

Fabry Perot Tayföçleri ve Dört Galaktik H α Ölçümleri

Muhittin Şahan^{1,*}, Fatih Mehmet Oflaz¹, Halil İbrahim Tıraş¹

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 80000, Osmaniye, Türkiye

*Yazışılan yazar e-posta: muhittinsahan@osmaniye.edu.tr

Alınış: 07 Ekim 2015, Kabul: 20 Ekim 2015

Özet: Bu çalışma dört farklı iyonize olmuş hidrojen kaynağından (NGC281, NGC6992, NGC7000 ve NGC7635) H α ($\lambda=6563\text{Å}$) alınan tayf çizgilerini vermektedir. Gözlemlerimizde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bulunan RTT150 teleskopunun (f/48) coude çıkışına yerleştirilen DEFPOS Fabry-Perot tayföçleri kullanılmıştır. Tayföçer ile birlikte 2048x2048 piksel boyutlu termoelektrik (TE) soğutmalı Andor iKon-L CCD görüntüleme kamerası kullanılmıştır. Tayfların parlaklık kalibrasyonu için NGC7000 bulutsusundan ($\alpha_{2000}=20^{\text{h}}58^{\text{m}}04^{\text{s}}.0$, $\delta_{2000}=+44^{\circ}35'43''.0$) 4 açı dakikalık bölgesinden alınan tayflar kullanılmıştır. Tüm verilerin parlaklık, yarı genişlik (FWHM) ve LSR'a göre hız değerleri belirlenmiştir. Elde edilen tüm kaynakların hız ve yarı genişlik değerleri literatürde verilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Yıldızlararası ortam, HII bölgeleri, gezegenimsi bulutsular, Fabry-Perot tayföçleri, DEFPOS

Fabry Perot Spectrometers and Four Galactic H α Observations

Abstract: This work presents H α ($\lambda=6563\text{Å}$) spectral lines from four different ionized sources (NGC281, NGC6992, NGC7000 ve NGC7635) was used. The DEFPOS Fabry-Perot spectrometer, located at the f/48 coude focus of the RTT150 telescope at TUBITAK National Observatory (TUG) in Antalya/Turkey, was used in our observations. A new 2048x2048 Andor iKon-L CCD imaging camera with TE cooling has been used along with the spectrometer. For intensity calibration of the data, we used spectral lines obtained from NGC7000 emission nebula ($\alpha_{2000}=20^{\text{h}}58^{\text{m}}04^{\text{s}}.0$, $\delta_{2000}=+44^{\circ}35'43''.0$) with FOV of 4arcmin. We determined values of the intensity, the full weight half maximum (FWHM), and the radial velocity with respect to LSR for all data. The line width and radial velocity values obtained from our data were compared with early results from literature and these results were seen to be in close agreement with them.

Key words: Interstellar medium, HII regions, planetary nebulae, Fabry-Perot spectrometer, DEFPOS

1. Giriş

İçinde yaşadığımız Samanyolu gökadası merkezinden itibaren yaklaşık 8.5 kpc (1pc=3.086 x10¹³ km) genişliğe sahip son derece zayıf ve her yere dağılmış yayılı bir disk içinde güneşle birlikte yaklaşık 100 milyar yıldız içermektedir. Bu ortam yıldızlararası ortam (Interstellar Medium, ISM) olarak adlandırılır. Yıldızlararası ortamdaki maddenin yaklaşık %99'u gazlardan (atomlar, moleküller, iyonlar ve elektronlar) ve geri kalanı (%1) ise tozlardan (ince katı parçacıklar), gezegenlerden, kuyruklu yıldızlardan, astroidlerden, manyetik alanlardan ve kozmik ışınlar olarak adlandırılan yüklü parçacıklardan oluşmaktadır. Yıldızlar arası ortamdaki gaz, çoğunlukla hidrojenden (%90 H) ve helyumdan (%10 He) oluşmaktadır. Helyumdan daha ağır elementlerin tamamı (%0.1) ise Karbon (C), Silisyum (Si), Demir (Fe) gibi ağır elementlerden oluşmaktadır. Ortamdaki bu gaz yıldız rüzgârları ve süpernovalar tarafından sağlanan şok dalgalarıyla zenginleştirilmiştir [1,2,3].

Yıldızlararası ortamdaki hidrojen moleküler (H₂), atomik (HI) ve iyonlaşmış (HII) olmak üzere üç farklı şekilde bulunmaktadır. İyonize olmuş hidrojenin (H⁺) varlığı eskiden beri bilinmekte ve gazın iyonlaşma nedeninin sıcak yıldızların çevresindeki klasik HII bölgeleri

olarak adlandırılan parlak iyonize olmuş bölgeler olduğu düşünülmekteydi. Fakat sonradan yapılan çalışmalarda, klasik HII bölgelerinin gökadamda içindeki iyonize olmuş hidrojenin sadece %10'unu oluşturduğunu, kalan %90'nının ise gökada diskinin 2 kpc'lik bir kalınlıktaki tabakasının %20'sini dolduran sıcak (10^4 K), düşük yoğunluklu ($\sim 0.1\text{cm}^{-3}$) ve yaklaşık tamamı iyonlaşmış hidrojen bölgelerinde oluşturduğunu göstermiştir. Yayılı durumdaki "Sıcak İyonize Olmuş Ortam" (Warm Ionized Medium: WIM) olarak adlandırılan yıldızlararası ortamın en önemli ve en büyük bileşenini oluşturmaktadır [4,5]. O tipi genç yıldızlar yaydıkları yüksek enerjili UV ışınımı ile çevrelerindeki hidrojenin ısınmasına ve iyonlaşmasına neden olurlar. O tipi bir yıldızın çevresinde iyonlaşmış hidrojen bölgesinin oluşumu ilk kez Bengt Strömberg (1939) [6] tanımlamış ve bu bölgeleri HII bölgeleri olarak adlandırmıştır.

Yıldızlararası ortamdan gelen sönük Balmer α ışınımı ($H\alpha$ 6563Å) ışınımını gözlemek için yüksek tayfsal çözünürlükte yüksek açısal çözünürlüğe sahip Fabry-Perot tayfölçerleri oldukça uygun aletlerdir [7,8,9]. Düşük gürültülü, yüksek kuantum verimliliği yüksek CCD (Charged Coupled Device) kameraların gelişmesi sonucunda verimli çalışan Fabry-Perot tayfölçerlerinin önemi daha da artarak yayılı ve sönük kaynakların gözlenmesinde yeni olanaklar sağlamıştır [10,11].

Bu çalışmada; Fabry-Perotlar hakkında genel bilgi, Airy fonksiyonları, DEFPOS tayfölçeri, veri analizi hakkında detaylı bilgi Bölüm 2'de ve yıldızlararası ortamdaki dört farklı bölgen alınan veriler hakkında detaylı bilgi ise Bölüm 3'de verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Fabry-Perot tayfölçerleri temel olarak, çok düz ($\lambda/200$), paralel ve birer yüzeyleri yansıtma sabiti yüksek ($> \%90$), çok katmanlı dielektrik madde ile kaplı iki optik cam plakadan oluşmaktadır. Fabry-Perot tayfölçerlerinin en önemli avantajı, belirli bir tayfsal ayırma gücünde aynı alana sahip kırınım ağı (grating) kullanan tayfölçerden 100-200 kat daha fazla verime sahiptirler. Kırınım ağı ile karşılaştırıldığında, Fabry-Perot tayfölçeri ışığı çok daha geniş görüş açılarında algılamaktadırlar. Fabry-Perot tayfölçeri, bu özelliklerinden dolayı, sönük, yayılmış kaynakların tayfsal analiz çalışmaları için oldukça uygundur [2,7,12].

Fabry-Perot etalonlarına tek renkli bir ışık kaynağı düşürüldüğünde ışığın bir kısmı Şekil 1'de görüldüğü gibi etalonun iç kısmında yansımaya uğrarken ışığın diğer kısmı etalonu terk ederek ikinci yüzeye geçer. Yansıyan ışınlar bir önceki ışına göre bir optik yol farkı ile etalonu terk eder İki ardışık ışınım arasındaki faz farkı $\phi = (2\pi / \lambda)\Delta L$ ifadesi ile verilir. Burada ΔL ardışık iki ışınım arasındaki optik yol farkıdır. Şekil 1'de görüldüğü gibi Fabry-Perot etalonlarına θ_i açısı ile gelen tek renkli ışınım bir kısmı θ_t açısı ile etalonları terk ederken bir kısmı da iç kısımlarda yansımaya uğrar ve tekrar kırılarak etalonları terk eder (Bknz. Şekil 1'de A,B,C ve D noktaları). Etalonu terk eden komşu iki ışın arasında bir optik yol farkı [2,12]

$$\Delta L = 2n_g l \cos \theta_t \quad (1)$$

ifadesi ile verilmektedir. Etalonlar arasındaki ardışık iki ışınım arasındaki faz farkı ise

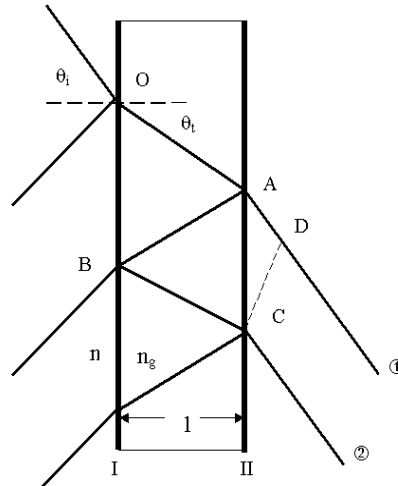
$$\phi = \frac{4\pi}{\lambda} n_g l \cos\theta_t \quad (2)$$

$$\frac{\phi}{2} = 2m \pi \frac{l \cos\theta_t}{\lambda} = m\pi \lambda \quad (m = 0,1,2,..)$$

olarak ifade edilmektedir. Fabry Perot tayfölçerleri Airy fonksiyonu $A(\phi)$ olarak adlandırılan ve Fabry-Perot etalonlarından geçen saçak desenlerini belirlemek için kullanılır.

$$A(\phi) = \frac{I_t}{I_o} = \frac{1}{1 + \frac{4R}{(1-R)^2} \sin^2 \frac{\phi}{2}} \quad (3)$$

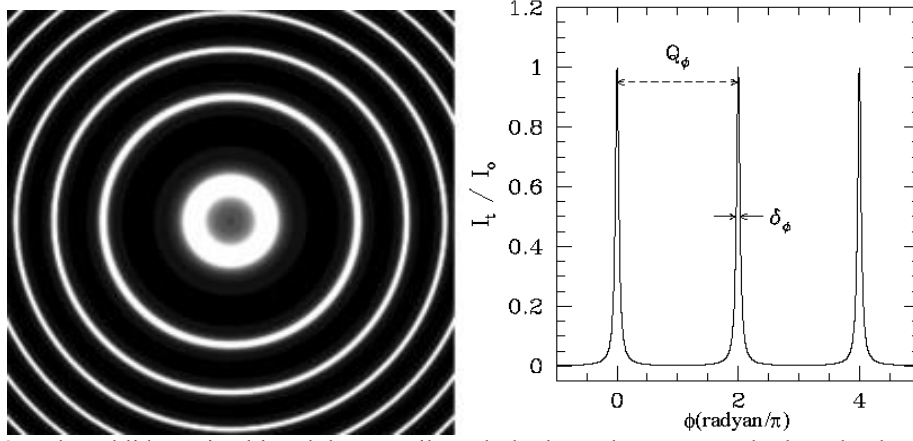
Burada ϕ , Eşitlik 2 ile verilen iki ardışık ışınım arasındaki faz farkıdır. Airy fonksiyonları Şekil 2’de görüldüğü gibi $\frac{\phi}{2} = m\pi$ ($m = 0,1,2,..$) değerleri için maksimum olmaktadır. Burada m girişim saçaklarının sıra numarasıdır. Bu nedenle, Airy fonksiyonları periyodik fonksiyonlardır. Şekil 2’deki $Q_\phi = \frac{1}{2n_g l}$ ve $\delta_\phi = \frac{2(1-R)}{\sqrt{R}}$ ifadeleri sırasıyla girişim saçaklarının serbest tayf genişliği ve yarı maksimumdaki tam genişliktir. Geçiş fonksiyonundaki her girişim deseni, Airy fonksiyonun paydasındaki $\sin^2 \frac{\phi}{2}$ ifadesinin minimum olduğu durumlarda ($\phi=0, 2\pi, 4\pi, \dots$) meydana gelir. Böylece, ϕ faz farkı 2π ’nin tam katları olduğunda maksimum geçiş ($\frac{I_t}{I_o} = 1$) oluşur[2,12,13].



Şekil 1. Ardışık iki ışın arasında meydana gelen optik yol farkı[2, 12,14]

Tek etalon kullanılan Fabry-Perot sistemlerde oluşan girişim saçaklarından başka, parazit ışık olarak adlandırılan ışınlar da Fabry-Perot plakalarından geçmektedir. Parazit ışık düzeyi Fabry-Perot plakalarının yansıtma sabitine (R) bağlı olarak değişmektedir. Parazit ışık, gürültüyü artırır ve sistemin kontrastını (C) azaltır. Ayrıca, tekli etalon sistemleri sistemin serbest tayf genişliğini sınırlamaktadır [15]. Bir Fabry-Perot girişim ölçerinde geçirgenlik Airy fonksiyonu ile belirlenmektedir. Bir Fabry-Perot girişim ölçerinde parazitli ışığın

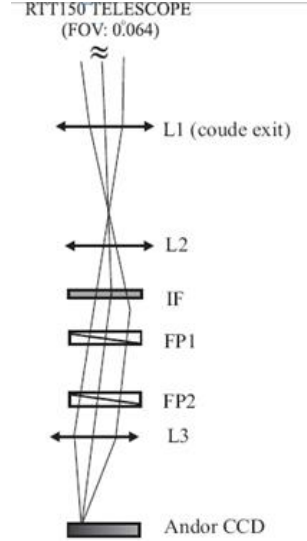
geçmesini engellemek ve tayfın kanatlarının daha keskin olmasını sağlamak için iki etalon seri olarak kullanılmaktadır. İki'den fazla Fabry-Perot etalonu seri olarak kullanıldığında iki komşu saçak arasındaki serbest tayf genişliği daha da artmaktadır. Çoklu etalonların ayırma güçleri etalon sayısına bağlı olarak değişir ve değeri yaklaşık etalon serisindeki ayırıcılığı en geniş olan etalonun sahip olduğu ayırma gücüne eşittir [7,15,16].



Şekil 2. Tek renkli homojen bir ışık kaynağı ile aydınlatılan Fabry-Perot etalonlarında oluşan iç içe geçmiş aynı merkezli 13 tane Fabry-Perot girişim deseni ve İdeal bir Fabry – Perot (A=0, R=0.9) için elde edilen I_t/I_0 'a karşı ϕ grafiği [2, 12]

Samanyolu gökadamızını yıldızlararası ortamındaki sıcak (10^4K), düşük yoğunluklu ($\cong 0.1\text{ cm}^{-3}$) ve iyonlaşmış hidrojen bölgelerini (HII bölgeleri) ve bazı gezegenimsi bulutsuları düşük açısal çözünürlükle (FOV:4') detaylı olarak incelemek ve incelenen bölgelerin yapısı, sıcaklığı ve kinematiği hakkında detaylı bilgi edinmek amacıyla DEFPOS (Dual Etalon Fabry-Perot Optical Spectrometer: Çift Etalonlu Fabry-Perot Optik Tayfölçeri) adı verilen tayfölçer kullanılmaktadır. DEFPOS tayfölçerinin fotoğrafı ve optik çizimi Şekil 3'de verilmiştir. TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) (Alntalya/Bakırlitepe) bulunan 150 cm 'lik teleskopun (RTT150) coude çıkışında kullanılmak üzere geliştirilmiştir [13]. Şekil 3'de görüldüğü gibi RTT150 teleskobunun coude odasına yerleştirilen DEFPOS tayfölçeri üst üste yerleştirilmiş dört odacıktan oluşturulmuştur. Odacıklarda en üstte dar bantlı (20Å) parazit ışığı engellemek ve sadece $H\alpha$ tayfına yakın dalgalı boylarını geçirmek için kullanılan $H\alpha$ filtresi, onun altında ikinci ve üçüncü odacıkta $100\text{ }\mu\text{m}$ düşük çözünürlüklü ve $200\text{ }\mu\text{m}$ yüksek çözünürlüklü 7.5 cm çaplı iki adet Fabry-Perot etalonları bulunmaktadır. En alttaki odada ise odaklamayı sağlayan mercek bulunmaktadır [13]. Tüm bu işlemlerden geçen ışık mercekte odaklandıktan sonra masanın altında bulunan 2048×2048 piksel boyutlu ANDOR CCD kamerasının üzerine odaklanmaktadır. CCD kamerasının her bir piksel genişliği $13.5 \times 13.5\text{ }\mu\text{m}$ olup toplam aktif görüntü alanı $27.6 \times 27.6\text{ mm}$ 'dir.

Teleskoptan gelen ışığı tayfölçere yönlendirmek amacıyla L1 ve L2 mercekleri arasına ek bir ayna (Şekil 3'de gösterilmemiş) yerleştirilmiştir. Etalonlarının hemen altına yerleştirilen ve seri olarak kullanılan mercek sistemi L3 merceği ile aynı özelliklere sahip iki merceğin birleşiminden oluşmaktadır. Mercek sisteminin etkin odak uzaklığı $\sim 17\text{ cm}$ ($f_{\text{eff}}=f_{L3}=17\text{ cm}$)'dir. Bu mercek kombinasyonu etalonlardan geçen Fabry Perot halka görüntüsünü CCD üzerine yaklaşık 1.0 cm^2 'lik bölgeyi kaplayacak şekilde odaklamaktadır [13].



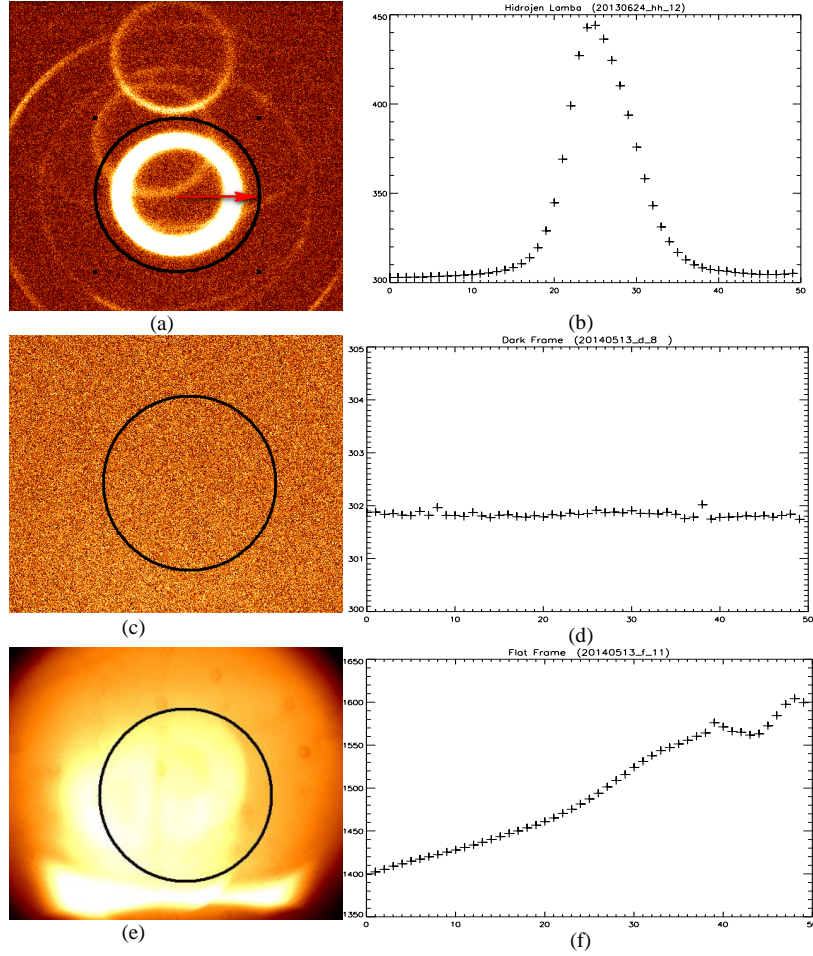
Şekil 3. DEFPOS tayföçerinin coude odasındaki konumu ve basit şematik gösterimi [13]

DEFPOS ile bir gözlem gecesinde değişik kaynaklardan alınan $H\alpha$ görüntülerinin CCD ön indirgemesi ve tayf analiz çalışmaları belirli bir sıralamaya göre yapılmaktadır. Veri indirgemesinde kullanılmak üzere her gece CCD üzerinde oluşan halka desenin merkezini ve atmosferik $H\alpha$ çizgisinin yerini belirlemek için değişik poz sürelerinde Hidrojen ve H-D (hidrojen-döteryum) lamba görüntüleri alınmaktadır. Her gece gözlemlerden önce ve sonra karanlık alan (dark field) ve düz alan (flat field) görüntüleri alınmaktadır. Hidrojen lambası ile açık hava basıncında alınan CCD görüntüsü ve bu görüntüden elde edilen tayf Şekil 4 a ve b 'de verilmiştir. CCD görüntülerindeki siyah halkalar halka toplama tekniği uygulanırken tayfin merkezden itibaren gidilmesi gereken en uzak noktaları göstermektedir. Merkeze olan uzaklığı piksel cinsinden 487 piksel olan bu noktalar alansal olarak CCD üzerinde 1cm^2 'ye karşılık gelmektedir. Görüntüler halka toplama tekniği olarak adlandırılan bir işlemle CCD indirgemesi yapılarak tayfa dönüştürülür. Halka toplama tekniği eşit alanlı halkaların eşit dalga boyu aralıklarına karşılık gelmesi prensibidir. Halka toplama tekniği kullanılarak her görüntü tek boyutlu tayflara dönüştürülerek tayfların iyi analiz edilmesi ve parlaklık kalibrasyonunun yapılması ölçülen kaynakların hızı, sıcaklığı ve kinematik özellikleri hakkında detaylı bilgi edinmemizi sağlar.

Gözlemlerde kullanılan Andor iKon-L 936 CCD kamerası $-60\text{ }^\circ\text{C}$ 'a kadar soğutulmasına rağmen bu elektronik aletlerde sıcaklığından kaynaklanan gürültü dediğimiz parazit sinyaller bulunmaktadır. Bu gürültüleri tespit etmek amacıyla her gözlem gecesinde dark dediğimiz karanlık alan (dark field) görüntüleri alınmaktadır. (Şekil 4c,d). Karanlık alan görüntülerindeki her bir pikseldeki parlaklık değerleri indirgeme işlemi sırasında galaktik ve düz alan görüntülerinden her bir piksellerindeki parlaklık değerlerinden tek tek çıkarılmaktadır.

Düz alan (Flat Field) görüntüleri hem alette optik eksen dışına doğru olan kararmalarda (vignetting) hem CCD'nin kuantum etkinliğinde (QE) piksel-piksel olan farklılıklardan ve hem de 7.5 cm çapında giriş açıklığı olan tayföçerdeki optiğin geçirgenliğinden kaynaklanan farklı verilerin düzeltilmesinde kullanılmaktadır [12,17]. Her gözlemden önce ve sonra farklı pozlarda düz alan görüntüleri alınmaktadır. 600 s poz süresinde teleskoptan alınan düz alan görüntüsü ve elde edilen tayfı Şekil 4e ve Şekil 4f'de verilmiştir. Şekil 4e'de halka görüntüsünün merkezi parlaklığı yaklaşık 1600ADU civarında iken dışa doğru gidildikçe parlaklık değeri 1400ADU civarına düşmektedir. Düz alan görüntüsü bulunan ortalama parlaklık değerine bölünerek düz alan normalize edilerek yaklaşık 1 seviyesine edilir. CCD

görüntülerindeki aletsel etkilerinin çıkarılmasındaki sondan bir önceki aşama galaktik $H\alpha$ verilerinin düz alan görüntülerine bölünmesi gerekmektedir. Vignetting olayı nedeni ile ışık CCD' nin merkez bölümüne daha fazla düşmekte ve merkezden dışa doğru gidildikçe parlaklık oranı düşmektedir [12]. Bu nedenle optik geçirgenliğin farklılıklarını ortadan kaldırmak amacıyla her görüntü normalize edilmiş olan düz alan görüntüsüne bölünmektedir. İndirgeme işlemi yapılmış CCD görüntülerine halka toplama tekniği uygulanarak iki boyutlu eğrisi şeklinde tayflar elde edilir. Peakfit 4.00 programı kullanılarak tayflara en uygun gauss eğriler geçirilir ve bu eğrilerin yarı genişlikleri (FWHM) genlikleri tayfların merkezleri ve Alanları belirlenir ve text olarak kaydedilir [12].



Şekil 4. Hidrojen lambası kullanılarak açık hava basıncında alınan CCD görüntüsü (a) ve halka toplama tekniği kullanılarak elde edilen tayfı (b), Karanlık alan görüntüsü (c) ve tayfı (d), Teleskoptan alınan düz alan görüntüsü (f) ve tayfı (f)

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) (Alıntalya/Bakırlıtepe) bulunan 150 cm'lik teleskobun (RTT150) coude çıkışına yerleştirilen DEFPOS (Dual Etalon Fabry-Perot Optical Spectrometer: Çift Etalonlu Fabry-Perot Optik Tayfölçeri) Tayfölçeri ile Samanyolu gökadamızdaki bazı gezegenimsi bulutsuları düşük açısal çözünürlükle detaylı olarak $H\alpha$ (6563 Å) incelenmiş ve incelenen bölgelerin hızı, parlaklığı ve yarı genişlikleri hakkında tayfsal bilgiler elde edilmiştir. 30 km/s tayfsal çözünürlüklü, 200 km/s hız aralığındaki $H\alpha$ ışınımını 4 açı dakikalık görüş alanı ile (FOV:4') ölçecek şekilde tasarlanmış olan 7.5 cm çaplı DEFPOS tayfölçeri ile birlikte dar bantlı (20 Å) $H\alpha$ filtresi kullanılmıştır [13]. DEFPOS/teleskop sisteminde 2048x2048 pikseli ve her bir pikselinin boyutu

13.5µm x 13.5µm ve toplam 27.6 x 27.6 mm aktif görüntü alanına sahip termoelektrik soğutmalı Andor İKON-L CCD görüntüleme kamerası kullanılmıştır. CCD kamerasının kuantum verimliliği (QE: Quantum Efficient) H α 'da yaklaşık %95 kadardır.

DEFPOS ile elde edilen Balmer α ışınım çizgilerinin diğer çalışmalarla karşılaştırılması bilimsel bir yorum yapılabilmesi açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle, gökyüzünden alınan CCD görüntüleri halka toplama tekniği kullanılarak ADU (Arbitray Digital Unit) biriminde bir boyutlu tayflara dönüştürülmektedir. Tayfların parlaklık değerleri enerji birimi olan Rayleigh (R) (H α 'da $1R = 10^6 / 4\pi$ foton $cm^{-2}s^{-1}sr^{-1} = 2.4 \times 10^{-7}$ erg $cm^{-2}s^{-1}sr^{-1}$) biriminde elde edilmesi için tayfölçerin parlaklık kalibrasyonu yapılırken yüzey parlaklığı bilinen ve parlaklığı uzun süre değişmeyen kaynaklar kullanmak gerekmektedir. En uygun kaynaklar Fabry-Perot tayfölçerlerinin görüş alanlarını (FOV: Field of View) tam olarak doldururlar ve dünyanın dış atmosferinde olduklarından atmosferik olaylardan da etkilenmeyen bulutsulardır (Nebula) [13,14,17].

Parlaklık ayarlaması için temel olarak NGC7000 (North American Nebulae) gibi yüzey parlaklığı uzun süre değişmeyen bulutsu kaynaklardan gelen H α ışınım çizgisi kullanılmaktadır. Scherb (1981) [19] Fabry-Perot tayfölçeri ile standart yıldızları ve NGC 7662 gezegenimsi bulutsuyu kullanarak NGC7000 ($\alpha_{2000} = 20^h58^m4^s$, $\delta_{2000} = 44^\circ35'43''$)'in H α yüzey parlaklığını 49 açı dakikalık bölgesi için 850 ± 50 R olarak bulmuştur. Tayfölçer ile alınan galaktik verilerin parlaklık kalibrasyonu için Morgenthaler ve arkadaşları (2001) [18] tarafından NGC7000'nin yüzey 900R olarak tahmin edilen 4 açı dakikalık bölgesi seçilmiştir. Bu nedenle her gözlem gecesi NGC7000'nin bu bölgesinden en az iki tane H α tayfi alınmakta ve analizleri yapılarak ADU birimindeki bu tayflar 900R'a dönüştürülmektedir. Daha sonra gözlem gecesi boyunca alınan diğer galaktik tayflar veri indirilmesi yapıldıktan sonra bu kalibrasyon değerleri kullanılarak Rayleigh birimine dönüştürülmüştür. Her gözlem gecesinde kalibrasyon için NGC7000'den alınan tayfların kalibrasyonları aynı zamanda hava koşullarına bağlı olan etkilerin de analizlerde göz önünde bulundurulmuş olmaktadır [14, 20].

DEFPOS ile ölçülen galaktik NGC281, NGC6992, NGC7000 ve NGC7635 verilerinin hakkında genel bilgi Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de, kaynakların isimleri, ekvatorial koordinat sistemine göre sağ açıklığı, (α_{2000}), deklinasyonu (δ_{2000}), alternatif isim, uzaklığı (kpc), açısal boyutları ('), görünür parlaklıkları verilmiştir.

Tablo 1'de verilen kaynaklardan DEFPOS ile elde edilen tayfların CCD indirilmesi yapıldıktan sonra gerekli düzeltmeler yapıp bütün veriler tek tek incelenmiştir. Tablo 2' de DEFPOS ile alınan gözlemlerden elde edilen bazı özellikleri verilmiştir. Verilerin analizleri yapıldıktan sonra LSR hızlarını bulmak için, <http://www.astro.virginia.edu/cgi-bin/utills/vlsrweb> sitesi kullanılmıştır. Birinci sütunda kaynağın adı ikinci, üçüncü ve dördüncü sütunlarda sırasıyla DEFPOS ile elde edilen verilerin LSR hızları (km/s), (FWHM) (km/s) değerleri ve parlaklıkları (R), son iki sütunda ise literatürde verilen değerlerle karşılaştırmak amacıyla taranan hız değerleri VLSR(km/s), son sütunda ise literatürde verilen FWHM ve VLSR değerleri karşılaştırmak amacıyla verilmiştir. Literatürden elde edilen değerlerin hangi yazara ait olduğunu belirtmek amacıyla her verinin üstünde küçük harflerle not düşülmüş ve tablonun altında harf sırasına göre verilmiştir.

NGC281, NGC6992, NGC7000 ve NGC7635 kaynakları ve bu kaynaklardan elde edilen sonuçlar hakkında detaylı bilgiler aşağıda anlatılmıştır.

Tablo 1. DEFPOS ile ölçülen galaktik NGC281, NGC6992, NGC7000 ve NGC7635 verilerinin hakkında genel bilgi

Veri Adı	NGC281	NGC6992	NGC7000	NGC7635
α_{2000} (s:d:s)	00:52:25	20:56:20	20:58:04	18:20:47
δ_{2000} (d:d:s)	+56:33:54	+31:44:36	+44:35:43	+61:12:06
Alternatif isim	Sh2 -184	Sh2-103, W78	Sh2-117	Sh2-162
Uzaklık (kpc)	2.2 ²	0.48 ²	0.8 ⁶	3.5 ⁶
Açısal Boyut(')	40 ³	3 ²	240 ^{3,6}	40 ^{3,6}
Görünür Parlaklık (m)	7.3 ²	7 ²	4	6.48 ³

Tablo 2. NGC281, NGC6992, NGC7000 ve NGC7635 kaynaklarından DEFPOS ile gözlenen sonuçları ve referans sonuçlar

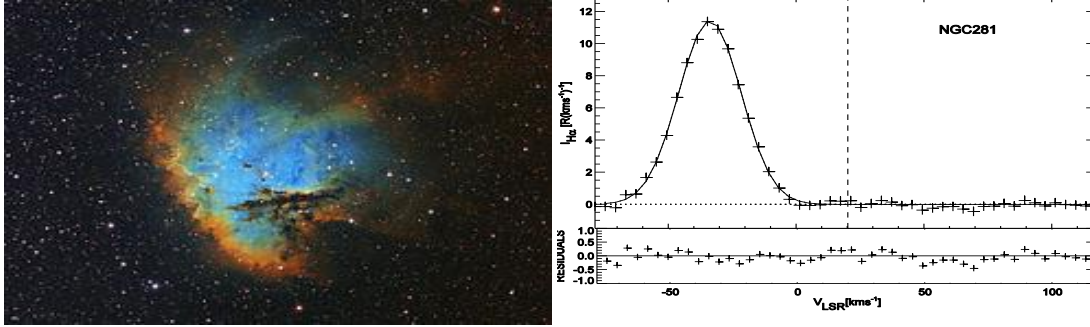
Kaynak	VLSR (km/s) (DEFPOS)	FWHM(km/s) (DEFPOS)	Parlaklık(R) (DEFPOS)	FWHM(km/s) (Ref.)	VLSR(km/s) (Ref.)
NGC281	-33.53	28.92	351.62	45.3 ^a , 27.2 ^b , 20.4 ^c	-24.9 ^a , -27.3 ^b , -29.7 ^c , -30.4 ^d
NGC6992	-11.99 +20.86 +54.07	41.80 42.43 48.01	93.77 209.96 201.45	66.2 ^b	-19.2 ^f , 32.7 ^b
NGC7000	-9.96	35.74	902.36	-	0.0 ^d
NGC7635	-46.72	31.40	763.85	35.0 ^b	45.1 ^b , -51.0 ^e , -44.7 ^d

^a Şahan vd. (2009) [13]; ^b Fich vd. (1990) [21]; ^c Lockman (1989)[22]; ^d Blitz vd. (1982)[23]; ^e Schneider ve Terzian (1983)[24]; ^f Simbad data Base

3.1. NGC281 (Sh2-184) HII Bölgesi

1881 yılında Edward Barnard tarafından yayılı ve geniş bir nebula olarak keşfedilen bu bölge amatör teleskoplar tarafından rahatlıkla gözlemlenebilmektedir. Nebulanın merkezi ekvatorial koordinatları $\alpha_{2000} = 00^h 52^m 25^s.1$ $\delta_{2000} = +56^\circ 33' 54''$ (J2000)'tür. Açısal boyut(V) $35' \times 30'$ ve Görünür parlaklık 7.3 olan nebulanın CCD ile alınan görüntü ve tayfı Şekil 5'de verilmiştir. H α tayfı incelendiğinde tayfin yarı genişliği 28.92 kms⁻¹, şiddeti 0.56 R/kms⁻¹, hızı -33.53 olarak ölçülmüş parlaklığı ise 351.622 R olarak bulunmuştur.

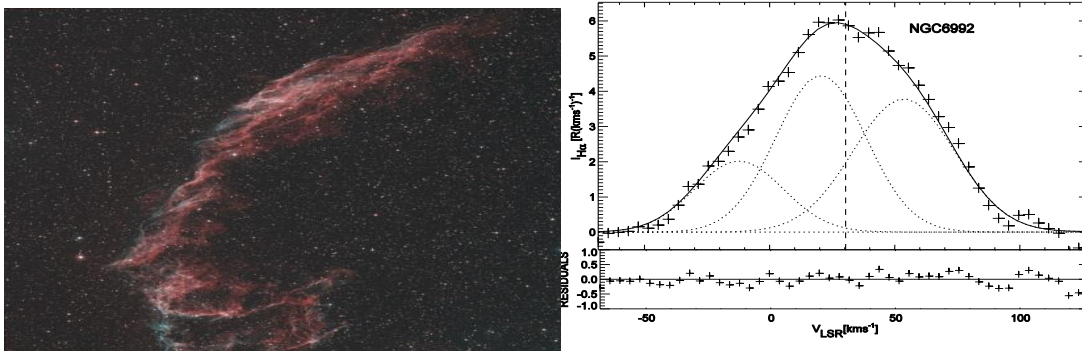
Lockman (1989) [22] tayfin hızını ve yarı genişlik değerlerini sırasıyla -29.7 km/s ve 20.4 km/s olarak bulmuştur. Fich ve ark., (1990) [21] ise, aynı bölgenin tayfin hızını ve yarı genişlik değerlerini sırasıyla -27.3 km/s ve 27.2 km/s olarak ölçtüler. Nebulanın V_{CO} hızı, Blitz ve ark. (1982) [23] tarafından -30.4 km/s olarak bulunmuştur. Şahan ve ark. (2009) [13] tayfin bulutsunun hızı ve yarı genişlik değerleri sırasıyla -24.9 km/s ve 45.3 km/s olarak ölçülmüştür. Buradaki değerlere bakıldığında yapının maviye doğru kaydığı ve dolayısıyla bize yaklaştığı görülmektedir Bu değerlerde bizim bulduğumuz değerler ile uyum içerisindedir.



Şekil 5. NGC281 Bulutsusunun görüntüsü(a) ve CCD görüntüsünden elde edilen H α tayfı(b).

3.2. NGC6992 (IC1340: Caldwell 33-34) Bulutsusu

1784 William Herschel tarafından keşfedilen nebula doğu veil nebula olarak bilinir ve nebula'nın merkezi ekvatorial koordinatları $\alpha_{2000} = 20\ 56\ 20$, $\delta_{2000} = +31\ 44\ 36$ dir. Açısal boyut(V) 3 ve görünür parlaklığı 7dir. Yarıçapı yaklaşık 210''(açısanıyesi: arcmin) olan bir bölgedir. Bulutsunun uzaklığı kesin olarak bilinmese de 0.79 kpc olarak hesaplanmıştır. Bu bölge 5000 ile 8000 yıl önce patlamış bir süpernovanın kalıntıları olup kızılötesi ve ultraviyole dalgaları zengin bir emisyon çizgi spektrumu yayar. Bu bölgeden CCD ile alınan görüntü ve tayfı Şekil 6'da verilmiştir. Buradaki değerlere bakıldığında sol taraftaki Gauss eğrisinin yarı genişliği 41.79 km/s, şiddeti 0.10 R/kms⁻¹, LSR'a göre hızı -11.98 km/s ve parlaklığı 89.79 R olarak ölçülmüştür. Ortadaki şekilde ise Gauss eğrisinin yarı genişliği 42.43 km/s, şiddeti 0.22 R/kms⁻¹, hızı 20.86 km/s ve parlaklığı ise 201.05 R olarak ölçülmüştür. Aynı şekilde sağ taraftaki Gauss eğrisinin yarı genişliği 48.01 km/s, şiddeti 0.18 R/kms⁻¹, hızı 54.07 km/s ve parlaklık 192.90 R olarak ölçülmüştür. Bu üç eğrinin toplam parlaklığı ise 483.75 R olup NGC6992 bulutsusundan alınan tayfın parlaklık değerini göstermektedir. Fich ve ark., (1990) [21] ise aynı bölgenin tayfın hızını 32.7 ve yarı genişlik değerlerini 66.2 olarak ölçmüş ve katalog haline getirmiştir. Soldaki, ortadaki ve sağdaki yapılar bakıldığında soldaki yapının Doppler hız kaymasına göre maviye kaydığı ve bize doğru yaklaştığı, ortadaki ve sağdakinin ise kırmızıya doğru kaydığını ve bizden uzaklaştığını görülmektedir.

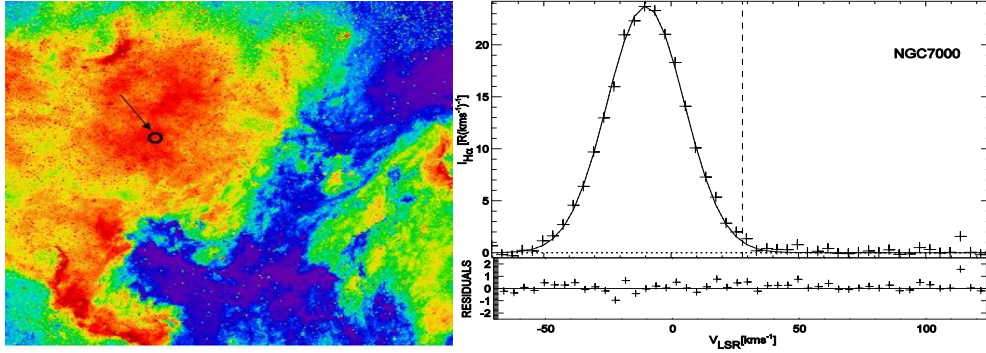


Şekil 6. NGC6992 Bulutsusunun görüntüsü(a) ve CCD görüntüsünden elde edilen H α tayfı(b).

3.3. NGC 7000 (North America : NAN : Caldwell 20) Yayınım Bulutsusu

1786 yılında Friedrich William Herschel tarafından keşfedilen bu bölge şaşırtıcı bir şekilde Meksika körfezi ile kuzey Amerika kıtasına benzediği için kuzey Amerika bulutsusu olarak da bilinir. Bulutsunun merkezi ekvatorial koordinatları $\alpha_{2000} = 20\ 58\ 47$, $\delta_{2000} = +44\ 19.8$

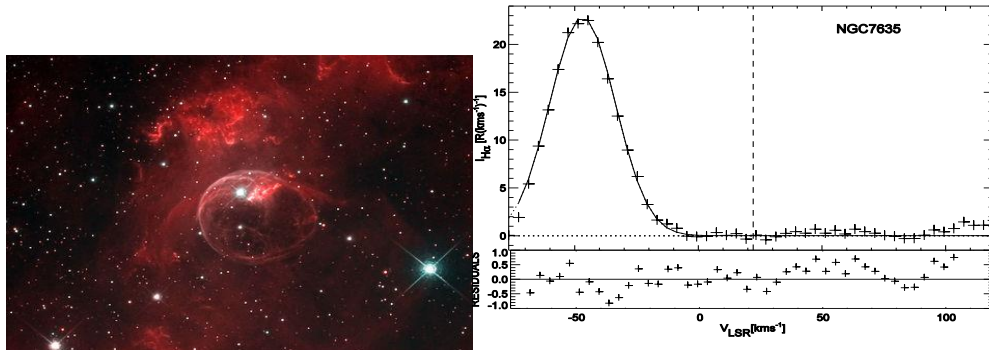
(Galaktik koordinatları $l=085.501$ $b=-00.985$), uzaklığı 675 ± 30 pc (2.200 ± 100 IY)'dir. 2013 yılı haziran ayında yaptığımız gözlemler sonucunda NGC7000'in parlaklık değeri kalibrasyon yapıldıktan sonra 902.36R olarak bulunmuştur. Elde ettiğimiz bu katsayı aynı gün içinde aldığımız diğer verileri kalibre etmek için kullanılmıştır. Tayföçer ile NGC 7000 bölgesinden aldığımız CCD ile alınan görüntü ve tayfi Şekil 7'de verilmiştir. H α tayfi incelendiğinde tayfin yarı genişliği 35.74 km/s, hızı -9.96 km/s ve parlaklığı ise 902.36 R olarak ölçülmüştür. LSR hızına baktığımızda bu bölgenin maviye doğru kaydığı dolayısıyla bize doğru yaklaştığı görülmektedir.



Şekil 7. NGC7000 gezegenimsi bulutsusunun görüntüsü(a) ve CCD görüntüsünün tayfi (b)

3.4. NGC7635: (Sh2-162) Bulutsusu

1787 yılında Friedrich William Herschel tarafında keşfedilen bu bölge kabarcık bulutsusu (Bubble nebula) olarak bilinir. Nebulanın merkezi ekvatorial koordinatları $\alpha_{2000} = 23 20 48.3$ $\delta_{2000} = +61 12 06$ tür. Açısal boyut $15' \times 8'$ ve görünür parlaklık 10^m olan nebula bu bölgeden CCD ile alınan görüntü ve tayfi Şekil 8'de verilmiştir. H α tayfi incelendiğinde tayfin yarı genişliği 31.40 km/s, şiddeti 0.56 R/ km/s ve hızı -46.72 km/s ve parlaklığı ise 763.85 R olarak bulunmuştur. Buradaki değerlere bakıldığında yapının maviye doğru kaydığı ve dolayısıyla bize yaklaştığı görülmektedir. Nebulanın heliocentric hızı ($V_{HEL} = V_{LSR} - 10.3$ km/s) 'dir. Fich ve ark., (1990) [21] aynı bölgeden elde ettikleri tayfin hızını ve yarı genişlik değerlerini sırasıyla -45.1 km/s ve 35.0 km/s olarak tespit etmişlerdir. Schneider ve Terzian (1983) [24] ise, aynı bölgeden elde ettikleri tayfin hızını -51 km/s olarak bulmuşlardır. Nebulanın V_{CO} hızı, Blitz ark. (1982) [23], tarafından -44.7 km/s olarak bulunmuştur.



Şekil 8.7635 Bulutsusunun görüntüsü(a) ve CCD görüntüsünden elde edilen H α tayfi(b)

4. Sonuç

Sonuç olarak, DEFPOS (Dual Etalon Fabry–Perot Optical Spectrometer: Çift Etalonlu Fabry–Perot Optik Tayfölçeri) tayfölçeri ile Samanyolu gökadasında bulunan dört gezegenimsi bulutsudan (NGC281, NGC6992, NGC7000 ve NGC7635) alınan tayfların analizleri yapılarak incelenen bölgelerin sırasıyla LSR hızları (km/s) ve parlaklıkları (R), taranan hız değerleri VLSR(km/s) ve yarı genişlik (FWHM) değerleri (km/s) elde edilmiştir. Elde edilen verilerin HII bölgelerinden alınan bu verilerin literatürde verilen makalelerle Fich vd. (1990) [21], Lockman (1989) [22], Biltz vd.(1982) [23], Schneider vd. (1983) [24] karşılaştırılması yapılmış ve alınan verilerin uyumlu olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG) tarafından desteklenmiştir. Proje numaraları:14ARTT150-568 ve 14BRTT150-660.

Kaynaklar

- [1] Joss B.H., Reynolds R.J., 2000. arXiv:astro-ph//0006058 v1, Encyclopedia of astronomy and astrophysics, MacMilan and Institute of Physics Publishing.
- [2] Tufte S.L., 1997. The WHAM spectrometer: Design, performance characteristics and first results, Ph.D. thesis, Physics Department, University of Wisconsin, USA.
- [3] Ferrière K.M., 2001. The Interstellar Environment of Our Galaxy (Observatoire Midi-Pyrénées, 31400 Toulouse, France), *Reviews of Modern Physics*, 73(4): 1031-1066.
- [4] Reynolds, R.J., 1984. Optical emission line studies and the warm ionized component of the local interstellar medium. *International Colloquium On The Local Interstellar Medium*.
- [5] Madsen G.J., Reynolds R.J., Haffner L.M., 2006. A multi wavelength optical emission line survey of warm ionized gas in the galaxy, *The Astrophysical Journal*, 652 (1):401-425.
- [6] Strömgen B., 1939. The physical state of interstellar hydrogen, *Astrophysical Journal*, 89: 526-547.
- [7] Roesler F.L., 1974. Fabry-Perot instruments for astronomy, *Methods of Experimental Physics*. Vol. 12, Academic Press. Inc. Part 12.
- [8] Nossal, S. M., Roesler, F. L., Reynolds, R. J., M. Haffner, S. Tufte, J. Bishop, and J. Percival, 2001. Geocoronal Balmer α intensity measurements using the WHAM Fabry-Perot facility, *J. Geophys. Res.*, 106: 5605-5616.
- [9] Şahan M., Yegingil I., Aksaker N., 2007. Observation of the geocoronal balmer alpha with defpos, *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Science*, 18 (1): 85–96.
- [10] Reynolds R. J., Roesler F. L., Scherb F., Harlander J., 1990. Fabry-Perot/Ccd Multi Channel Spectrometer for The Study of Warm Ionized Interstellar Gas and Extragalactic Clouds. SPIE The International Society For Optical Engineering. Instrumentation in Astronomy, VII, 1235: 610-621.
- [11] Coakley M. M., Roesler F.L., Reynolds R.J., Nossal S., 1996. Fabry-Perot CCD annular summing spectroscopy: study and implementation for astronomy applications, *Applied Optics*, 35 (33): 6479-6493.
- [12] Şahan M., 2004. DEFPOS: Tasarımı özellikleri ve ilk sonuçları, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- [13] Sahan M., Yegingil I., Aksaker N., 2009. H α measurements using DEFPOS/RTT150 telescope: instrumentation and observations, *Research in Astronomy and Astrophysics*, 9 (2): 237-248.
- [14] Mierkiewicz E. J., 2002. Fabry-Perot Observations of The Hydrogen Geocorona, Ph.D. thesis, University of Wisconsin, Physics Department, USA.
- [15] Miller E.E., Roesler F.L., 1998. Applied optics, University of Wisconsin, (Eds: Murray A. Thompson), USA, pp. 550-780.
- [16] Mack J.E, Mcnutt D.P., Roesler F.L., Chabbal R., 1963. PEPSIOS Purely interferometric high resolution scanning spectrometer. I, *The Plot Model, Applied Optics*, 2 (9): 873-885.
- [17] Nossal S., Roesler F.L., Bishop J., Reynolds R.J., Haffner M., Tufte S., Percival J., Mierkiewicz E.J., 2001. Geocoronal halpha intensity measurements using the wisconsin halpha mapper fabry-perot facility, *Journal of Geophysical Research*, 106 (A4): 5605-5616.
- [18] Morgenthaler J. P., Harris W. M., Scherb F., Oliverson R. J., Doane N. E., Combi M. R., Marconi M. L., Smyth W. H., 2001. Large-Aperture [O I] 6300 Å photometry of Comet Hale-Bopp: Implications for the photochemistry of OH., *The Astrophysical Journal*, 563: 451-461.

- [19] Scherb F., 1981. Hydrogenp rates from ground-based Fabry-Perot observations of Comet Kohoutek, *The Astrophysical Journal*, 243 (1): 644-650.
- [20] Sahan M., Oflaz F. M., Yegingil I., Tel E., 2006. H α line measurements from ten diffuse galactic sources using the DEFPOS facility, *Astronomische Nachrichten*, (88):789-798.
- [21] Fich M., Treffers R. R., Dahl G.P., 1990. Fabry-Perot H-alpha observations of Galactic H II regions, *Astronomical Journal*, 99: 622-637.
- [22] Lockman F.J., 1989. A survey of radio H II regions in the northern sky, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 71: 469-479.
- [23] Blitz L., Fich M., Stark A.A., 1982. Catalog of CO radial velocities toward galactic H II regions, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 49: 183-206.
- [24] Schneider S. E.; Terzian Y.; Purgathofer A.; Perinotto M., 1983. Radial velocities of planetary nebulae, *Astrophysical Journal Supplement Series*, 52: 399-423.

Fatih Mehmet Oflaz e-posta: fatihoflaz33@hotmail.com

Halil İbrahim Tıraş e-posta: itiras@gmail.com