçer (Şahan 2004; Şahan, vd., 2005, 2009; Şahan ve Yeğingil 2017) kullanılarak Kalifornia bulutsudan (NGC 1499, Sh2-220, LBN756) seçilmiş 4 açî dakikalık H α gözlemleri yapılmıştır. NGC 1499'den alınan H α tayfları kullanılarak bulutsunun parlaklık, LSR hızı ve yarı genişlik değeri belirlenmiştir.

Samanyolu Gökadamızın Perseus (Kahraman) takımyıldızın'da bulunan Kalifornia bulutsusu, yayılı durumdaki oldukça geniş (145'x40') bir yapıya sahip olan emisyon (HII bölgesi) bölgesidir. İlk defa 1885 yılında Edward Barnard tarafından keşfedilen bulutsu yaklaşık 1500 ışık yılı uzaklıkta bulunmaktadır. Bulutsu adını şeklinin Kaliforniya durumuna benzemesine (Şekil 1.2) bağlıdır. Şekil 1.2'de kırmızı olarak görülen HII bölgesi, güney kısmında görülen en parlak O tipi, sıcak Xi Persei (ξ Per) tarafından yayılan ışıınımdan dolayı parlamaktadır (Hubble 1922; Bohnenstengel ve Wendker 1976; Shinohara ve Ishida 1976; Şahan, vd., 2012).



Şekil 1.2. 145'x40' genişliğindeki ve yaklaşık 300 pc uzaklıktaki NGC1499 emisyon bulutsusunun fotoğrafı.

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Lynds (1969) 17 tane OB yıldız üyesi olarak tanımlanan Pereus II kümesi doğrultusundaki yıldızlararası gaz ve toz dağılımını belirlemek için gözlemsel verileri bir araya toplamış ve sonuçlarını tartışmıştır. Bu yıldızların içinde en yaşlısı O7 spektral sınıfta olan ξ Persei ve en parlak olan B1 Ib spektral sınıftaki ζ Per yıldızıdır ve karatmanın en çok değişken opak karanlık bulutlarda meydana geldiği sonucuna varmıştır. 17 tane Per II küresel kümenin sadece bir veya ikisi karanlık nebula içinde bulunduğu görülmektedir. Yıldızlararası gazsı bileşenin çok geniş bir belirgin tabakasında bulunabildiği de açıkça görülmektedir. Bir O7 ξ Per yıldızı ile aydınlatılan karanlık NGC1499 emisyon nebulasını dikkate almıştır. NGC1499 bulutsusunun içindeki elektron yoğunluklarının 10 cm^{-3} 'den büyük 100 cm^{-3} 'den küçük olduğuna inanılmaktadır. ξ Per yıldızının yakın çevresinde dedekte edilebilen emisyonun olmaması dikkate alındığında NGC1499 ve ξ Per arasındaki elektron yoğunluğu değerinin çok düşük olduğu ve muhtemelen 5 cm^{-3} 'den daha düşük olması gerektiği sonucuna varmıştır.

Shinohara ve Ishida (1976) yaptıkları çalışmada, NGC 1499 bulutsusu üzerine yaptıkları çalışma sonucu bulutsunun toplam H α akısını bulmuşlardır. NGC 1499 bulutsusunun yıldızlararası tutulum miktarını Xi Persei'nin (Xi Per: ξ Per) fotometrik gözlemleriyle yıldız ve galaksiden elde edilen verilerin birleştirilmesiyle tahmin etmişlerdir. Xi Per tarafından birim saniyede uzaya gönderilen Lyman süreklilik fotonlarının toplam sayısı bulutsunun toplam H α akısından tahmin etmişler ve elde ettikleri sonuçları model atmosferiyle elde edilen sonuçlarla kıyaslamışlardır. Böylece, Xi Per niteliksel olarak uyarıcı yıldızla tanımlamışlardır. H α akısının radyo süreklilik akısına oranı kullanarak elektron sıcaklığını ve dolayısıyla NGC 1499'nin kütle ve elektron yoğunluğunu belirlemişlerdir.

2695 MHz frekansındaki yüksek çözünürlüklü radyo sinyalleri kullanılarak NGC 1499 HII bölgesinin varlığı araştırılmıştır. Radyo ve optik dalga boyunda yapılan gözlemler, NGC 1499 HII bölgesinin iyonizasyon kaynağının sadece Xi Per yıldızı olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte, Xi Per'in tayfsal yapısıyla belirtilenden çok daha az bir Lyman-süreklilik çıktısına sahip olması gerektiği gösterilmiştir. Böylece,

sonuçların mevcut verilerle tutarlı olduğu bir alan modeli önerilmiştir (Bohnenstengel ve Wendker 1976).

Elmegreen ve Elmegreen (1978) NGC 1499 (California Nebula) bulutsusunun kuzey bölgesindeki karanlık bir bulutu ^{12}CO 'yu da içeren CO'da 3 açı dakikalık çözünürlükle haritalandırmışlar ve ^{13}CO ve CS 'da örneklemiştir. ^{13}CO 'nın H_2 molekülün sütun yoğunluklarına dönüşümü tartışmışlardır.

Pedlar (1980) Gökadamızın Orion ve Perseus spiral kollarından NGC 1499'yi de içeren 12 farklı yayılı durumdaki geniş, düşük yoğunluklu HII bölgesinden elde edilen H166-alfa çizgisini rapor etmiştir. Bu tür HII bölgeleri için elektron sıcaklığı 4000-7000 K arasında olduğunu ve daha dar ve daha yüksek yoğunluklu objelerin elektron sıcaklığından ortalama 2000K daha düşük olduğunu vurgulamıştır. Geniş, düşük yoğunluklu HII bölgelerinin elektron sıcaklıkları galaksi merkezine olan mesafe ile değişim gösterdiğini belirtmiştir. S171 (NGC 7822, W1)'da gözlenen H166-alfa çizgileri kaynaktan kayda değer nontermal bileşeni için yeterli kanıt olmadığı görülmüştür.

Blitz, vd. (1982) optik HII bölgeleriyle ilişkili olan 242 tane moleküler bulut kompleksinin katalogunu hazırlamışlardır. CO gözlemlerinden elde ettikleri verilerden radyal hızlarının moleküler bulut komplekslerinin her biri için HII bölgeleri ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Her kaynak yönünde görülen en yoğun CO çizgilerini için CO anten sıcaklığı ve çizgi genişliğini vermiştir. Hazırladıkları katalog V_{CO} hızlarını, kaynak uzaklığını ve kaynağın genişliğini de içermektedir. Örneğin bu çalışmada kullanılan NGC1499'un genişliğini 320 açı saniyesi, uzaklığını 0.4 ± 0.04 kpc ve merkezi koordinatının V_{CO} hızını da 7.0 ± 3 km/s olarak vermişlerdir.

Fountain, vd. (1983) California (NGC 1499) bulutsusunun, Kuzey Amerikan Bulutsusu kompleksinin (NGC 7000 ve IC 5070) ve IC 1318B/C haritalarını oluşturmak için hidrojen alfa yayılım çizgisinin çok katmanlı echelle spektroskopik gözlemlerini kullanmışlar, radyal hız ve FWHM haritalarını hazırlamışlardır. NGC 1499 bulutsusu geometrisi dikkate alındığında haritalarda radyal hız ve FWHM

değerlerinin yaklaşık sabit olduğunu bulmuşlardır. NGC 1499 bulutsu ile ilgili haritalardan ortalama heliocentric hızları ve yarı genişlikleri sırasıyla $0.5 \pm 4.0 \text{ kms}^{-1}$ ve $26.8 \pm 0.6 \text{ kms}^{-1}$ olarak bulmuşlardır.

Odell (1986) NGC 1499, NGC 7000 ve S252 kaynaklarının radyal hızları üzerine yaptığı araştırmada hassas skalalı (türbilans) hareketlerin bulutsuların uzaysal çözünürlük limitinden tam genişliğine çok iyi sıralandığını açığa çıkarmıştır. S142 ve M17'nin yüksek uzaysal çözünürlük çalışmalarında olduğu gibi, dağılım ilişkisinin analizi Kolmogorov teorisi (1941) ile bir anlaşma olduğunu ortaya koymuştur. Bununla birlikte, yapı fonksiyonunun incelenmesi, Roy ve Joncas (1985) tarafından bulunan ile aynı sonucu ortaya koymuştur. Yapı fonksiyonunun teorik olarak beklenenden çok daha yavaş bir şekilde ayrılmasıyla Kolmogorov teorisinin uygulanmasını sorgulamasıyla artmaktadır.

Fich, vd. (1990) Fabry-Perot tayföçleri kullanarak yaptıkları ölçümler sonucu 284 tane Galaktik HII bölgesinin H α emisyon kaynağının radyal hızları ve FWHM yarı genişliklerinden oluşan Galaktik HII bölgesi kataloğu oluşturmuşlardır. Bu kaynaklardan bazıları gezegenimsi bulutsu ya da NGC1499 (Sh2-220) gibi süpernova kalıntısıdır. Diğerleri ise kuzey yarım kürede bulunan HII bölgelerini oluşturmaktadır. Elde ettikleri radyo yeniden birleşim (recombination) çizgi ve CO gözlem sonuçlarını literatürden elde edilen önceki H α gözlem sonuçlarıyla kıyaslamışlardır. CO ve H α hız farkları ($V_{CO} - V_{H\alpha}$) yaklaşık olarak $0.5 \pm 0.48 \text{ km/s}$ 1σ dispersiyonunun 6.44 km/s olarak belirlemişlerdir. Elde ettikleri bu değerleri oldukça basit kinematik ve sönüm HII modelleriyle kıyaslamışlardır.

Herbertz, vd. (1991) 1987 ile 1989 tarihleri arasında İsviçre'nin Zermatt bölgesi yakınlarına yerleştirilen 3m'lik KOSMA teleskopunu kullanarak 4'x4' açı dakikalık koordinat gridleri üzerinde NGC 1499 California bulutsusunun $4^\circ \times 5^\circ$ derecelik kuzey bölgesini ^{12}CO 'nun $J = 1 - 0$ çizgisiyle (110-115 GHz) haritalamışlardır. Bulut yaklaşık -7, -3 veya +3 km/s'ye yakın ortalama hızlarla 12 kısma bölmüşlerdir. Bu kısımlarda, 20 ile 2000 güneş kütlesi arasında değişen kütlelerde ve 0.5 ile 3 parsek ($1\text{pc} = 3.086 \times 10^{13} \text{ km}$) arasında 34 tane daha küçük kümeler belirlemişlerdir. ^{12}CO ve

^{13}CO verileri küçük kümelerin boyutlarının, kütle çekimsel enerji üzerinde büyük miktarda kinetik ile ilişkili olduğunu göstermiştir.

Haffner, vd. (1998) Wisconsin $\text{H}\alpha$ Mapper (WHAM) $\text{H}\alpha$ Sky Survey haritasının ilk veri indirgeme çalışmaları süresince yayılı durumdaki $\text{H}\alpha$ art alan ışınımına baskın olan yaklaşık $\approx 30^\circ$ 80° 'lik çok geniş bir yapının olduğunu keşfetmişlerdir. Bu yapıların yıldızlararası ortamın 21 cm radyoda, X-ışınımında ve IR'de alınan diğer dalga boylarındaki faz yapılarına karşılık gelmediği görülmüştür. Yapmış oldukları bu çalışmada, bu zayıf yapılardan ($I_\alpha \approx 0.5-1.5R$) iki tanesine vermişlerdir. Bunlar sırasıyla, biri 80° uzunluğunda ve 2° genişliğinde olup $l=225^\circ$ de ve galaktik düzleme hemen hemen dik olup $l=240^\circ$ 'de $b=+51^\circ$ 'ye kadar uzanmaktadır. $l=225^\circ$ 'de bu yapıya karşılık gelen yerde, CmaR1/OB1'i çevreleyen bir HII bölgesi vardır. İkinci yapı ise $l=210^\circ$ ile 240° ve $b=+30^\circ$ ile $+40^\circ$ arasında olup yaklaşık 30° genişliğindedir. Her iki yapıda da $(0.5-1.5) R$ arasında değişen tüm genişliklerde şiddetler sabittir.

Haffner, vd. (1999) Kitt Peak'de (Arizona) bulunan WHAM tayfölçeri ile Samanyolu Gökadasının içeren Yerel (Orion) spiral kolu ve çok daha geniş mesafedeki Perseus kolunu içeren ($l=123^\circ$, -164° , $b=-6^\circ$, -35°) geniş bir bölgesi haritalanmıştır. Haritanın elde edilmesinde $\text{H}\alpha$, $[\text{SII}]\lambda 6716$ ve $[\text{NII}]\lambda 6583$ gibi sönük ışınım çizgi ölçümleri kullanmışlardır. WHAM $\text{H}\alpha$ Sky Survey'den elde edilen verilerle bu verilerin karşılaştırılmasını yapmışlar ve Galaksideki sıcak iyonize ortamın (WIM) global fiziksel özellikleri araştırmaya başlamışlardır. Diğer galaksilerdeki yayılı gazın emisyon çizgi araştırmalarında belirlenen bazı trendlerin Samanyolu Gökadamızdakilerle doğrulamışlar ve çok daha zayıf emisyonlara doğru genişlediği görmüşlerdir. Yapılan analizler sonucunda mutlak $\text{H}\alpha$ ışınımının şiddeti artarken, $[\text{SII}]/\text{H}\alpha$ ve $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$ ışınım şiddet oranlarının azaldığı görmüşlerdir. Daha geniş mesafeli Perseus kolundaki emisyon için $[\text{SII}]/[\text{NII}]$ oranı $\text{H}\alpha$ şiddetinden nispeten bağımsızken, bu oranlardaki artış galaktik enleme (b) oldukça bağımlı ve dolayısıyla galaktik enlem üzerindeki yüksekliğe (z) bağlıdır. WIM'deki sıcaklık değişiminin parlak $\text{H}\alpha$ 'dan sönük $\text{H}\alpha$ emisyonuna doğru (yani, düşükten yükseğe doğru $[\text{SII}]/\text{H}\alpha$ e $[\text{NII}]/\text{H}\alpha$ oranlarındaki değişim) 6000 K ile 10000 K arasında

olduğu bulmuşlardır. Ayrıca, Perseus kolunda elektron skala yüksekliğini 1.0 ± 0.1 kpc olarak ölçmüşlerdir (Haffner, vd., 1999).

Straizys, vd. (2001) Gökadamızın Perseus kolunda bulunan California bulutsusu bölgesindeki parlaklık olarak yaklaşık 13 kadirden daha sönük 238 yıldız için Vilnius yedi renk (U, P, X, Y, Z, V, S) fotometresini elde etmişlerdir. Yaptıkları bu çalışma ile hemen hemen tüm yıldızlar için, fotometrik tayfsal sınıflamaları, parlaklık sınıflamaları, mutlak kadirleri, yıldızlararası kırmızıya kaymaları, sönümlemeleri ve uzaklıkları belirlemişlerdir. Sönümlemeye karşı uzaklık diyagramları California bulutsusu doğrultusunda yaklaşık 160 parsek ($1 \text{ pc} = 3.086 \times 10^{13} \text{ km}$) mesafede bir toz katmanı ve L 1449 ve L 1456 karanlık bulutları yönünde bulutsunun 160 pc ve 300 pc kuzey batısında iki tane toz katmanı olduğunun kanıtını vermiştir. 160 pc uzaklıktaki katman 0.3 ile 1.3 kadir arasında bir sönümlemeye neden olurken, ve 300 pc uzaklıktaki katman yaklaşık 1 kadir ek bir sönümlemeye neden olmaktadır. Muhtemelen öndeki toz katmanı Taurus karanlık bulutlarının sönümlemesine neden olduğu görülmektedir. İkinci toz katmanı büyük olasılıkla Perseus'un kuzey bölgesindeki diğer alanlarda (IC 348 açık yıldız kümesi ve NGC 1333 yansıma bulutsusu yönünde) bulunan kompleks toz bulutlarına aittir. Her iki bulut kompleksi aşağı yukarı galaktik düzleme paraleldir.

Wisconsin Üniversitesi Pine Bluff gözlemevinde bulunan Fabry-Perot tayföçerinin (Wisconsin's Pine Bluff Observatory: PBO) daha hassas geocoronal Balmer- α çalışmalarının yapılabilmesi ve vignetting olaylarının en düşük düzeye indirgenebilmesi için mekanik ve optik sistemi yeniden elden geçirerek yeni bir dizayn yapılmıştır. Yeni dizayna göre tayföçer gökyüzüne 1.5° görüş alanı (field of view: FOV) ile bakmakta ve her biri 3.75 km/s tayfsal elemente karşılık gelen toplam 75km/s'lik bir hız aralığında geocoronal Balmer- α tayfları almaktadır. 10 dakikalık integrasyon zamanında CCD'nin Sinyal/Gürültü (S/G) oranı geocoronal Balmer- α için yaklaşık 50 olarak elde edilmiştir. Yeni bir dizayn yapılmış ve 2000-2001 yılları arasındaki iki yıllık geocoronal Balmer- α verilerinin analizleri yapılmıştır. 71 gecede yaklaşık 1500 tane tayf alınmış ve bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti en iyi nitelikteki olan geocoronal Balmer- α veri setini temsil etmektedir. 2000-2001 yılları

arasında alınan PBO geocoronal Balmer- α verilerini kullanarak tayföçlerin kalibrasyonu yapılmıştır (Mierkiewicz 2002).

Haffner, vd. (2003) Wisconsin Üniversitesi Astronomi Bölümünde geliştirdikleri Wisconsin H α Mapper (WHAM) olarak adlandırılan 1°'lik görüş alanına sahip olan tayföçleri kullanarak kuzey gökyüzü gökyüzünün $\delta=-30^\circ$ üzerindeki iyonize gaz hareketini ve dağılımını incelemek için 1°'lik açı çözünürlüklü 37565 tane tayftan oluşan ve WHAM Northern Sky Survey (WHAM-NSS) olarak adlandırılan haritasını oluşturmuşlardır. Bu harita 12 km/s hız çözünürlüklü atmosferik ve galaktik H α çizgilerini içermektedir.

Şahan (2004) Samanyolu gökadasındaki iyonize olmuş kaynaklardan gelen zayıf optik H α (λ 6563Å) ışınım çizgilerini ölçmek ve yapıların özelliklerini incelemek amacıyla, 150 cm ayna çaplı RTT150 teleskopunun coude çıkışında kullanılmak üzere 7.5 cm çapında çift etalonlu ve 11000 teorik ayırma gücüne bir sahip geliştirmiş ve tayföçler kullanılarak ve ilk sinyalin Kasım 2002 yılında baş ucu doğrultusunda yılında 4.76°'lik görüş açısı ile almıştır. Daha sonra DEFPOS adını verdiği tayföçlerin test çalışmalarını yapmak için 2002-2003 yılları arasında 545 H α tayfi alınmış ve tayfların analizlerini yaparak atmosferik H α ve iyonize hidrojen parlaklıkları ve LSR'a göre hızları belirlenmiştir.

Mierkiewicz'in (2002) yeniden dizayn etmiş olduğu Wisconsin Üniversitesi Pine Bluff gözlemevinde bulunan yer merkezli Fabry-Perot tayföçlerini kullanarak, dünyanın üst atmosfer bölgesindeki termosfer+eksosfer bölgesinde bulunan atomik hidrojenin güneşten gelen yüksek enerjili Lyman β ışınimleri ile iyonize edilmesi sonucu oluşan Balmer α ışınım çizgilerini ölçmüştür. Yapılan bu çalışma Part 1 ve Part 2 (Nossal, vd. 2006) olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Bu çalışmada bölüm Bölüm 1'i oluşturmaktadır. Bu çalışma Fabry-Perot tayföçlerinin tanımı, yapılan gözlemler ve gözlemlerin analizlerini içermektedir. Yüksek tayfsal çözünürlüklü veri setleri tartışılmıştır (Mierkiewicz, vd. 2006).

Mierkiewicz (2002) tarafından PBO'de bulunan yeniden dizayn edilen Fabry-Perot tayföçlerini kullanarak, güneşten gelen yüksek enerjili Lyman β ışınimleri ile

atmosferin üst bölgesinde bulunan termosfer+ekzosfer bölgesindeki nötr hidrojenin iyonize edilmesiyle oluşan hidrojenin Balmer α ışınım çizgilerini ölçmüştür. Yapılan bu çalışma Part 1 (Mierkiewicz, vd. 2006) ve Part 2 olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. 2. Bölümdeki bu çalışma uzun vadeli veri setlerini (Long-term data sets) içermektedir. Uzun vadeli veri setleri üst atmosferdeki doğal değişimlerin kaynaklarının araştırılması bakımından önemlidir. Bu nedenle insanoğlunun neden olduğu değişimlere bağlı olarak solar cycle gibi doğal değişim kaynaklarının etkilerinin anlaşılması termosfer ve ekzosferi karakterize etmek için gereklidir. Bu çalışmada elde edilen veriler Kitt Peak'de (Arizona) bulunan WHAM tayfölçeri ile alınan verilerle karşılaştırmaları da yapılmış ve bu gözlemlerin daha hassas analizlerinin yapılması tartışılmıştır (Nossal, vd. 2006).

Şahan, vd. 2002-2003 yılları arasında başucu doğrultusunda test amacıyla yapmış olduğu $H\alpha$ gözlemleri hem galaktik hem de atmosferik çizgilerden oluşmaktaydı. Galaktik gözlemlerden ayırt ettikleri galaktik $H\alpha$ tayflarını ve tayf ölçerin tanıtımını içeren ilk uluslararası makaleyi 2005 yılında yapmışlardır (Şahan, vd. 2005). Bu verilerden ayırt edilen atmosferik (geocoronal) Balmer- α ışınımlarını içeren ikinci makaleyi de 2007 yılında yayınlamışlardır (Şahan, vd., 2007).

Tayfölçerin test çalışmaları tamamlandıktan sonra HII bölgelerinin fiziksel özelliklerini ve yaklaşık 4' açısal görüş alanı ile bazı PN leri araştırmak için DEFPOS fabry-perot tayfölçerinin 150cm çaplı RTT150 teleskopunun (f/48) coude çıkışına yerleştirilmesi için TÜBİTAK'a bir proje verilmiştir. Proje kapsamında tayfölçer coude odasına taşınmış ve burada tayfölçer $H\alpha$ yakınında 200 km/s (4.4 Å) tayfsal aralıkta 4' açısal görüş alanına ve 30.0 km/s hız çözünürlüğüne (tayfsal ayırma gücü ~10000) sahip olmuştur. Gerekli ön çalışmalar tamamlandıktan sonra, 23 Mayıs 2007-27 Eylül 2008 tarihleri arasında farklı doğrultularda galaktik $H\alpha$ yayınım çizgileri gözlenmiş ve farklı kaynaktan (NGC3587, NGC4361, NGC6853, NGC7009, NGC7293, NGC7635, NGC7662) $H\alpha$ tayfi elde edilmiştir. Coude odasından alınan ilk sonuçlardan elde edilen kaynakların LSR'a göre hızları, parlaklıkları ve yarı genişlikleri hakkındaki ilk çalışmalar yayınlanmıştır (Şahan, vd., 2009).

WHAM tayföçeri ile elde edilen Samanyolu gökadasının $l=180^\circ$, 205° , $b=-24^\circ$, 1° koordinatlarıyla çevrili yaklaşık olarak merkezinde O8-III tipi bir yıldız olan Lambda Ori (λ Ori) yıldızını çevreleyen iyonize olmuş gazın hidrojen alfa ($H\alpha$), kükürt ([SII]) ve azot ([NII]) bileşenlerinin hız çözünürlük ve sıcaklık haritaları hazırlanmıştır. Bu çalışmada, λ Ori yıldızını çevreleyen klasik HII bölgelerinden oldukça uzakta [SII]/ $H\alpha$ ve [NII]/ $H\alpha$ çizgi oran haritalarında bir artış olduğunu görölmüştür. [SII]/[NII] çizgi oranının HII bölgesi olan λ Ori nebulası boyunca bu oranın yaklaşık olarak sabit olduğunu gözlenmiştir. Nebulayı çevreleyen tüm bölgelerin termal ve non-termal hız haritalarını elde edilmiştir. Termal ve non-termal bileşenlerindeki toplam çizgi genişliklerinin araştırılması sonucu nebula içindeki bu parametrelerin uzaysal bir dağılıma sahip olduğu bulunmuştur. $H\alpha$ ve [SII]'nin tüm tayfların çizgi genişliklerini kullanarak nebula sıcaklığının yaklaşık 4000K ile 8000K arasında olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen non-termal hız haritalarından hızların merkezden dışa doğru 10 km/s ile 5 km/s arasında değiştiğini bulmuşlardır (Şahan, ve Haffner 2016).

Krishnarao, vd. (2017) Sagittarius–Carina kolu boyunca uzanan Sıcak iyonize olmuş ortamın (WIM) düşey dağılımını ve fiziksel durumların izlemek için $H\alpha$ ve [SII] λ 6716 emisyon çizgilerinden oluşan WHAM gözlemlerini kullanmışlardır. Galaksi düzlemindeki soğuk moleküler gazın bir izi olan CO yayını her bir spiral kol boyunca $H\alpha$ ve [SII] λ 6716 emisyonunu izole etmek için bir rehber olarak kullanılmaktadır. Elektron yoğunluğunun karesin exponansiyel skala yükseklikleri (ya da emisyon ölçümleri) galaktik orta düzlemin üstünde (altında) Sagittarius koluna yakın bölgeler boyunca 330 ± 80 pc (550 ± 230 pc) ve Carina civarı boyunca 300 ± 100 pc (250 ± 30 pc) ve Carina kolunun çok uzak bölgelerinde >1000 pc olarak kullanmışlardır. Emisyon ölçüm skala yüksekliği $RG>8$ kpc için Sagittarius–Carina boyunca Galactocentric yarı çapın bir fonksiyonu olarak artma eğiliminde olduğu görölmüştür. İyonize gazın fiziksel durumlarını [SII]/ $H\alpha$ çizgi oranlarını kullanılarak analiz etmişlerdir. Elde ettikleri sonuçları daha sonraki çalışmalarda kullanılmak üzere galaktik düzlemdeki klasik HII bölgelerinden gelen saçılan ışığın zıttı olarak yorumlamışlardır.

Bu çalışmada, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG, Antalya, Türkiye) 150 cm RTT150 teleskopun odak noktasında bulunan DEFPOS spektrometresi kullanılarak Samanyolu gökadamızın Orion kolunda bulunan parlak Orion Bulutsusunun (NGC1976, M42, Sh2-281) yaklaşık 40'x40'lık merkezi bölgesinden seçilen 4 açı dakikalık seksen altı H α (6563Å) tayflar alınmış ve alınan tayfların veri indirgeme teknikleri, parlaklık kalibrasyonu yapılarak bazı fiziksel parametreleri elde edilmiş ve alınan sonuçlar hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Sh2-281 HII bölgesini çevreleyen gazın H α parlaklık değerleri, radyal hızları ve çizgi genişlikleri hakkında detaylı bilgi elde edilmiştir. Bu değerler sırasıyla 319.85 R ile 6009.08 R arası (ortalama 2006 ± 400 R), -14.91 km/s ile $+5,40$ km/s, (54.51 ± 3.80 km/s) ve 27.83 km/s ile 49.60 km/s (ortalama 41.09 ± 7.74 km/s) olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, H α değerlerinden hesaplanan ortalama emisyon ölçümü (EM), 4513.02 cm^{-6} pc olarak elde edilmiştir. Bulutsunun ortalama LSR hızı $-4,51$ km/s olarak bulunmuştur. DEFPOS verilerinin yoğunluk değerleri, IDL'de APER ve SKY kodlarını kullanarak VTSS, SHASSA ve SkyView'den elde edilen verilerle de karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda DEFPOS ile elde edilen sonuçların bu haritalardaki parlaklık değerleri yaklaşık olarak benzer olduğunu görülmüştür. Ayrıca, DEFPOS ile elde edilen LSR hız değerlerinin literatürden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılması yapılmış ve benzer değerler sahip olduğu görülmüştür (Şahan, ve Yeğingil 2017).

Şahan, vd. (2018) Galaksimizdeki iyonize olmuş hidrojen kaynakları olan Sh2-108, Sh2-119, Sh2-136, Sh2-206, Sh2-228, IC5146, IC444, NGC6572, NGC6960 ve NGC7380 HII bölgelerinden H α tayf sonuçlarını vermişlerdir. Yapılan analizlerden yapıların parlaklıkları, LSR'a göre hızları ve çizgi genişlikleri gibi bazı fiziksel durumları hakkında detaylı bilgi elde etmişlerdir. Yapıların LSR'a göre hızları ve parlaklıkları sırasıyla, Sh2-108 için 28.16 km/s ve 160.48 R, Sh2-119 için 14.40 km/s ve 214.22 R, Sh2-136 için -20.08 km/s ve 458.63 R, Sh2-206 için -2.82 km/s ve 173.29 R, Sh2-228 için 20.21 km/s ve 163.64 R, IC5146 için -7.87 km/s ve 103.56 R, IC444 için -11.50 km/s ve 318.47 R, NGC6572 için -13.94 km/s ve 114.51 R, NGC6960 için -5.68 km/s ve 70.40 R NGC7380 için -47.48 km/s ve 524.271 R olarak bulmuşlardır.

DEFPOS tayföçeri kullanılarak 24-27 Eylül 2015 tarihleri arasında galaksimizin kuzey yarım küresinden seçilen dört farklı HII bölgesinden (Sh2-190, Sh2-222, Sh2-229, Sh2-236) alınan hidrojen alfa tayflarının parlaklık, hız ve yarı genişlik değerleri verilmiştir. Gözlemlerde 900 s ile 3600 s aralığında pozlar kullanılmıştır. Yapılan analizler sonucunda tayfların LSR'a göre hız değişimleri -45.46 km/s ile $+3.57$ km/s aralığında, yarı genişliklerinin 38.505 km/s ile 44.100 km/s olarak belirlenmiştir. Parlaklıkları sırasıyla 268.12 R, 240.607 R, 211.168 R, 535.758 R olarak bulunmuştur. Parlaklıklar incelendiğinde ölçülen kaynaklardan Sh2-229 HII kaynağı en sönük (211.16 R) ve Sh2-236 (IC410) kaynağının ise en parlak (535.75 R) olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar literatür ile kıyaslanmış ve sonuçların benzer olduğu görülmüştür (Şahan, 2018).

DEFPOS tayföçeri kullanılarak 25-27 Aralık 2015 ve 6-7 Haziran 2017 tarihleri arasında Galaksimizin kuzey yarım küresindeki 8 farklı HII bölgesinden (Sh2-25, Sh2-131, Sh2-237, IC 434, IC 1318, NGC 1982, NGC 6543 ve NGC 6611) alınan H α çizgi profilleri alınmıştır. Gözlemlerde 900 ile 3600 s aralığında pozlar kullanılmıştır. Elde edilen tayfların analizleri yapılmış ve kaynakların LSR hızları, parlaklıkları ve yarı genişlikleri belirlenerek kaynakların fiziksel büyüklükleri hakkında önemli ip uçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan LSR hızları -50.31 km/s ile 27.57 km/s aralığında ve FWHM genişlikleri 34.88 km/s ile 44.54 km/s (ortalama FWHM: 37.19 km/s) aralığında ölçülmüştür. NGC 6543'nin (Kedi Gözü Bulutsusu) parlaklığı en düşük (75.06 R) ölçülürken NGC 1982 HII bölgesinin parlaklığı da en yüksek (38477.3 R) olarak ölçülmüştür. Literatürde daha geniş açılara sahip olan H α haritalarındaki parlaklık değerleri ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür (Şahan, 2018).

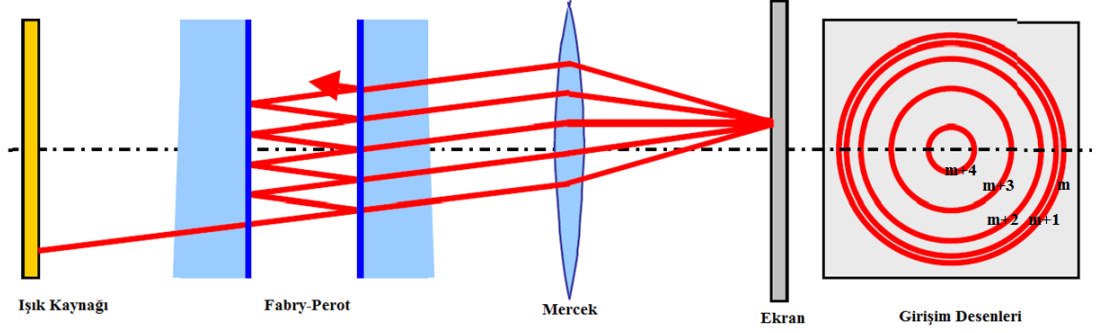
3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1. Malzeme

3.1. 1. Fabry–Perot Girişim Ölçerleri ve Özellikleri

Fabry–Perot tayföçerleri, kaynağı geniş görüş açılarda inceleyebildiklerinden yıldızlararası ortamdaki HII bölgelerinden, yayılı durumdaki iyonize olmuş emisyon kaynaklarından, gezenimsi bulutsulardan, sönük yayılmış kaynaklardan gelen H α ışınım çizgilerinin ölçülmesinde oldukça kullanışlı aletlerdir. Fabry-Perot girişim aygıtları ilk kez 1897 yılında Charles Fabry ve Alfred Perot tarafından icat edilmiştir. Fabry-Perot girişim aygıtlarının diğer Kırınım ağı gibi tayföçerlere göre avantajları belirli bir tayfsal ayırma gücünde yaklaşık 200 kat daha fazla verime sahiptirler. Bu tayföçeri, kırınım ağı ile karşılaştırıldığında dolayı, sönük, yayılmış kaynakların tayfsal analiz çalışmaları için oldukça uygundur (Reynolds, vd., 1973, 1974; Roesler 1974). İlerleyen yıllarda Fabry-Perotlarla birlikte kullanılan fotokatlandırıcılar yerine düşük gürültülü, yüksek kuantum verimliliğine sahip CCD kameraların gelişmesiyle Fabry-Perot tayföçerlerinin önemi dahada artarak sönük kaynakların tayfsal çalışmalarının daha hızlı ve hassas çalışılmasına olanak sağlamıştır (Reynolds, vd., 1990; Coackly, vd., 1996; Haffner, vd., 1999, 2003).

Michelson veya Mach-Zehnder girişim ölçeri gibi daha geleneksel tiplerin aksine Fabry-Perot etalonları birer yüzeyi dielektrik madde ile kaplı yarı geçirgen iki optik cam plakadan oluşmaktadır. Fabry-Perot etalonları tek renkli ışık kaynağı ile aydınlatıldığında ışığın bir kısmı Şekil 3.1’de görüldüğü gibi etalonun iç kısmında yansımaya (R: Reflectance) uğrarken diğer kısmı etalonu terk ederek ikinci yüzeye geçer (T: Transmittance). Geçen ışınlar bir mercek aracılığıyla bir ekran üzerine odaklandığında iç içe geçmiş aynı merkezli farklı yarı çaplı girişim saçaklarını oluştururlar (Roesler 1974; Tufte 1997; Şahan, 2004). Etalon yüzeylerinin yansıtıcılığı (R) etalonlar için oldukça önemlidir. İdeal durumda yansıtıcılığın %100 olması beklenir. Fakat bunu yapmak mümkün olmadığından yansıtıcılık maksimum %98’lere kadar yapılabilmektedir.



Şekil 3.1:(renkli) Fabry-Perot etalon sistemi ile oluşan girişim desenleri

Etalonlardan geçen ardışık ışınımın arasında meydana gelen optik yol farkı

$$\Delta L = 2nl \cos \theta \quad (3.1)$$

Burada “ n ” ve “ l ” sırasıyla etalonlar arasındaki gazın kırılma indisi ve etalonlar arasına yerleştirilen ve “spacer” olarak adlandırılan ayırıcıların kalınlığını temsil etmektedir, θ açısı etalonlara gelen ışınım demetinin gelme açısı, λ gelen ışınım demetinin dalga boyudur (Tuftu 1997; Mierkiewicz 2002; Şahan, 2004; Mierkiewicz, vd., 2006).

Etalonları terk eden iki komşu ışın arasındaki optik yol farkından dolayı oluşan faz farkı ise

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{2\pi}{\lambda} \Delta L \\ \frac{\phi}{2} &= \frac{2\pi}{\lambda} nl \cos \theta = m\pi \end{aligned} \quad (3.2)$$

ile verilir. Burada $m=1,2,3,\dots$ Şekil 3.1’de görüldüğü gibi ekran üzerinde meydana gelen girişim saçaklarının kaçınıcı mertebeden olduğunu gösteren mertebeye sayılarıdır (order number). Şekil 3.1’de görüldüğü gibi oluşan girişim saçaklarının mertebeye sayıları en dıştaki halkadan merkeze doğru artmaktadır. Eşitlik 3.1 ve Eşitlik 3.2’den görüleceği gibi etalonlar arasında oluşan iki ışınım arasındaki optik yol farkı ve dolayısıyla optik faz farkı, etalonlar arasındaki gazın “ n ” kırılma indisine, ayırıcıların “ l ” kalınlığına ve ışığın “ θ ” gelme açısına bağlıdır. “ θ ” ışığın optik eksene göre etalonlar üzerine gelme açısıdır ve sürekli olarak sabittir. Etalonlar

arasına yerleştirilen ayırıcıların “ l ” kalınlığını amaca yönelik ilk başta seçildiğinden dolayı sabittir. DEFPOS için başlangıçta ayırıcıların kalınlığı ($l=100 \times 10^{-4}$ cm) ve ($l=198 \times 10^{-4}$ cm) olarak seçilmiştir. Böylece Eşitlik 3.2’den de görüleceği gibi “ θ ” ve “ l ” değerleri sabit tutulduğu için oluşan girişim desenlerinin merkezleri etalonlar arasındaki gazın “ n ” kırılma indisine bağlıdır. λ gelen ışınının dalga boyudur ($\sigma=1/\lambda$ cm⁻¹). Tayföçerde kullanılan çift etalon sisteminden geçen girişim desenlerinin üst üste çakıştırılması ve tayföçerin “tune” edilme işleminin yaparken ve daha sonradan galaktik gözlemler yapılırken ölçülecek olan galaktik kaynağın hızına göre etalonlar arasında kullanılan gaz basıncı ve dolayısıyla gazın kırılma indisi değiştirilerek tayfin merkezi istenilen ölçüde değiştirilebilmektedir.

DEFPOS tayföçerinde kullanılan basınç kontrol sistemi ile etalonlar arasındaki kullanılan azot gazı (N₂) gazın basıncı 0.3 atmosfer ile 1.6 atmosfer arasında değiştirilerek H α çizgisinin tayfi taranmaktadır. Böylece, gaz basıncı değiştirilerek, Eşitlik 3.3’e göre etalonlardan geçen pikleri istenilen dalga boyuna ($\sigma=1/\lambda$ cm⁻¹) göre ayarlanabilmektedir. Etalonların bulunduğu odalardaki gazın basıncını arttıkça Fabry-Perot halka deseninin yarıçapı optik eksenin dışına doğru genişlemekte ve dolayısıyla halka desenin Δr kalınlığı azalmakta, fakat alan aynı kalmaktadır. Bundan dolayı, etalonlar arasındaki gazın basınç değişimi ile dalga sayısı ve hız değişimleri arasında

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta v}{c} = \varepsilon \frac{\Delta P}{P} \quad (3.3)$$

bağıntısı vardır. Burada, P , 760 mmHg’de (1 atm=1013.25 mbar) atmosfer basıncıdır. ΔP ise etalonlar arasındaki gazın basınç değişimidir. $\varepsilon = n-1$, burada “ n ” etalonlar arasında kullanılan azot (N₂) gazının gazın kırılma indisidir ve değeri 1.00027786’dir. $c=299792,5$ kms⁻¹ değerindeki ışık hızıdır. $\sigma=15236.93$ cm⁻¹ boşlukta $\lambda=6563$ Å ‘daki H α çizgisinin dalga sayısıdır. $\Delta\sigma$ ise ΔP basıncındaki H α çizgisinin dalga sayısı değişimidir (Nassol, 1994; Şahan, 2004).

Fabry-Perot etalonlarında geçen girişim saçaklarının şiddeti

$$\frac{I_t}{I_i} = \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2\left(\frac{\phi}{2}\right)} \quad (3.4)$$

ile hesaplanır. Burada “ ϕ ” açısı ise Eşitlik (3.2) ile verilen iki ardışık ışınım arasındaki faz farkıdır. I_i ve I_t sırasıyla etalon üzerine gelen ışınımın şiddeti ve etalonların geçirgenlik sabitidir. Bu geçiş fonksiyonları Airy fonksiyonları olarak adlandırılır ve $\phi = 2\pi m$ ($m = 0,1,2,\dots$) değerleri için maksimum olmaktadır. “R” etalonların yarı geçirgen yüzeylerinin yansıtıcılığıdır. Etalonların yüzeylerinin yansıtıcılığı yaklaşık $\geq 90\%$ ve sabit olduğundan Airy fonksiyonları sadece “ ϕ ” açısına ve dolayısıyla Eşitlik 3.2’de verildiği gibi etalonlar arasındaki gazın kırılma indisine bağlı olarak değişmektedir. Aynı zamanda Airy fonksiyonları periyodik fonksiyonlardır (Tuft 1997; Mierkiewicz 2002; Şahan, 2004; Mierkiewicz, vd., 2006).

Eşitlik 3.4’de paydadaki $4R/(1-R)^2$ ifadesi etalon yüzeylerinin yansıtıcılığı için bir kalite faktörü (Q_R) tanımlanabilir.

$$Q_R = \frac{4R}{(1-R)^2} \quad (3.5)$$

Bu durumda Eşitlik 3.4 yeniden düzenlendiğinde, geçen ışınımın şiddeti

$$I_t = I_i \frac{1}{1 + Q_R \sin^2\left(\frac{\phi}{2}\right)} \quad (3.6)$$

Etalonlardan geçen ışınımın I_t şiddeti ile etalonların yüzeyinden yansıyan ışınımın I_r eşiddetinin toplamı etalonlar üzerine gelen toplam ışınımın I_i şiddetine eşittir.

$$I_i = I_t + I_r \quad (3.7)$$

Böylece, Eşitlik 3.6’ya benzer şekilde etalonlardan yansıyan ışınımın şiddeti için

$$I_r = I_i - I_t = I_i \left(1 - \frac{1}{1 + Q_R \sin^2 \left(\frac{\phi}{2} \right)} \right) = I_i \frac{Q_R \sin^2 \left(\frac{\phi}{2} \right)}{1 + Q_R \sin^2 \left(\frac{\phi}{2} \right)} \quad (3.8)$$

Fabry-Perot etalonları tek renkli homojen bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığında Şekil 3.1'de görüldüğü gibi iç içe geçmiş aynı merkezli girişim desenleri oluşmaktadır. Oluşan ardışık girişim desenleri arasındaki genişlik etalonlar arasına yerleştirilen ve spacer olarak adlandırılan ayırıcının kalınlığına bağlıdır. DEFPOS tayf ölçerinde çift etalon sistemi kullanılmaktadır. Düşük çözünürlüklü (LR) etalon olarak adlandırılan etalonlar arasında $100 \mu m$ kalınlığında üç tane ayırıcı kullanılırken yüksek çözünürlüklü (HR) etalon olarak adlandırılan etalonlar arasında ise $200 \mu m$ kalınlığında üç tane ayırıcı kullanılmaktadır.

Şekil 3.2a düşük çözünürlüklü etalonda oluşan girişim desenlerini, Şekil 3.2b yüksek çözünürlüklü etalonlarda oluşan girişim desenlerini temsil etmektedir. Şekil 3.2a ve Şekil 3.2b'den de görüldüğü gibi girişim saçakları genişliği ayırıcıların kalınlığına göre değişmektedir. Düşük çözünürlüklü etalonda oluşan girişim desenine daha kalın iken yüksek çözünürlüklü etalonda oluşan girişim deseni daha dardır. Bu nedenle, etalonlar arasındaki ayırıcıların kalınlığı arttıkça girişim desenlerinin Δr kalınlığı azalmakta ve desenler daha da belirgin olmaktadır. Düşük çözünürlüklü etalonla yüksek çözünürlüklü etalon üst üste yerleştirildiğinde ve basınç kontrol sistemi kullanılarak her iki etalonda oluşan girişim desenlerinden bir çakıştırıldığında daha belirgin bir girişim deseni oluşmaktadır. Şekil 3.2c'de düşük çözünürlüklü ve yüksek çözünürlüklü etalon birlikte kullanıldığında her iki etalonda aynı girişim desenlerinin çakışması sonucu oluşan girişim deseni görülmektedir (Tuft 1997; Mierkiewicz 2002; Şahan, 2004).

Şekil 3.2'de verilen her üç girişim desenleri iki boyutlu tayflara dönüştürüldüğünde Şekil 3.3'de verilen birbirinin aynı simetrik pikler elde edilmektedir. Şekil 3.3a'da verilen tayf Şekil 3.2a'da verilen girişim deseninin iki boyutlu tayfa dönüştürülmüş durumunu temsil etmektedir. Şekil 3.3a'dan görüleceği gibi oluşan komşu pikler arasındaki mesafe daha fazla ve piklerin yarı genişlikleri (FWHM) daha geniştir.

Şekil 3.3b’de verilen tayf Şekil 3.2b’de verilen girişim deseninin iki boyutlu tayfa dönüştürülmüş durumunu temsil etmektedir. Şekil 3.2c’deki girişim deseninin iki boyutlu tayfa dönüştürülmesi sonucu oluşan tayf Şekil 3.3c’de verilmiştir. Şekil 3.3a ve Şekil 3.3b’de oluşan ve birbirleriyle çakışan (oklarla gösterilmekte) piklerden bir tanesi Şekil 3.3c’de verilmiştir. Şekil 3.3a ve Şekil 3.3b’de oluşan ve birbiriyle çakışmayan pikler ise Şekil 3.3c’de görüldüğü gibi hemen hemen sıfır düzeyine yakın olacak şekilde birbirlerini söndürmektedirler. İki etalon birlikte kullanıldığında serbest tayf genişliği artar ve parazitli çizgiler yok olur. Şekil 3.3d Şekil 3.3c ile aynı fakat pikler logaritmik olarak çizilmiştir.

DEFPOS tayf ölçeri ile hidrojen lambası kullanılarak laboratuvar ortamında a) Düşük çözünürlüklü ($l=100 \mu\text{m}$) etalon, b) Yüksek çözünürlüklü ($l=200 \mu\text{m}$) etalon ve c) her ikisinin birlikte kullanılması sonucu oluşan girişim desenlerinin CCD görüntüleri sırasıyla Şekil 3.4’de verilmiştir. Şekil 3.3’e verilen girişim desenlerine benzer şekilde düşük çözünürlüklü etalonda oluşan girişim desenlerinin Δr kalınlığı yüksek çözünürlüklü etalonda oluşan girişim deseninkine göre daha kalındır. Şekil 3.3c’de verilen CCD görüntüsü Şekil 3.3a ve Şekil 3.3b’deki CCD görüntülerinin çakışması sonucu elde edilmiştir. Şekil 3.3c’de etalonlardan ikinci yüzeye geçen ışığın şiddetinin gelen ışığın şiddetine oranının (I_t/I_0) yaklaşık 1 olması çakışmanın maksimum olduğunu görülmektedir (Tufte 1997; Mierkiewicz 2002; Şahan, 2004).



(a)

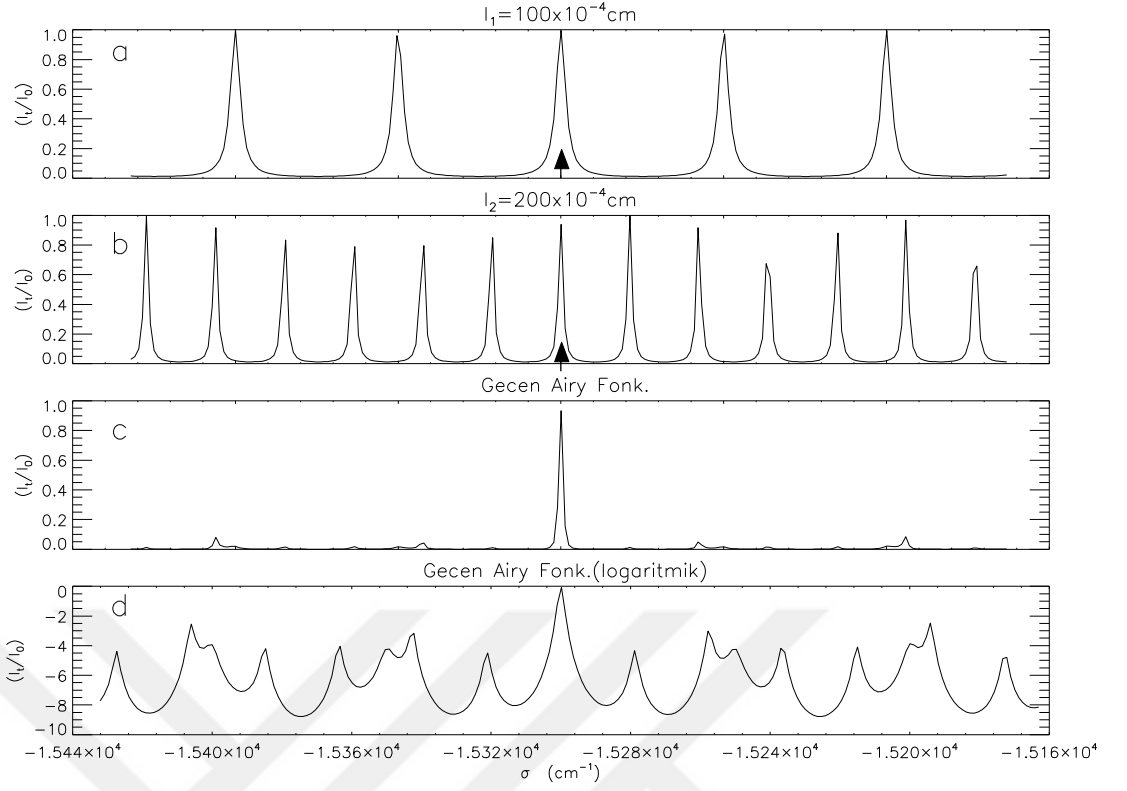


(b)

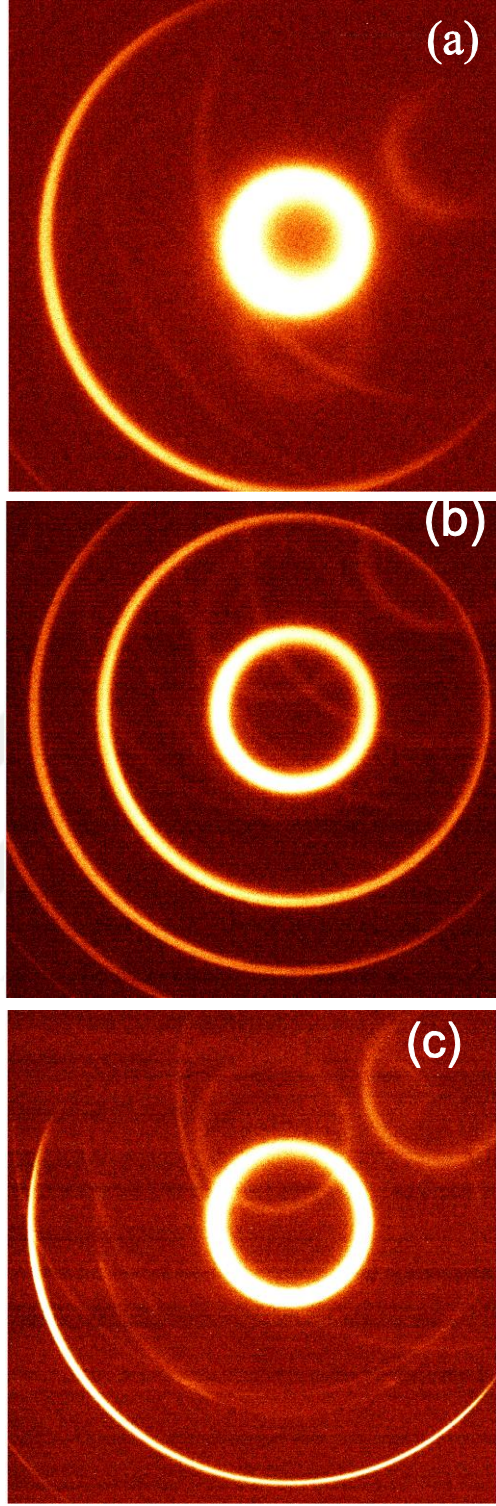


(c)

Şekil 3.2: Tek renkli homojen bir ışık kaynağı ile aydınlatılan Fabry-Perot etalonlarından oluşan iç içe geçmiş aynı merkezli girişim desenleri. a) Düşük çözünürlüklü ($l=100 \times 10^{-4} \text{ cm}$) ve b) yüksek çözünürlüklü ($l=200 \times 10^{-4} \text{ cm}$) etalonlarda oluşan girişim desenleri, c) her iki etalondan geçerek oluşan girişim.



Şekil 3.3. DEFPOS etalonlarının teorik geçiş fonksiyonları: a) Düşük çözünürlüklü etalon ($l=100 \times 10^{-4}$ cm), b) Yüksek çözünürlüklü etalon ($l=200 \times 10^{-4}$ cm), c) her iki etalonun geçiş fonksiyonu, d) c) ile aynı, fakat logaritmik skalada.



Şekil 3.4: (renkli) DEFPOS Tayföçeri kullanılarak a) Düşük çözünürlüklü ($l=100 \mu\text{m}$) etalon, b) Yüksek çözünürlüklü ($l=200 \mu\text{m}$) etalon ve c) her ikisinin birlikte kullanılması sonucu oluşan girişim desenlerinin CCD görüntüleri

Eşitlik 3.2’de verilen ifadeye göre Fabry-perot etalonlar arasındaki kullanılan gazın “n” kırılma indisi yaklaşık 1 alındığında ve etalonlar üzerine gelen ışığın “ θ ” gelme açısı da yaklaşık “0” alındığında ve etalonlar arasında oluşan girişim desenlerinin dalga boyları da dalga sayısı ($\sigma=1/\lambda \text{ cm}^{-1}$) cinsinden yazıldığında komşu iki pik arasında oluşan girişim desenlerinin serbest tayf genişliği sadece etalonlar arasında kullanılan “l” ayırıcı kalınlığına göre değişir. Bu durumda serbest tayf genişliği

$$Q_{\sigma} = \frac{1}{2l} \quad (3.9)$$

ile verilir. Eşitlik 3.9’a göre etalonlar arasında kullanılan ayırıcıların kalınlığı “l” arttıkça oluşan komşu pikler birbirine yaklaşmaktadır (Şekil 3.2 a,b , Şekil 3.3 a,b ve Şekil 3.4 a,b). Ek olarak, Şekil 3.3a ve Şekil 3.3b’de verilen komşu iki pikler arasındaki serbest tayf genişliği 2π olarak da ($Q_{\phi}=2\pi$) ifade edilebilmektedir. Şekil 3.3a ve Şekil 3.3b’de verilen komşu piklerin yarı genişliği Eşitlik 3.4’de verilen Airy fonksiyonunda $I_t/I_0 = 1/2$ alınarak ve küçük açılarda $\sin^2((\delta\phi)^2_{1/2}/2) \cong (\delta\phi)^2_{1/2}/2 \cong fwhm$ olarak alınırsa yarı maksimumdaki tam genişlik

$$fwhm = 2(1 - R)/\sqrt{R} \quad (3.10)$$

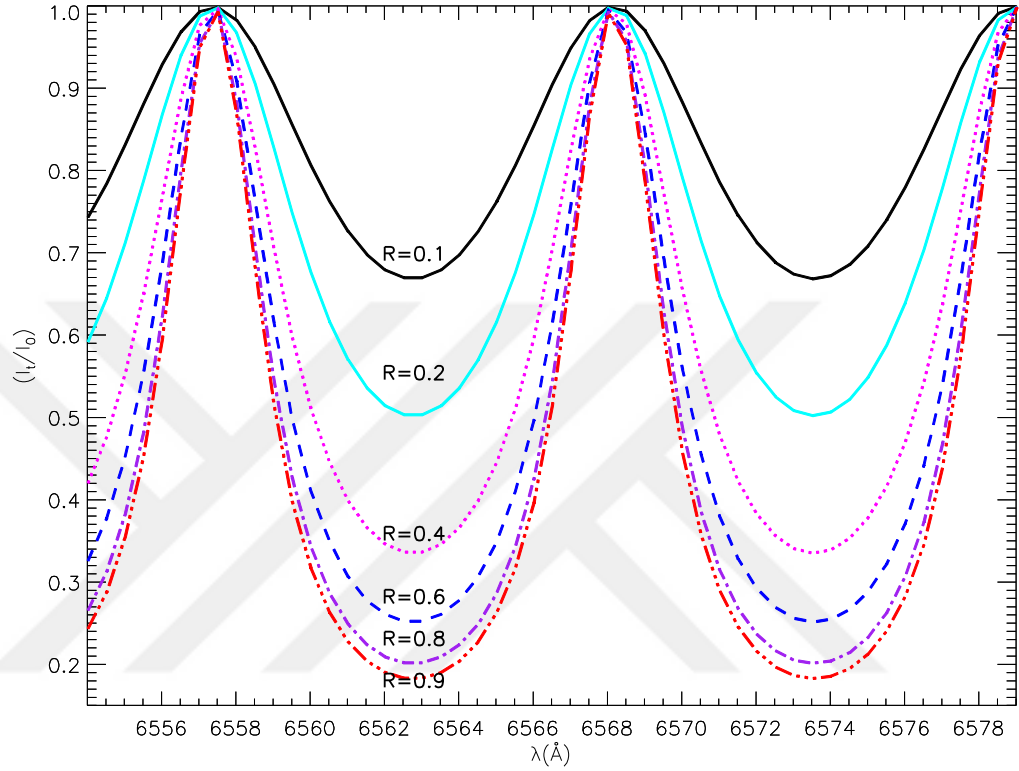
ile verilir. Eşitlik 3.5 ile verilen Q_R kalite faktörünün kare kökü bazen yansıma incelik sabiti (finesse) olarak adlandırılır ve

$$finesse = \pi\sqrt{R}/(1 - R) \quad (3.11)$$

ile verilmektedir. Eşitlik 3.10 ve Eşitlik 3.11’de görüldüğü gibi oluşan piklerin yarı genişliği ve finesse sabiti etalon yüzeylerinin R (reflectance: yansıtıcılık) yansıtıcılığına bağlıdır ve yüzde (%) olarak verilir. R yansıtıcılığı arttıkça piklerin yarı genişlikleri daralmakta ve keskin pikler oluşmaktadır.

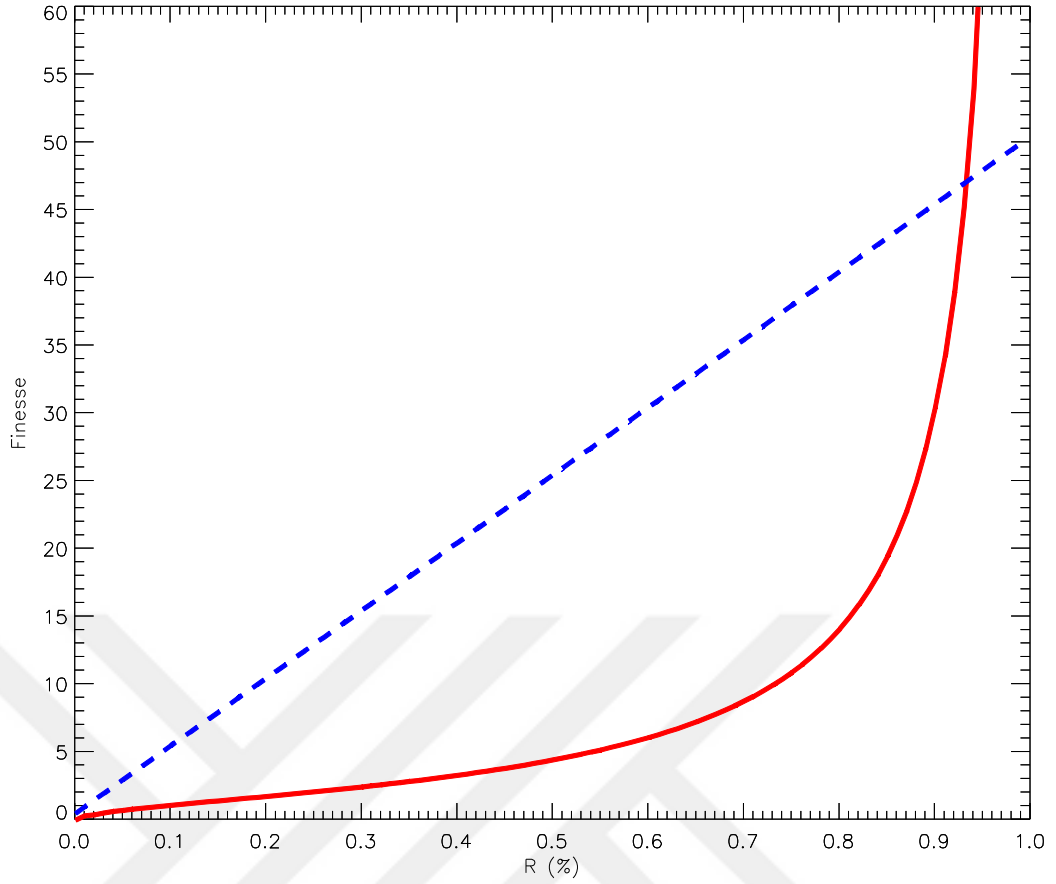
Eşitlik 3.11 kullanılarak Fabry-Perot etalon yüzeylerinin %10 ile %90 arasında değişen altı farklı R yansıtıcılığına göre değişik renklerde geçiş fonksiyonlarının pikleri elde edilmiş ve dalga boyunun bir fonksiyonu olarak grafiği Şekil 3.5’de

verilmiştir. Grafik hidrojen alfa dalgaboyu ($H\alpha$: $\lambda=6563\text{\AA}$) civarında çizilmiştir. R değeri arttıkça piklerin yarı genişlikleri daralmakta ve keskinlikleri daha da artmaktadır. DEFPOS'da kullanılan Fabry-Perot etalonlarının ayna yüzeylerinin yansıtıcılığı hidrojen alfa dalga boyunda yaklaşık olarak %92'dir.



Şekil 3.5. (renkli) Fabry-Perot etalon yüzeylerinin dalga boyunun bir fonksiyonu olarak %10 ile %90 arasında değişen R yansıtıcılığının göre I_t/I_i geçiş fonksiyonu.

Eşitlik 3.11 kullanılarak Fabry-Perot etalon yüzeylerinin yansıma incelik sabitinin (finesse) etalon yüzeylerinin yansıtıcılığına (R) göre değişimini grafiği Şekil 3.6'da verildiği gibi elde edilmiştir. Yüksek teknik hassasiyete sahip bir ayna kullanılsa bile yansıma inceliği 50'den fazla artırılmaz. Yansıma inceliği 50 olduğunda, $\lambda/100$ oranında düz bir yüzey gerektirir. Böylece finesse/yansıma inceliği sınırı Şekil 3.6'da mavi kesikli çizgi ile temsil edilmektedir. Bu nedenle en ideal yansıtıcı yüzeyler en ideal durumda %95 civarında olmalıdır.



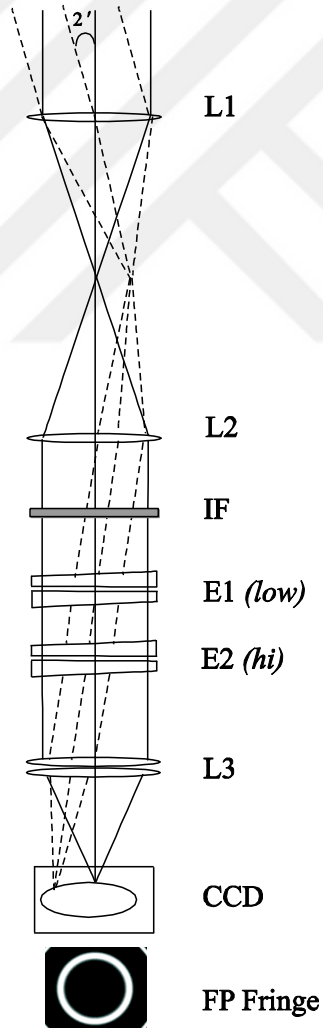
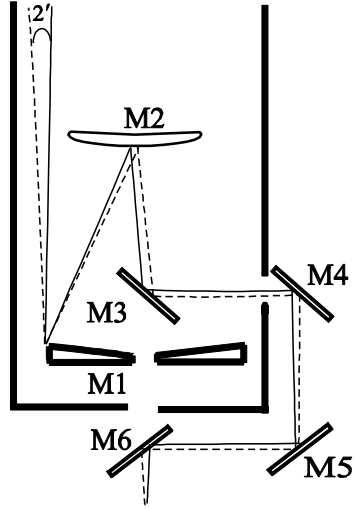
Şekil 3.6. (renkli) Fabry-Perot etalon yüzeyinin yansıtıcılığına (R) göre etalon yüzeylerinin yansıma incelik sabiti (finesse).

3.2. Yöntem

Bu tez çalışmasında, Gökadamızın yıldızlararası ortamdaki iyonize olmuş hidrojen bölgelerini, hidrojenin Balmer α (16563 Å) çizgisi kullanarak düşük açısız çözünürlükte detaylı olarak inceleyerek bölgelerin yapısı, sıcaklığı ve kinematiği hakkında detaylı bilgi edinmek amacıyla, 2007 yılında RTT150 teleskopunun coude çıkışına yerleştirilen 75 mm çaplı, çift etalonlu DEFPOS (Dual Etalon Fabry-Perot Optical Spectrometer) adı verilen Fabry-Perot tayföçer kullanılmıştır (Şahan, 2004; Şahan, vd. 2005, 2009, 2011, 2012, 2015; Şahan, ve Yeğingil 2017). Teleskopun coude odasına yerleştirilen DEFPOS tayföçer 4 açı dakikalık ($4' = \sim 0.064$) bir görüş alanı ile Samanyolu gökadamız ve diğerk gökadalardan H α çizgi ölçümlerini 200 km/s ölçecek şekilde tasarlanmıştır. Şekil 3.7'de RTT150 teleskopunun coude çıkışında kullanılan tayföçerlerin ölçeklendirilmemiş basit optik çizimi verilmiştir. Gökyüzünden 4' ile RTT150 teleskobuna gelen ışık aynalar (M1-M6) yardımıyla coude odasına yönlendirilmektedir. Teleskop coude çıkışında kullanıldığında coude

odak uzaklığı yaklaşık 7200 cm'dir ($f/48$) ve açısal görüş alanı $\sim 4'$ 'dir. Teleskobun coude çıkışına yerleştirilen DEFPOS tayföçeri görüş alanı $4'$ ile Samanyolu gökadamızdan $H\alpha$ çizgi ölçümleri yapacak şekilde tasarlanmıştır (Şahan, vd. 2009, 2011, 2012, 2015; Şahan, ve Yeğingil 2017). Teleskoptan gelen ışık bir adet ayna yardımıyla tayföçere yönlendirilmekte ve gelen ışığı etalonlar arasına odaklamak için bir adet mercek ($d \geq 10$ cm L1: $f/22$) kullanılmaktadır. Parazit ışıkları engellemek için dar bantlı ($15 \text{ \AA} @ H\alpha$) girişim filtresi kullanılmaktadır. 7.5 cm çaplı çift etalon (E1 ve E2) sisteminden geçerek oluşan girişim desenlerini (Bknz Şekil 3.4) CCD üzerine odaklamak amacıyla odaklama merceği ($d: 10$ cm L3: $f/17$) kullanılmaktadır. CCD üzerinde oluşan girişim deseninin yaklaşık 1.0 cm^2 'lik alanı kaplamaktadır. Sonuç olarak, Samanyolu gökadamızın herhangi bir bölgesinden $4'$ dakika görüş alanıyla alınan ve CCD üzerine halka deseni olarak odaklanan ışık ile 200 km/s hız aralığındaki bütün tayflar taranabilmektedir (Şahan, vd. 2009, 2011, 2012, 2015; Şahan, ve Yeğingil 2017).

DEFPOS tayföçere ile kullanılan CCD kamerası Andor iKon-L serisi olup 2048×2048 tane pikselden oluşmakta ve her bir pikselin boyutu $13.5 \times 13.5 \text{ \mu m}$ 'dir. CCD kamerasının aktif alan kuyu derinliği 100000 e^- civarında olup, gürültü okuma kapasitesi $9e^-$ 'dir. Geri aydınlatmalı (back-illuminated:BI) ve termoelektrik soğutmalı (-60 C) olan CCD kamerası $H\alpha$ 'da yaklaşık %90'nın üzerinde kuantum verimliliğine sahiptir. Gözlemler yapılırken maksimum performans alınabilmesi için ANDOR iKon-L CCD kamerası vertical pixel shift speed olarak 38.55 durumunda ve readout değeri 50 kHz @ 16 bit ve Gainx4 katı kullanılmaktadır.



Şekil 3.7. DEFPOS tayföçerinin optik çizimi (Şahan, vd. 2009; Şahan, ve Yeğingil 2017).

DEFPOS ile alınan galaktik verilerin analizinde IDL (The Interactive Data Language) programında geliştirilen programlar kullanılmaktadır. Galaktik verilerin analizleri iki aşamadan oluşmaktadır. Başlangıçta alınan CCD görüntülerinin standart ön indirgemeleri yapılmaktadır. Ön indirme işlemlerinde ilk olarak yüksek enerjili kozmik ışın olarak adlandırılan ve standart sapmanın üç katından ($\geq 3\sigma$) daha yüksek değere sahip olan sıcak piksel görüntülerden temizlenmektedir. Kozmik ışınları temizlenmiş olan görüntülerden görüntüler için kullanılan poz süresi kadar sürede alınan ve “dark alan” dediğimiz kara akımların çıkartılması işlemi yapılmaktadır. Daha sonra, dark alan çıkartılmış görüntülerden hem alette optik eksen dışına doğru olan kararmalarda (vignetting) hem CCD’nin kuantum etkinliğinde piksel-piksel olan farklılıklardan vignettingleri azaltmak için “flat alan” dediğimiz düz-alan görüntülerine bölünerek galaktik görüntüler normalize edilmektedir. İkinci olarak, ön indirgemesi yapılan galaktik görüntüler, Coakley, vd. (1996) tarafından IDL yazılımında geliştirilen ve DEFPOS verileri için de kullanılan halka toplama tekniği programları kullanılarak iki boyutlu tayflara dönüştürülmektedir. Halka toplama tekniği CCD pikselleri üzerinde eşit alanlı halkaların eşit dalga boyu aralıklarına karşılık gelmesi prensibine dayanmaktadır (Coakley, vd. 1996; Şahan, 2004). Halka toplama prosedürü uygulanarak elde edilen iki boyutlu tayflar galaktik koordinatlarda ölçülen gazın dağılımı, kinematiki gibi bazı fiziksel bileşenleri hakkında detaylı olarak bilgi vermektedir. İki boyutlu bu çizgi tayflarının her biri 4 km/s’lik tayfsal çözünürlüklü 50 tane spektral elemente karşılık gelmektedir (Şahan, 2004, 2018; Şahan, vd., 2009, 2012, 2017).

DEFPOS verilerinin dalgaboyu kalibrasyonları için Hidrojen ($H\alpha$) ve Döteryum ($D\alpha$) çizgileri kullanılmıştır. $H\alpha$ ve $D\alpha$ çizgileri arasındaki dalgaboyu farkı yaklaşık olarak 82 km/s (1.78 Å) kadardır. DEFPOS’un dalga boyu kalibrasyonu 200 km/s’dir (Şahan, vd. 2009; Şahan, ve Yeğingil 2017). Galaktik tayfların enerji olarak parlaklık değerleri başlangıçta birimsizdir yani rastgel parlaklık değerindedir (ADU: Analog to Digital Unit). Keyfi olan bu iki boyuttaki tayfların parlaklık değerlerinin Rayleigh ($H\alpha$ ’ da: $1 R = 10^6/4\pi$ foton $\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{sr}^{-1} = 2.4 \times 10^{-7}$ erg $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}\text{sr}^{-1} = 2.25 \text{ cm}^{-6}\text{pc}$) birimine dönüştürülmesi için parlaklık kalibrasyonları yapılmaktadır. Parlaklık kalibrasyonları için yaklaşık olarak 40’ ‘lık bir açsal boyuta sahip olan NGC7000 bulutsusundan gözlem gecesinde alınan verilerin parlaklık değerleri kullanılmaktadır.

Morgenthaler, vd. (2001) 4 açđ dakikasđ görüş alanđ üzerinden NGC7000'nin merkezinden seçilen bir bölgenin ($\alpha_{2000}=20^h58^m47^s$, $\delta_{2000}=+44^\circ 35' 43''$) yüzey parlaklığını 900 R olarak belirlemişlerdir. Bu parlaklık değeri kullanılarak DEFPOS ile elde edilen H α tayflarının parlaklık ayarlamasđ yapılmaktadır.

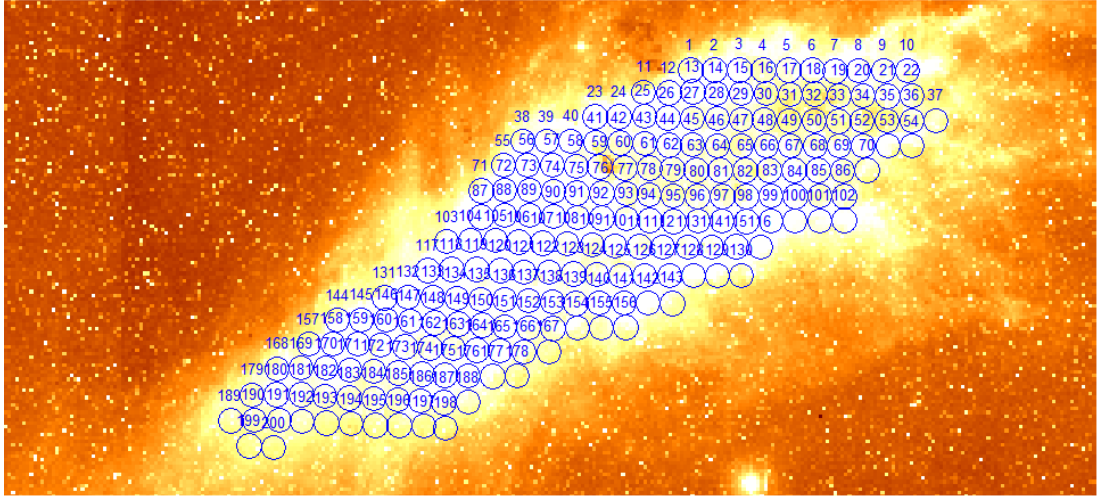


4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevinde (TUG: Antalya/Bakırlitepe) bulunan 150 cm çaplı RTT150 teleskop ve teleskobun coude odasına yerleştirilen DEFPOS tayfölçeri kullanılmıştır. 7.5 cm çaplı iki tane Fabry–Perot etalona sahip olan DEFPOS (Dual Etalon Fabry–Perot Optical Spectrometer) tayfölçeri RTT150 ile kullanıldığında 4 açı dakikası açısal çözünürlüğe sahiptir. Tayfölçer 30 km/s tayfsal çözünürlük ile Samanyolu Gökadamızın yıldızlararası ortamındaki O tipi yıldızları çevreleyen klasik HII bölgelerinde, sönük ve yayılı durumdaki iyonize olmuş (WIM) kaynaklarından, 4 açı dakikasından daha geniş durumdaki gezegenimsi bulutsulardan, süpernova kalıntılarından ve NGC1499 gibi yayılı durumdaki emisyon bulutlarından gelen hidrojen alfa ışınım çizgilerini 200 km/s (4.4\AA) aralığında ölçmektedir. Gözlemlerde DEFPOS ile birlikte her bir pixel genişliği $13.5 \times 13.5 \mu\text{m}$ olan 2048×2048 pixel boyutlu (toplam alan $27.6 \times 27.6 \text{ mm}$) ve $H\alpha$ 'da yaklaşık %92 kuantum verimliliğine sahip olan ANDOR iKon-L Serisi olan CCD kamerası kullanılmıştır.

Bu çalışmada, Kaliforniya bulutsudan (NGC 1499, Sh2-220, LBN756) seçilmiş 4 açı dakikalık $H\alpha$ (6563\AA) gözlemleri yapılması amaçlanmıştır. Samanyolu Gökadamızın Perseus (Kahraman) takım yıldızında bulunan Kalifornia bulutsusu ($\alpha=04^{\text{sa}}03^{\text{dk}}18.0^{\text{s}}$, $\delta=+36^{\circ}25'18.0''$; J2000), yaklaşık 300pc uzaklıkta bulunan yayılı durumdaki oldukça geniş ($145' \times 40'$) bir yapıya sahip olan emisyon (HII bölgesi) bölgesidir (Bakınız Bölüm 1 Şekil 1). Bölüm 1.1'de belirtildiği gibi Şekil 1.1'de kırmızı olarak görülen HII bölgesi, yakınındaki en parlak O tipi, sıcak Xi Persei (ξ Per) tarafından yayılan ışınımdan dolayı parlamaktadır (Bohnenstengel ve Wendker 1976; Shinohara ve Ishida 1976; Şahan, vd. 2012).

NGC 1499 bulutsusundan yüzey parlaklığını, LSR'a göre hızını belirlemek için Şekil 4.1'de gösterildiği gibi SkyView survey'den alınmış FITS formatındaki CCD görüntüsü üzerinde yaklaşık 200 tane mavi halka belirlenmiştir. Her bir bölge DEFPOS'un 4 açı dakikalık görüş alanını temsil etmektedir.

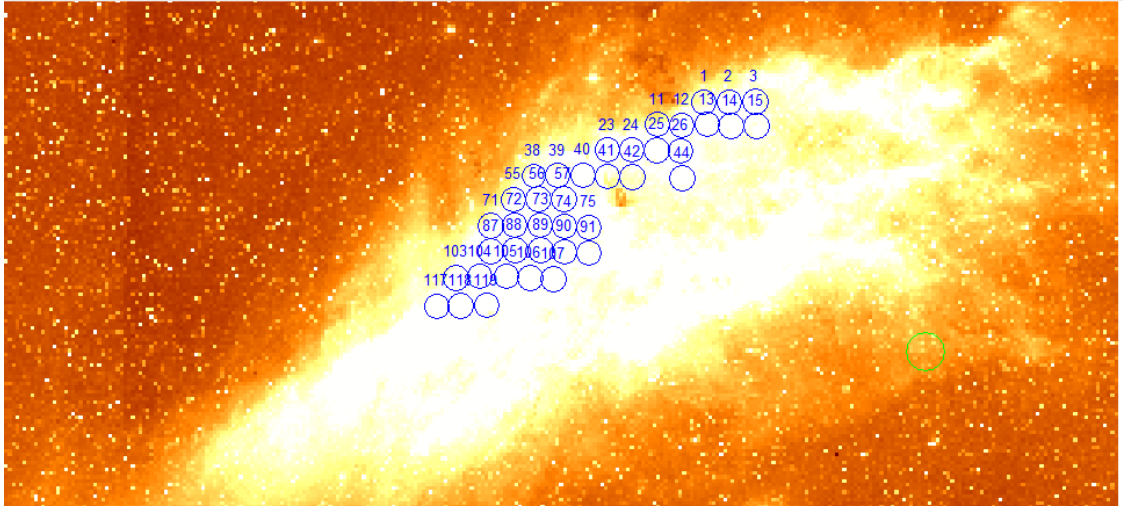


Şekil 4.1. (renkli) NGC1499 HII bölgesinin SkyView survey'den alınmış FITS formatındaki CCD görüntüsü. Yaklaşık 200 tane mavi halka DEFPOS'un 2 açılı dakikalık görüş alanını gösteren halkalar.

Bu gözlem projesinde tezin tamamlanabilmesi için verilen dört gecelik gözlem zamanının tamamında hava şartlarından dolayı gözlem yapılamamış ve tekrar TUG'a projenin uzatılması için ayrı bir proje verilmiştir. Böylece "17BRTT150-1214" no'lu proje tekrar Kasım 2018'de yapılmak üzere kabul edilmiş ve 3 gecelik gözlem zamanı tahsis edilmiştir.

Yaklaşık 200 tane tayftan oluşan yüzey parlaklık çalışması için TÜBİTAK Ulusal Gözlemevine (TUG'a) 2017 yılında "Kaliforniya Bulutsusunun (NGC 1499, Sh2-220) tayfsal gözlemleri ve bazı fiziksel parametrelerinin belirlenmesi" başlıklı bir gözlem projesi verilmiştir. Sunulan bu proje "17BRTT150-1214" proje numarası ile kabul edilmiş ve 1-4 Kasım 2017 tarihleri arasında toplam 4 gece gözlem zamanı tahsis edilmiştir. Hava şartlarından dolayı yeterli veri alınamamıştır. Yeterli sinyal/gürültü oranını elde etmek için gözlemlerde 600 s ile 2400 s arasında değişen yeterince uzun poz sürelerinde 36 adet tayflar alınmıştır. NGC1499 HII bölgesinden alınan tayflar Şekil 4.2'de verilen FITS formatındaki VTSS (The Virginia Tech Spectral-Line Survey)¹ H α görüntüsü üzerinde mavi halkalarla temsil edilmiştir. mavi halkalar alınan tayfları temsil etmektedir.

¹http://www1.phys.vt.edu/~halph/fields/Per07/Per07_Ha.html



Şekil 4.2. (renkli) 145'x40' genişliğindeki NGC1499 HII bölgesinin VTSS'den (The Virginia Tech Spectral-Line Survey) alınmış FITS (Per07_Ha.fits) formatındaki H α görüntüsü². Mavi halkalar alınan tayfların merkezlerini temsil etmektedir.

Yıldızlararası ortamdan alınan verilerin tayföçerler ile Şekil 4.3'deki koordinatlardan alınan CCD görüntüleri halka toplama tekniği kullanılarak ADU (Arbitray Digital Unit) biriminde bir boyutlu tayflara dönüştürülmüştür. Daha sonra ADU biriminde elde edilen tayfların parlaklık değerleri tayf analiz yöntemleri kullanılarak parlaklık kalibrasyonu yapılmış ve rayleigh (R) birimine dönüştürülmüştür. Çizelge 4.2'de ölçülen kaynaklar hakkında bazı ön bilgiler verilmiştir. Birinci sütunda klasik olarak DEFPOS gözlemlerinde kullanılan sıra numarasına göre kaynağın Gözlem Adı verilmiştir. Örneğin 1 Kasım 2017 tarihinde gözlenen 11. sıradaki kaynağın adı "20171101_11" olarak adlandırılmıştır. İkinci sütunda Şekil 4.3'deki harita üzerinde işaretlenen kaynağın hangi koordinatlarından tayf alınmış ise o kaynağın kaynak numarası verilmiştir. Örneğin "20171101_11" isimli kaynağın gözlem numarası "23" 'dir. Üçüncü ve dördüncü sütunlarda sırasıyla kaynakların epoch 2000'e göre sağ açıklık (α_{2000} ; sa,dk,sn) ve deklinasyon (δ_{2000} ; °, ', ") cinsinden ekvatorial koordinatları verilmiştir. Beşinci sütunda her bir bölge için verilen poz süresi, altıncı sütunda gözlemin yapıldığı yerel zamana göre kaynağın LSR hızları verilmiştir. Çizelge 2'de görüldüğü gibi tayföçerlerin çözünürlüğü düşük olduğundan gözlemlerde 600 s ile 2400 s aralığında değişen poz süreleri

²http://www1.phys.vt.edu/~halphaf/fields/Per07/Per07_Ha.html

kullanılmıştır. Gözlenen kaynakların LSR hızları IDL’de geliştirdiğimiz program ile belirlenmektedir. Aynı zamanda IDL programı literatürdeki LSR bulma programları ile test edilmiş ve literatür ile karşılaştırılması yapılmıştır. Böylece kaynağın gözlem tarihindeki LSR hızı yaklaşık olarak -6.43 km/s olarak belirlenmiştir. Yedinci ve sekizinci sütunlarda sırasıyla düşük çözünürlüklü (100 μm) ve yüksek çözünürlüklü (200 μm) Fabry-Perot etalonlarının bulunduğu basınç odalarındaki (Basınç A ve B) gaz basınçlarının bar cinsinden değerleri verilmiştir. Tayf alınırken basınç odalarındaki gaz basınçları 1.00 ve 1.05 bar’a ayarlanmıştır. Dokuzuncu sütunda ise gözlemin yapıldığı yerel saat (*sa:dk*) verilmiştir.

Kaliforniya Bulutsusundan (NGC1499) DEFPOS ile alınan $H\alpha$ tayfları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge beş sütun halinde birinci sütun kaynak numarası, ikinci sütunda çizgi genişlikleri (FWHM), üçüncü sütunda VLSR hızları, dördüncüde $H\alpha$ yoğunlukları ve beşinci sütunda da Emisyon ölçümünü (cm^{-6}pc) verir. EM değerleri $H\alpha$ ’da 8000 K sıcaklığına sahip ortama elektron yoğunluklu bir gaz için $2.75 \text{ cm}^{-6}\text{pc}$ ’lik salma ölçeği (EM) değerine karşılık gelmektedir. Yapılan analizlerde elde edilen LSR hızları, FWHM ve parlaklık değerleri için en küçük kareler yöntemi kullanılarak hata değerleri hesaplanmıştır. DEFPOS ile elde edilen $H\alpha$ çizgi profillerinin FWHM ve LSR’a göre hız değerlerinin bir kısmı literatürde verilen değerlerle karşılaştırılmıştır. Her bir salma ölçeği (EM) değerleri

$$EM = 2.75T_4^{0.9}I_{H\alpha} \text{ (cm}^{-6} \text{ pc)} \quad (4.1)$$

eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Burada $I_{H\alpha}$ rayleigh (R) biriminde ölçülen parlaklık değerleri (Çizelge 4.2’de beşinci sütun) verilmiştir. T ise elektron sıcaklığı 10^4 K’deki göstermektedir (Şahan, 2017). İyonize olmuş hidrojen bölgelerinin sıcaklığı 6000K ile 10000K arasında değiştiğinden yaklaşık olarak 8000K sıcaklığı referans alınmıştır (Haffner, vd., 2003; Şahan ve Haffner, 2016).

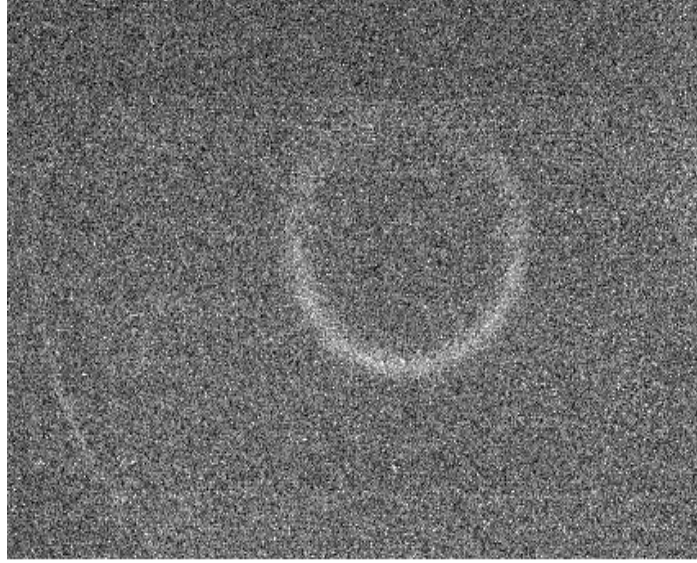
Çizelge 4.1. Galaktik kaynakları, özellikleri ve ölçüm esnasında kullanılan parametreler

Kaynak adı	Kaynak No.	α_{2000} (sa,dk,sn)	δ_{2000} (°, ', ")	Poz (sn)	V_{LSR} (km/s)	Bas. A (atm)	Bas.B (atm)	Y. Saat (sa,dk)
20171101_6	1	03:59:44.27	+36:55:36.94	2400	-6.431	1.00	1.05	21:48
20171101_3	2	03:59:24.03	+36:55:35.60	1800	-6.431	1.00	1.05	19:55
20171101_4	3	03:59:03.44	+36:55:39.83	2400	-6.431	1.00	1.05	20:26
20171101_10	11	04:00:22.10	+36:51:58.17	2400	-6.431	1.00	1.05	00:32
20171101_9	12	04:00:02.22	+36:51:53.20	2400	-6.431	1.00	1.05	23:51
20171101_8	13	03:59:42.03	+36:52:01.23	2400	-6.431	1.00	1.05	23:10
20171101_7	14	03:59:22.62	+36:51:46.70	2400	-6.431	1.00	1.05	22:30
20171101_5	15	03:59:02.08	+36:51:45.11	2400	-6.431	1.00	1.05	21:08
20171101_11	23	04:01:02.17	+36:47:57.14	2400	-6.431	1.00	1.05	01:12
20171101_12	24	04:00:42.64	+36:47:56.65	2400	-6.431	1.00	1.05	01:53
20171101_13	25	04:00:22.47	+36:48:01.06	2400	-6.431	1.00	1.05	02:33
20171101_14	26	04:00:03.08	+36:47:46.94	2400	-6.431	1.00	1.05	03:14
20171102_3	38	04:02:01.66	+36:43:51.13	1200	-6.431	1.00	1.05	19:49
20171101_17	39	04:01:42.14	+36:43:51.24	900	-6.431	1.00	1.05	05:11
20171101_16	40	04:01:22.00	+36:43:56.3	1800	-6.431	1.00	1.05	04:40
20171101_15	44	04:00:02.00	+36:43:22.68	1800	-6.431	1.00	1.05	03:55
20171102_4	55	04:02:17.35	+36:39:57.05	1800	-6.431	1.00	1.05	20:16
20171102_5	56	04:01:57.85	+36:40:02.16	1800	-6.431	1.00	1.05	20:48
20171102_6	57	04:01:37.32	+36:40:02.53	1800	-6.431	1.00	1.05	21:18
20171102_7	71	04:02:35.82	+36:35:45.60	1800	-6.431	1.00	1.05	21:49
20171102_8	72	04:02:16.338	+36:35:50.91	1800	-6.431	1.00	1.05	22:21
20171102_9	73	04:01:55.821	+36:35:51.47	1800	-6.431	1.00	1.05	22:53
20171102_10	74	04:01:36.541	+36:35:38.29	1800	-6.431	1.00	1.05	23:24
20171102_20	75	04:01:17.103	+36:35:27.97	1800	-6.431	1.00	1.05	04:26
20171102_11	87	04:02:35.772	+36:31:37.02	1800	-6.431	1.00	1.05	23:54
20171102_13	88	04:02:16.307	+36:31:47.17	1800	-6.431	1.00	1.05	00:52
20171102_14	89	04:01:55.808	+36:31:47.72	1800	-6.431	1.00	1.05	01:23
20171102_15	90	04:01:36.544	+36:31:34.55	1800	-6.431	1.00	1.05	01:53
20171102_21	91	04:01:17.123	+36:31:24.22	1800	-6.431	1.00	1.05	04:52
20171102_16	103	04:03:03.834	+36:27:24.07	1800	-6.431	1.00	1.05	02:24
20171102_17	104	04:02:44.388	+36:27:34.51	1800	-6.431	1.00	1.05	02:54
20171102_18	105	04:02:23.907	+36:27:35.36	1800	-6.431	1.00	1.05	03:25
20171102_19	106	04:02:04.660	+36:27:22.47	1800	-6.431	1.00	1.05	03:55
20171102_22	107	04:01:45.256	+36:27:12.42	1800	-6.431	1.00	1.05	05:26
20171102_23	117	04:03:19.000	+36:22:42.34	1800	-6.431	1.00	1.05	05:58
20171102_24	118	04:02:59.570	+36:22:52.93	600	-6.431	1.00	1.05	05:58

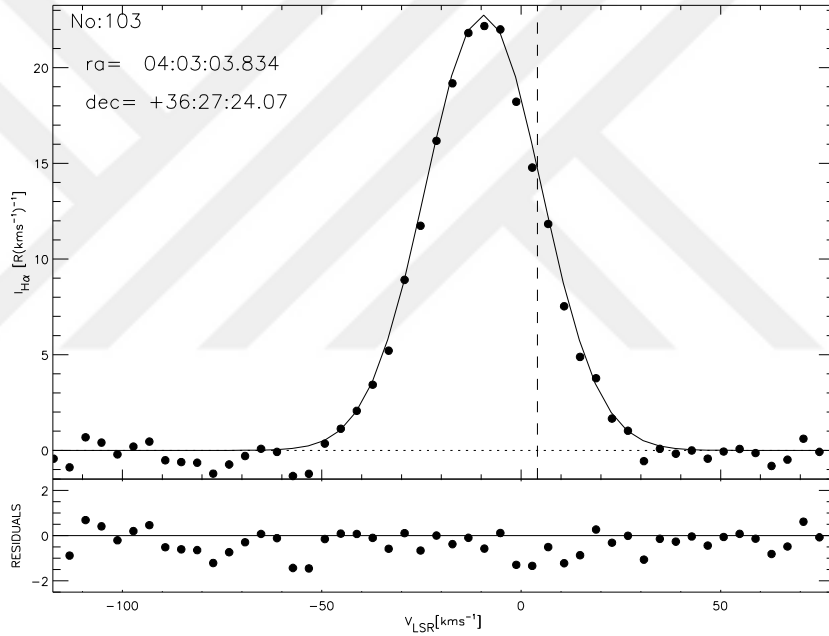
Çizelge 4.2. Kaliforniya Bulutsusundan (NGC1499) DEFPOS ile alınan H α tayfları

Kaynak	FWHM	VLSR	Parlaklık	Emission
No.	(km/s)	(km/s)	(R)	Ölçümü
				(cm ⁻⁶ pc)
1	37.44±2.52	-10.49±0.63	407.49±2.98	916.7±6.70
2	40.26±9.16	-9.66±1.94	235.17±19.66	529.06±44.24
3	37.44±3.51	-11.64±0.98	282.82±4.20	636.24±9.44
11	35.31±2.53	-10.49±0.68	487.9±4.77	1097.6±10.73
12	37.44±2.47	-9.83±0.58	523.83±3.82	1178.44±8.59
13	33.66±2.21	-10.65±0.64	395.64±3.42	890.04±7.69
14	35.64±2.62	-9.83±0.65	412.02±4.09	926.9±9.21
15	37.44±3.27	-10.16±0.80	375.82±4.84	845.47±10.90
23	35.64±2.35	-10.65±0.63	455.25±3.57	1024.16±8.04
24	35.64±2.35	-9.00±0.54	422.36±3.33	950.15±7.48
25	36.96±4.73	-8.84±1.02	469.97±14.24	1057.27±32.03
26	35.31±2.46	-10.32±0.65	471.52±4.39	1060.75±9.88
38	37.44±10.53	-13.83±3.49	255.34±37.55	574.43±84.46
39	33.99±4.55	-11.81±1.44	467.33±16.20	1051.32±36.45
40	37.44±2.80	-10.32±0.69	456.22±4.29	1026.33±9.66
44	35.64±2.79	-10.49±0.74	388.36±4.25	873.68±9.55
55	37.44±6.87	-12.37±2.04	280.37±16.09	630.74±36.19
56	33.00±3.85	-12.14±1.29	423.76±12.83	953.31±28.85
57	35.02±3.63	-11.47±1.08	461.43±9.82	1038.04±22.10
71	34.12±2.61	-11.13±0.77	578.48±6.77	1301.37±15.22
72	34.12±2.42	-12.37±0.80	512.39±5.01	1152.7±11.26
73	32.55±2.73	-12.03±0.92	471.78±7.34	1061.33±16.50
74	32.55±3.25	-10.91±1.00	448.63±10.24	1009.26±23.05
75	35.47±3.75	-9.45±0.90	404.29±8.20	909.5±18.44
87	31.05±2.06	-12.03±0.74	570.87±6.21	1284.25±13.97
88	33.22±2.22	-11.47±0.70	598.28±5.72	1345.91±12.86
89	35.24±3.25	-10.24±0.86	430.62±6.54	968.75±14.72
90	35.47±3.39	-10.69±0.92	474.76±8.22	1068.04±18.49
91	34.52±3.67	-9.43±0.91	436.08±9.37	981.03±21.08
103	34.12±1.91	-9.45±0.48	825.97±5.13	1858.13±11.53
104	33.67±2.44	-10.35±0.68	616.5±7.05	1386.91±15.86
105	33.89±2.46	-10.8±0.71	540.93±5.81	1216.89±13.08
106	33.00±3.00	-10.91±0.91	487.26±8.80	1096.15±19.80
107	33.45±3.80	-10.35±1.07	404.76±10.29	910.57±23.14
117	34.12±3.76	-10.46±1.05	416.34±9.87	936.61±22.20
118	35.02±6.22	-11.7±1.88	742.67±46.72	1670.75±105.10

DEFPOS ile Kaliforniya Bulutsusunun (NGC1499) yüzeyinden alınan H α verilerini açıklamak için Şekil 4.2’de mavi halkalarla verilen 36 tane görüntüden biri örnek seçilmiştir. Şekil 4.3a’da Şekil 4.2’de ve Çizelge 4.1-2’de verilen 103 numaralı bölgeden alınan CCD görüntüsü verilmiştir. 103 numaralı görüntüsü 02 Kasım 2017 tarihinde yerel saat ile 02:24’de alınmış ve 1800 saniyelik poz süresi kullanılmıştır. Şekil 4.3a’da verilen Fabry-Perot halka görüntüsü 4 açı dakikalık dairesel görüş alanında H α tayfını temsil etmektedir ve 200km/s’lik tayfsal aralığı kapsamaktadır (Şahan, vd. 2012). Geliştirilen IDL programları yardımıyla tayfin veri indirilmesi yapılmış ve halka toplama tekniği (Coakley, vd., 1996; Nossal, vd., 1997) uygulanarak elde edilen iki boyutlu tayfa dönüştürülmüş Şekil 4.3b’de verilmiştir. Şekil 4.3b’de verilen tayf ışınım çizgilerin LSR’ a göre radyal hızlarına (V_{LSR}) (km/s biriminde) karşı $I_{H\alpha}$ şiddeti (R / km/s biriminde) grafiğini göstermektedir. Şekil 4.2’de mavi halkalardan seçilen halkanın numarası (Kaynak No: 103) ve koordinatları ($\alpha_{2000}=04^{\text{sa}}03^{\text{da}}03^{\text{sn}}.83$, $\delta_{2000}=+36:27:24.07$) tayfin sol üst köşesinde verilmiştir. Tayf her biri 4 km/s ‘lik hız çözünürlüğüne karşılık gelen 50 tane tayfsal element (içi dolu halkalar) içermektedir. Tayf iyonize gaz hakkında bazı temel bilgileri içerdiği için tayfin hızını, yarı genişliğini ve parlaklığını belirlemek için en küçük kareler yöntemi kullanılarak tayfin üzerine Gaussian çizgi eğrisini geçirilmiştir. Tayfsal elementler üzerine uydurulan Gaussian eğrisini koyu çizgi ile temsil edilmiştir (Şahan, ve Yeğingil 2017; Şahan, 2017). Şekil 4.3b’de verilen grafikte gösterilen yatay kesikli çizgi tayfin sıfır seviyesini, düşey kesikli çizgi ise LSR hızının yerini (4.10 km/s) göstermektedir. Ölçülen değerler ile bunlara uydurulan teorik değerler arasında kalan artık noktalar ise tayfin altında -2.5 ile +2.5 aralığında verilmiştir. Tayfin analizleri sonucunda LSR’a göre hızı -9.45 km/s ve yarı genişliği 34.12 km/s olarak ölçülmüştür. Parlaklık ve EM değerleri ise 825.97 R ve 1858.13 cm⁻⁶ pc olarak hesaplanmıştır ki bu kaynaklar içinde en parlak olanıdır.



(a)



(b)

Şekil 4.3: NGC1499 bulutsusundan elde edilen CCD Fabry-Perot görüntüsü(a) ve Halka toplama tekniği kullanılarak elde edilen tayf (b).Tayfin altındaki ikinci grafik residual olarak adlandırılan ölçülen ve uydurulan eğrilerdeki artık değerleri göstermektedir.

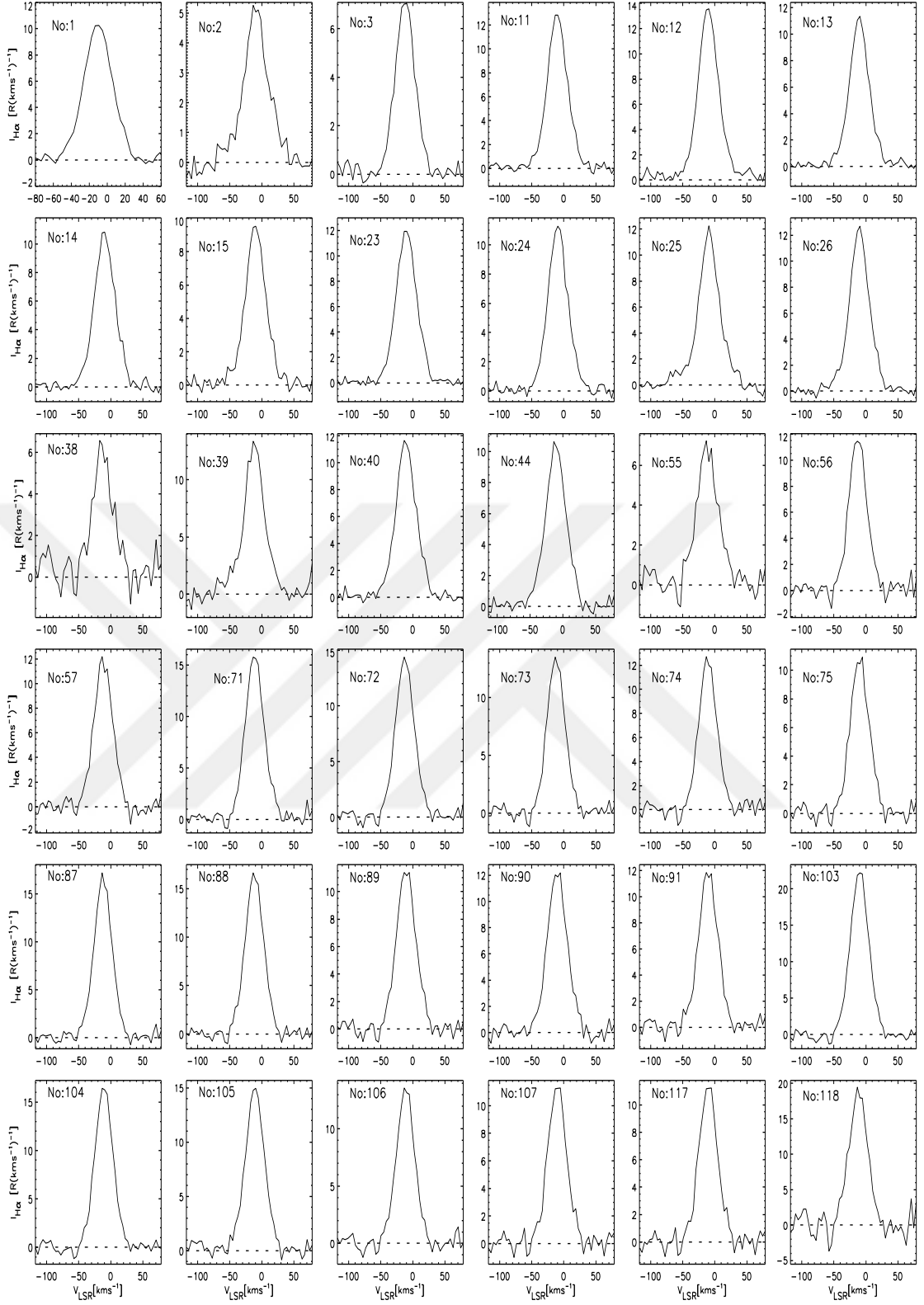
Benzer şekilde Şekil 4.2’de ve Çizelge 4.1-2’de numaralandırılmış olarak verilen diğer tüm tayflar Şekil 4.4’de verilen iki boyutlu tayflara dönüştürülmüştür. Tayflar V_{LSR} hızlarına karşı $I_{H\alpha}$ şiddeti cinsinden çizilmiştir. Çizelge 4.1-2’de numaralandırılmış olarak verilen veri numaraları her bir tayfin sol üst köşesinde verilmiştir. Her bir tayfin veri numarası, koordinatları, LSR hızları, FWHM

genişlikleri, parlaklıkları ve emisyon ölçümleri gibi bazı astrofiziksel bilgileri içeren bilgiler Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2’de verilmiştir. Şekil 4.4’den ve Çizelge 4.2’den NGC1499 bulutsusundan alınan H α emission tayflarının LSR’a göre hızları -13.83 km/s (Kaynak No: 38) ile -8.84 km/s (Kaynak No: 25) (ortalama: -10.77 km/s) arasında değiştiği görülmektedir. Çizgi genişlikleri 31.05 km/s (Kaynak No: 87) and 40.26 km/s (Kaynak No: 2) (ortalama: 35.10 km/s) arasında değiştiği bulunmuştur. Ayrıca, tayfların parlaklıkları 235.174 R (Kaynak No: 2) ile 825.968 R (Kaynak No: 103) (ortalama: 462.03 R) olarak ve dolayısıyla Eşitlik 4.1 ‘e göre parlaklığa bağlı olan emisyon ölçüm değerlerinin de sırasıyla ve 529.057 cm $^{-6}$ pc (Kaynak No: 2) ile 1858.133 cm $^{-6}$ pc (Kaynak no: 103) (ortalama: 1039.41 cm $^{-6}$ pc) arasında değiştiği hesaplanmıştır.

NGC1499 bulutsusundan alınan H α yayının çizgi tayflarının hızları ve yarı genişlik değerleri literatürde yapılmış olan önceki çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Bunlardan bazıları aşağıda sırasıyla verilmiştir. Courtes, vd. (1966) NGC 1499 (Sh2-220) kaynağının heliosentrik hızı $+6.6$ km/s ($V_{LSR}=-22.56$ km/s) olarak vermiştir. Pedlar (1980) Orion ve Perseus spiral kollarından NGC 1499’yi de içeren 12 farklı yayılı durumdaki geniş, düşük yoğunluklu HII bölgesinden elde edilen H166-alfa çizgilerini elde etmiştir. LSR hızlarını üç farklı noktada -2.7 km/s ($\alpha_{1950}=03^h 55^m 54^s$, $\delta=+36^\circ 28'$), -5.5 km/s ($\alpha_{1950}=04^h 01^m 00^s$, $\delta=+35^\circ 50'$) ve -3.54 km/s ($\alpha_{1950}=03^h 54^m 00^s$, $\delta=+36^\circ 30'$) olarak vermişlerdir. Fountain, vd. (1983) H α yayının çizgisinin çok katmanlı echelle spektroskopik gözlemlerini kullanarak NGC 1499 bulutsusunun radyal hız ve FWHM haritalarını elde etmişlerdir. NGC 1499 bulutsu ile ilgili haritalardan ortalama heliocentric hızları ve FWHM yarı genişliklerini sırasıyla 0.5 ± 4.0 km/s ve 26.8 ± 0.6 km/s olarak bulmuşlardır. Blitz, vd., (1982) NGC1499’un genişliğini 320 açı saniyesi, uzaklığını 0.4 ± 0.04 kpc ve merkezi koordinatının V_{CO} hızını da 7.0 ± 3 km/s olarak vermişlerdir. Ayrıca, Fich, vd. (1990) HII bölgesinin FWHM ve hızını sırasıyla 30.7 ± 3 km/s ve -25 ± 1 km/s (CO’de) olarak bulmuşlardır. Herbertz, vd. (1991) 3 m’lik KOSMA teleskopunu kullanarak $4' \times 4'$ açı dakikalık sağaçıklık ve deklinasyonlu koordinat gridleri üzerinde NGC 1499 California bulutsusunun $4^\circ \times 5^\circ$ derecelik kuzey bölgesini CO J = 1 – 0 çizgisiyle haritalamışlardır. NGC 1499 bulutsusunun kuzey kısmındaki moleküler bulutlarda yaklaşık -7 , -3 veya $+3$ km/s’ye yakın ortalama hız bileşeni bulunmuştur. Şahan, vd.

(2012) Loral LICK 3 2kx2k, arkadan aydınlatmalı, sıvı azot (N₂) soğutmalı, H α 'da kuantum verimliliği yaklaşık olarak %88 olan ve her bir pixeli 15 x10⁻⁴ cm boyutunda olan 2086x2048 pixel boyutlu bir CCD kamerası DEFPOS tayfölçeri ile birlikte kullanılarak NGC 1499 bulutsusunun 13 farklı bölgesinden tayflar almışlar ve bu tayfların analizlerini yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlara göre tayfların parlaklıkları 397.75 R ile 1044.14 R aralığında, LSR'a göre hızlar -4.88 km/s ile -1.02 km/s aralığında ve yarı genişliklerinin de 36.72 km/s ile 42.81 km/s aralığında değiştiğini belirlemişlerdir.

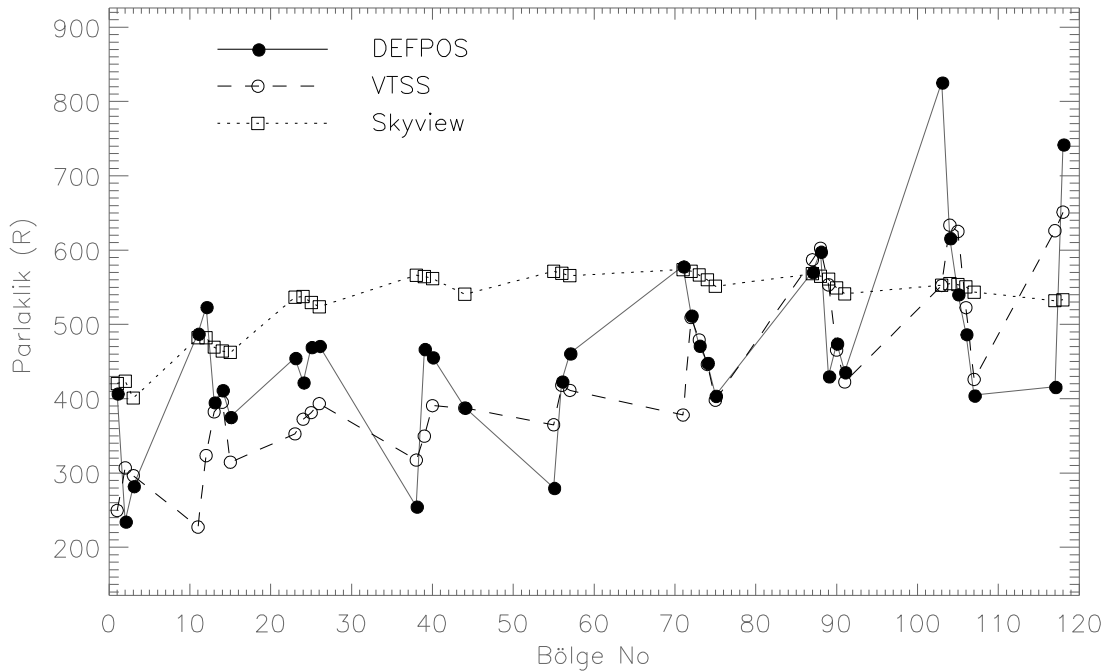
Kaliforniya bulutsusundan elde edilen H α gözlemleri 200 km/s (4.4Å) ve 4 açı dakikalık görüş alanı ile gerçekleştirilen H α parlaklık değerlerini karşılaştırmak için VTSS ve Skyview haritaları kullanılmıştır. Her iki haritanın parlaklık değerleri Rayleigh (R) biriminde verilmiştir. Haritanın parlaklık değerleri IDL kodlarında yazılan APER ve SKY programları kullanılarak açıklık fotometrisi (IDL DAOPHOT paketi içinde bulunan APER) yöntemiyle DEFPOS'un 4' görüş alanındaki parlaklık değerini hesaplamak için uygulanmıştır (Şahan ve Yeğingil 2017). Haritalar üzerindeki DEFPOS'un 4 açı dakikası görüş alanına denk gelen pixellerin toplamının ortalaması alınmış ve APER kodu kullanılarak 4 açı dakikalık alandaki H α yüzey parlaklık değeri hesaplanmış ve her bir bölge için rayleigh biriminde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3'de ve Şekil 4.4'de verilmiştir. Şekil 4.4'de NGC1499 haritaları üzerinde hesaplanan 4 açı dakikalık 36 bölgenin parlaklık değerlerinin DEFPOS'un parlaklık değerlerinin karşılaştırılması verilmiştir. DEFPOS verileri içi dolu çemberler ile VTSS verileri içi boş çemberler ile ve Skyview verileri de içi boş kareler ile temsil edilmektedir. VTSS ve Skyview haritalarının parlaklık değerleri sırasıyla 227.26 R (Kaynak No: 11) ile 651.109 R (Kaynak No: 118) (ortalama: 430.91 R) arasında ve 400.92 R (Kaynak No: 3) ile 573.86 R (Kaynak No: 71) (ortalama: 530.53 R) arasında değiştiği görülmüştür. Şekil 4.5'de DEFPOS ile VTSS'nin parlaklık değerlerinin yaklaşık olarak benzer değişim gösterdiği görülürken Skyview değerlerinin bunlardan farklı olduğu görülmektedir. Bunun nedeninin Skyview haritasının yüzey parlaklık değerlerinin hesaplamada hemen hemen aynı değişimi göstermesi sonucundan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 4.4: Kaliforniya Bulutsusundan (NGC1499) DEFPOS ile alınan 36 adet H α tayfları

Çizelge 4.3. DEFPOS parlaklık değerleri ile VTSS ve Skyview haritalarından elde edilen parlaklık değerleri

Kaynak No	DEFPOS (R)	VTSS (R)	Skyview (R)	Kaynak No	DEFPOS (R)	VTSS (R)	Skyview (R)
1	407.49	249.57	420.59	57	461.43	411.21	565.58
2	235.17	306.91	423.42	71	578.48	378.08	573.86
3	282.82	296.51	400.92	72	512.39	509.21	571.62
11	487.90	227.26	481.91	73	471.78	479.12	566.50
12	523.83	323.44	481.93	74	448.63	446.05	560.12
13	395.64	382.30	469.32	75	404.29	398.08	551.36
14	412.02	395.43	464.05	87	570.87	586.98	568.19
15	375.82	314.54	462.25	88	598.28	602.42	564.87
23	455.25	352.69	536.75	89	430.62	553.25	560.95
24	422.36	372.39	537.33	90	474.76	465.45	549.31
25	469.97	381.31	529.50	91	436.08	422.49	541.27
26	471.52	393.41	523.73	103	825.97	552.45	552.86
38	255.34	317.41	566.28	104	616.50	633.54	554.84
39	467.33	349.64	564.46	105	540.93	625.12	553.62
40	456.22	390.65	561.76	106	487.26	522.55	550.41
44	388.36	387.41	540.60	107	404.76	425.93	543.41
55	280.37	364.93	571.51	117	416.34	626.08	531.98
56	423.76	418.04	568.85	118	742.67	651.11	533.13



Şekil 4.5: DEFPOS'un parlak değerlerinin IDL'de APER yöntemi kullanılarak VTSS ve Skyview haritalarından elde edilen parlaklık değerleri ile karşılaştırılması

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, test çalışmaları tamamlanarak 2007 yılında TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG: Antalya/Bakırlitepe) bulunan 150 cm ayna çaplı RTT150 teleskobun coude çıkışına yerleştirilen 7.5 cm çaplı, çift etalonlu DEFPOS tayfölçeri kullanılmıştır. Teleskop coude çıkışında kullanıldığında coude odak uzaklığı yaklaşık 7200 cm'dir ($f/48$) ve açısal görüş alanı (FOV) yaklaşık olarak 4''dir. Coude de kullanılan DEFPOS tayfölçeri (Bknz. Şekil 3.5) 30 km/s tayfsal çözünürlük ile yıldızlararası ortamdaki O tipi yıldızları çevreleyen klasik HII bölgelerinden, sönük ve yayılı durumdaki iyonize olmuş kaynaklardan, geniş durumdaki gezegenimsi bulutsulardan, süpernova kalıntılarından ve yayılı emisyon kaynaklarından gelen H α ışınım çizgilerini 200 km/s (4.4Å) aralığında ölçmektedir (Şahan, 2004; Şahan, vd., 2005, 2009; Şahan ve Yeğingil 2017).

DEFPOS tayfölçeri kullanılarak Samanyolu Gökadamızın Perseus (Kahraman) takım yıldızında bulunan yaklaşık 300 pc uzaklıkta yayılı durumda (145'x40') bir HII bölgesi olan Kaliforniya bulutsunun (NGC 1499, Sh2-220, LBN756: $\alpha=04^{\text{sa}}03^{\text{dk}}18.0^{\text{s}}$, $\delta=+36^{\circ}25'18.0''$; J2000) yüzeyinden farklı noktadan seçilmiş 4 açı dakikalık 36 H α (6563Å) gözlemleri yapılmıştır (Bknz. Şekil 1.2 ve Şekil 4.2). Tayfölçer ile 1-3 Kasım 2017 tarihleri arasında NGC1499 yüzeyinden (Bknz. Şekil 4.3) tayflar alınmıştır. 4 açı dakikalık görüş alanı ile NGC1499 yüzeyinden yeterli ölçüde sinyal almak için 600 s ile 2400 s arasında değişen değişik poz süreleri kullanılmıştır. Elde edilen verilerin CCD ön indirgeme işlemleri yapıldıktan sonra halka toplama tekniği kullanılarak iki boyutlu tayflara dönüştürülmüş ve tayf analiz işlemleri yapılmıştır (Coakley, vd., 1996; Şahan, 2004; Şahan, vd., 2009, 2017). ADU biriminde elde edilen parlaklık değerlerinin rayleigh (R) birimine dönüştürmek için Morgenthaler, vd. (2001) tarafından NGC7000 bulutsusunun yüzeyinden ($\alpha_{2000}=20^{\text{h}}58^{\text{m}}47^{\text{s}}$, $\delta_{2000}=+44^{\circ}35'43''$) seçilen 4 açı dakikalık yüzey parlaklığı (900 R) kullanılarak tayfölçerin parlaklık kalibrasyonu yapılmıştır (Şahan, 2004, 2018; Şahan, vd., 2009, 2017).

NGC 1499'den alınan 36 tane H α tayfları kullanılarak bulutsunun LSR hızları, yarı genişlikleri, parlaklıkları ve emisyon ölçüm değerleri ayrı ayrı belirlenmiştir. İncelemeler sonucunda elde edilen tayfların LSR'a göre hızlarına bakıldığında NGC1499 bulutsununun LSR'a göre hızının yaklaşık olarak -10.77 km/s olduğu belirlenmiştir (Bknz. Çizelge 4.2). Tüm tayfların analizleri sonucunda tayfların ortalama yarı genişlik değerlerinin 35.11 km/s olduğu görülmüştür. DEFPOS tayfölçeri 30 km/s tayfsal çözünürlüğe sahip olan olduğundan bu yarı genişlikler oldukça makul birer sonuç olarak görülmektedir. Ayrıca, tayfların parlaklıkları ortalama 462.03R olarak hesaplanmıştır. Eşitlik 4.1 kullanılarak her bir tayfın salma ölçeği (EM) değerleri de ortalama 1039.41 cm⁻⁶pc olarak hesaplanmıştır (Bknz. Çizelge 4.2).

DEFPOS ile elde edilen tayfların hız ve yarı genişlik değerlerinin literatürden elde edilen (Blitz, vd. 1982; Fountain, vd. 1983; Fich, vd. 1990; Herbertz, vd. 1991 gibi) LSR'a göre hızları ve yarı genişliği (FWHM) değerleriyle karşılaştırılmıştır. Parlaklık değerleri ise VTSS ve Skyview haritalarının parlaklık değerleri ile karşılaştırılmıştır (Bknz. Çizelge 4.3 ve Şekil 4.5). VTSS ve Skyview haritalarının ortalama parlaklık değerleri sırasıyla 430.91 R ve 530.53 R olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar DEFPOS verilerinin ortalama parlaklık değeri olan 462.03 R ile kıyaslandığında sonuçların ortalama olarak makul olduğu görülmüştür.

Çalışma sonunda elde edilen verilerin ilerleyen zamanlarda yapılacak çalışmalara katkı sağlayabileceğini düşünmekteyiz.

KAYNAKLAR

- Bally, J., Walawender, J., Johnstone, D., Kirk, H., Goodman, A., The perseus cloud, handbook of star forming regions, volume I: The Northern Sky ASP Monograph Publications, Vol. 4. Edited by Bo Reipurth, 308, 2008.
- Blitz, L., Fich, M., Stark, A. A., Catalog of CO radial velocities toward galactic HII regions, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 49, 183-206, 1982.
- Bohnenstengel, H.D., Wendker, H. J., Radio observations of the California nebula, *Astronomy and Astrophysics*, 52, (1), 23-30, 1976.
- Dennison B., Simonetti J. H., Topasna G. A., An imaging survey of northern galactic H α emission with arcminute resolution, *Publications Astronomical Society of Australia*, 15, (1), 147-48, 1998.
- Elmegreen, D. M., Elmegreen, B. G., CO observations along an ionization front of the California Nebula /NGC 1499/, *Astrophysical Journal*, 219, (1), 105-107, 109-113, 1978.
- Ferriere, K. M., The interstellar environment of our galaxy, reviews of modern physics, 73, 1031 -1066, 2001.
- Fich, M., Treffers, R. R., Dahl, G. P., Fabry-Perot H-alpha observations of Galactic H II regions. *Astronomical Journal*, 99, (2), 622-637, 1990.
- Fountain, W. F., Gary, G. A., Odell, C. R., A study of H-alpha velocities in NGC 1499, NGC 7000, and IC 1318B/C, *Astrophysical Journal*, 269, (1), 164-174 1983.
- F. L. Roesler, Fabry-Perot instruments for astronomy in methods of experimental physics. vol. 12, Part A, New York: Academic Press, 1974.
- Gaensler B. M., Madsen G. J., Chatterjee S., Mao, S. A., The vertical structure of warm ionised gas in the milky way, *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 25, (4), 184-200, 2008.
- Haffner L. M., Reynolds, R. J., Tufte, S. L., Faint large scale H α filaments in the Milky Way. *The Astrophysical Journal*, 501, L83-L87, 1998.
- Haffner, L. M., Dettmar R. J., Beckman, J. E., Wood K., Slavin, J. D., Giammanco, C., Madsen, G. J., Zurita, A., and Reynolds, R. J., The warm ionized medium in spiral galaxies, *Rev. Mod. Phys.* 81, 969-997, 2009.

- Haffner, L. M., Reynolds, R. J., Tufte, S. L., Madsen, G. J., Jaehnig, K. P., Percival, J. W., The Wisconsin H α Mapper Northern Sky Survey. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 149, (2), 405-422, 2003.
- Haffner L. M., Reynolds, R. J., Madsen G. J., Hill A. S., Barger K. A., Jaehnig K. P., Mierkiewicz E. J., Percival J. W., Chopra N., The dynamic interstellar medium: A celebration of the canadian galactic plane survey ASP conference series, R. Kothes, T. L. Landecker, and A. G. Willis eds., *Astronomical Society of the Pacific Early Results from the Wisconsin H-Alpha Mapper Southern Sky Survey*, 438 , 2010.
- Herbertz, R.; Ungerechts, H.; Winnewisser, G., CO observations of fragmentation in dark clouds north of the California nebula NGC 1499, *Astronomy and Astrophysics*, 249, (2), 483-492, 1991.
- F. Hoyle , G. R. A. Ellis, On the Existence of an ionized layer about the Galactic plane, *Australian Journal of Physics*, 16, (1), 1963.
- Hubble, E. P., A general study of diffuse galactic nebulae, *Astrophysical Journal*, 56, 162-199, 1922.
- Klessen, Ralf S., Glover, Simon C. O., *Physical processes in the interstellar medium, star formation in galaxy evolution: connecting numerical models to reality, saas-fee advanced course*, Vol. 43. ISBN 978-3-662-47889-9. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2016.
- Krishnarao D., Haffner, L. M., Benjamin, R. A., Hill, A. S., Barger, K. A., Warm ionized medium throughout the Sagittarius-Carina Arm, *The Astrophysical Journal*, 838, 1, article id. 43, 1-17, 2017.
- Lynds, B. T., Interstellar matter in the region of the Perseus II Association, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 81, 482, 496, 1969.
- Mierkiewicz E. J., Fabry-Perot observations of the hydrogen geocorona, *Doktora Tezi, Wisconsin Üniversitesi, Madison*.164, 2002.
- Mierkiewicz E. J., Roesler F. L., Nossal S. M., Reynolds R. J., Geocoronal hydrogen studies using Fabry-Perot interferometers, part 1: Instrumentation, observations, and analysis, *Journal of Atmospheric And Solar-Terrestrial Physics*, 68, 1520, 2006.

- M. M. Coakley, F. L. Roesler, R. J. Reynolds, and S. Nossal, "Fabry-Perot CCD annular summing spectroscopy: study and implementation for astronomy applications," *Applied Optics*, 35, 33, 6479-6493, 1996.
- Nossal, S., Roesler, F. L., Coakley, M. M., Reynolds, R. J., Geocoronal hydrogen Balmer- α line profiles obtained using Fabry-Perot annular summing spectroscopy: Effective temperature results, *Journal of Geophysical Research*, 102, A7, 14541-14554, 1997.
- Nossal, S., Mierkiewicz, E. J., Roesler, F. L., Reynolds, R. J., Haffner, L. M., Geocoronal hydrogen studies using Fabry-Perot interferometers, part 2: Long-term observations, *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 68, 1553-1575, 2006.
- Odell, C. R., Turbulent motion in galactic H II regions, *Astrophysical Journal*, Part 1, 304, 767-770, 1986.
- Pedlar, A., Observations of H166-alpha lines from extended low-brightness H II regions, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 192, 179-195, 1980.
- Reynolds, R.J., Roesler, F.L., Scherb, F., Low-Intensity balmer emissions from the interstellar medium and geocorona. *The Astrophysical Journal*, 179:651-657, 1973.
- Reynolds, R.J., Roesler, F.L., Scherb, F., The intensity distribution of diffuse galactic H α emission. *The Astrophysical Journal*, 192, L53-L56, 1974.
- Reynolds, R. J., The column density and scale height of free electrons in the galactic disk, *Astrophysical Journal*, 339, L29, 1989.
- Reynolds, R. J., Line integrals of n_e and ne^2 at high Galactic latitude, *Astrophysical Journal*, 372, L17-L20, 1991.
- Şahan, M., Doktora Tezi, DEFPOS: Tasarımı özellikleri ve ilk sonuçları, Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye, 2004.
- Şahan, M., Yeğingil I., Kızıloğlu Ü., Aksaker N., Akyılmaz M., DEFPOS and first results, *Chin. J. Astron. Astrophys. (ChJAA)*, 5, 2, 211-220, 2005.
- Şahan, M., Yeğingil I., Aksaker N., Observation of the geocoronal balmer alpha with DEFPOS, *Terrestrial, Atmospheric And Oceanic Sciences*, 18, 1, 2007.

- Şahan, M., Aksaker N., Yeğingil İ., DEFPOS ile Z Oph HII bölgesinden H α ölçümleri, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 26(2): 179-189, ISSN: 1012-2354, 2010.
- Şahan, M., Aksaker N., Yegingil I., "Some H α observations with DEFPOS", Balkan Physics Letters, 6, 191006, 45 – 53, 2011.
- Şahan, M., H α observations with DEFPOS, Astron. Nachr. / AN 332, No. 2, 185 – 190 / DOI 10.1002/asna.201011471, 2011.
- Şahan, M., Aksaker N., Yegingil I., The H α observations of the California nebula (NGC1499) with DEFPOS, Astron. Nachr. / AN 333, No. 2, 153 – 159, DOI: 10.1002/asna.201111642, 2012.
- Şahan, M., Oflaz F. M., Yegingil I., ve Tel E., H α line measurements from ten diffuse galactic sources using the DEFPOS facility, Astron.Nachr. /AN 336, No. 6, 1 – 10 /DOI 10.1002/asna.201512197, 2015.
- Şahan, M., Haffner L. M.,The ionization structure of sharpless 2-264: Multiwavelength observations of the λ Ori H II region, the astronomical journal, 151, 6, 147, 2016.
- Şahan, M., Yegingil I., The eighty six H α spectra from the orion nebula (M42, Sh2-281) with DEFPOS, journal of astrophysics and astronomy, 38: 67, 1-13, 2017.
- Şahan, M., “DEFPOS tayfölçeri ve bazı iyonize olmuş kaynakların H α tayfları”, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22, 1, 290-299, 2018.
- Şahan, M., H-alpha observations of Sh2-190, Sh2-222, Sh2-229, Sh2-236 HII regions, The American Institute of Physics (AIP) Conference Proceedings 1935, 030001, 2018.
- Şahan, M., Tıraş H. I., Bolat E., Yıldızlararası ortamdaki on farklı HII bölgesinden seçilen H α tayf sonuçları, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, 13, 1, 1-11, 2018.
- Şahan, M., Galactic H α emission line studies using DEFPOS at the TÜBİTAK National Observatory, Turkish Journal of Physics, 42: 242-253, 2018.
- Shinohara M., Ishida K.,On the H II region NGC 1499 and XI Persei, Astronomical Society of Japan, Publications, 28, 3, 437-449, 1976.

- Straizys V., Cernis K., Bartasiute S., Interstellar extinction in the California nebula region, *Astronomy and Astrophysics*, 374, 288-293, 2001.
- Tufte S. L., The WHAM Spectrometer: Design, performance characteristics and first results. Doktora Tezi, Wisconsin Üniversitesi, Physics Department, USA, 1997.
- Wolfire M. G., McKee C. F., Hollenbach D., Tielens A. G. G. M., Neutral atomic phases of the interstellar medium in the Galaxy, *ApJ*, 587, 278, 2003.



ÖZGEÇMİŞ

- 1. Adı Soyadı** : Erdinç BOLAT
- 2. Doğum Tarihi** : 15.09.1987
- 3. Öğrenim Durumu** : Lisans

Derece	Bölüm/Program	Üniversite	Bitirme Yılı
Lisans	Fizik	Mustafa Kemal Üniv.	2013
Yüksek Lisans	Fizik Ana Bilim Dalı	Osmaniye Korkut Ata Üniv.	Devam Ediyor

4. İş Tecrübesi:

Görev Unvanı	Görev Yeri	Yıl
Güvenlik Görevlisi	İstanbul Havalimanı	2018-

5. Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler:

Şahan, M., Tıraş H. İ., Bolat E., Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi, DOI: 10.29233/sdufeffd.397596, 13 (1): 1-11, 2018.

Şahan, M., Bolat E., Fabry-Perot Observations of the California nebula in the constellation Perseus, Turkish Physical Society 34th International Physics Congress, 5-9 September, Bodrum, Muğla 2018.