

DEFPOS-RTT150 İle Yapılan H-alpha Çalışmaları

Muhittin Şahan^{1*}, Nazım Aksaker² ve İlhami Yeğingil³

¹ Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü,
Osmaniye

² Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Adana

³ Çukurova Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İktisadi ve İdari
Programlar Bölümü, Adana

Özet Samanyolu gökadasının yıldızlararası ortamındaki yayılı durumdaki iyonize olmuş gazdan gelen galaktik H α (6563 Å) çizgisini ölçmek amacıyla geliştirilen DEFPOS tayfölçeri, RTT150 teleskopunun (f/48) coude odağına yerleştirilmiş (TUG, Antalya) ve gerekli test çalışmaları tamamlanarak, 2007 yılından itibaren galaktik H α gözlemleri yapmaya başlamıştır. 7.5 cm çaplı, çift etalonlu DEFPOS tayfölçeri, 200 km/s (4.4 Å) tayf aralığında, 4' açısal görüş alanına ve 30.0 km/s hız çözünürlüğüne (tayfsal ayırma gücü \approx 10000) sahiptir (Şahan ve ark., 2009). DEFPOS görüş alanı ve hız çözünürlüğü nedeniyle oldukça özel bir tayfölçerdir. Tayfölçerin dalga boyu kalibrasyonu Hidrojen-Döteryum tayfsal lambası kullanılarak yapılmış ve her bir tayfsal element 4 km/s (0.0874 Å) olarak belirlenmiştir. Parlaklık ayarlaması ise NGC7000 bulutsusunun dokuz farklı bölgesinden farklı poz sürelerinde (300 s ile 1200 s) elde edilen veriler kullanılarak yapılmıştır. Bu bölgeden alınan tayflar, Morgenthaler ve arkadaşları (2001) tarafından elde edilen sonuç ile karşılaştırılmış ve 1 ADU değerinin 2337.4 R parlaklık değerine karşılık geldiği bulunmuştur (Aksaker ve ark., 2009). 23 Mayıs 2007-27 Eylül 2008 tarihleri arasında HII bölgelerinden ve gezegenimsi bulutsulardan galaktik H α yayını çizgileri gözlenmiş ve 59 farklı kaynaktan toplam 130 H α tayfi elde edilmiştir. Alınan tüm verilerin analizleri yapılarak her verinin parlaklık, LSR'a göre hız ve çizgi genişlik (*FWHM*) değerleri belirlenmiştir. Analizleri tamamlanmış sonuçlar, önceden elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve uyumlu olduğu görülmüştür. Açısal genişliği yaklaşık 4' olan gezegenimsi bulutsular ve HII bölgelerinin radyal hız, çizgi genişliği ve parlaklığı gibi bazı özellikleri içeren bir katalog çalışması devam etmektedir. Bu çalışmada DEFPOS ile yapılan araştırmalar anlatılacaktır.

1 Giriş

Evren, en küçük atomaltı parçacıklardan gezegenlere, yıldızlara, gökadalara ve hatta en büyük galaktik süperkümelere kadar var olan her şeyi içine

* Muhittin Şahan: muhittinsahan@osmaniye.edu.tr

alır. Genişliği tam olarak bilinmemekle birlikte, evren, her biri ortalama 100 milyar yıldız içeren yaklaşık 100 milyar gökada içerdiğini tahmin edilmektedir. Gökadalar, yıldızlar, yıldızlararası gaz ve tozdan meydana gelmektedir. Samanyolu gökadasında merkezinden itibaren yaklaşık 8.5 kpc ($1\text{pc}=3.086 \times 10^{13}$ km) genişliğe sahip son derece zayıf ve her yere dağılmış yayılı bir disk içinde yaklaşık 100 milyar yıldız bulunduğu tahmin edilmektedir. Samanyolu Gökadasındaki yıldızlar, genel olarak yıldızlararası ortam (Interstellar Medium) olarak adlandırılan son derece zayıf ve yayılı bir ortam içinde bulunmaktadır. Yıldızlararası ortamdaki maddenin yaklaşık %99'u gazlardan (atomlar, moleküller, iyonlar, elektronlar ve kozmik ışınlar) ve geri kalanı (% 1) ise tozlardan, gezegenlerden, kuyruklu yıldızlardan, asteroitlerden, manyetik alanlardan ve kozmik ışın olarak adlandırılan yüklü parçacıklardan oluşmaktadır. Samanyolu gökadasındaki yıldızlararası ortam çok geniş bir alanı kapsamasına rağmen, gökada kütlelerinin sadece çok küçük bir kısmını (\approx % 10-15) oluşturduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, gökada ekosistemi içindeki fiziksel ve kimyasal oluşumların büyük bir kısmında oldukça önemli rol oynamaktadır (Ferriere, 2001)

Yıldızlararası ortamdaki gaz, çoğunlukla hidrojenen (%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 havuzu ağır elementli karbon (C), azot (N), oksijenli (O) yıldız rüzgârları ve süpernovalar tarafından sağlanan şok dalgalarla zenginleştirilmiştir. Yıldızlararası ortamdaki hidrojen: moleküler (H_2) ($T \approx 10-20$ K), atomik (HI) ($T \approx 100$ K) ve iyonlaşmış (HII) (1000K) olmak üzere üç farklı şekilde bulunmaktadır. Gökadamızdaki iyonlaşmış hidrojenin (H^+) varlığı eskiden beri bilinmekte ve gazın iyonlaşma nedeni Strömgren küreleri ya da klasik HII bölgeleri olarak adlandırılan sıcak yıldızların çevresindeki parlak iyonize olmuş bölgelerle ilişkilendirilmekteydi (Strömgren, 1939; Mozt and Annetta,1977). Fakat, daha sonradan yapılan çalışmalarda, klasik HII bölgelerinin gökadada içindeki iyonize olmuş hidrojenin sadece %10'unu oluşturduğu, geri kalan %90'ını ise gökada diskinin 2-3 kpc'lik bir kalınlıktaki tabakasının %20'sini dolduran sıcak (10^4 K), düşük yoğunluklu ($\approx 0.1 \text{ cm}^{-3}$) ve yaklaşık tamamı iyonlaşmış hidrojen bölgelerinde olduğu görülmüştür. Sıcak İyonize Olmuş Ortam (Warm Ionized Medium: WIM) ya da Reynolds Layers olarak adlandırılan yayılı durumdaki bu iyonize olmuş gaz, yıldızlararası ortamın en önemli ve en büyük bileşenini oluşturmaktadır (Reynolds , 1988). Gökada düzlemine dik bir çizgi boyunca iyonize olmuş hidrojenin sütun yoğunluğu $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$ 'dir ve atomik (HI) hidrojenin 1/3'ü kadardır (Reynolds, 1984). Yıldızlararası ortamın yayılmış, sıcak (10^4 K), düşük yoğunluklu ve hemen hemen tamamı iyonlaşmış hidrojenin bileşenin genel özellikleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Yıldızlararası ortamdaki hidrojeni iyonlaştıran mekanizmanın kaynağının ne olduğu henüz tam olarak bilinmemekle birlikte, iyonlaşma mekanizması hakkında değişik modeller ileri sürülmüştür. Bu modeller; O tipi yıldızlar

Çizelge 1. Yıldızlararası ortamın sıcak (10^4 K) iyonlaşmış bileşeninin genel karakteristikleri

HII Yüzey Yoğunluğu	$N_H + \approx 2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-2}$	Yayınım Ölçümü	$\approx 4.5 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}$
Orta düzlemden yüksekliği	$\approx 1 \text{ kpc}$	Skala Yüksekliği	$\approx 1000 \text{ pc}$
İyonlaşma Oramı	$\approx 5 \times 10^6 \text{ sn}^{-1} \text{ cm}^{-2}$	Skala Yüksekliği	$\approx 1000 \text{ pc}$
Radyal hızı	$\approx 12\text{-}30 \text{ km/s}$	elektron yoğunluğu	$\approx 0.03 \text{ cm}^{-3}$
Yayınım Ölçümü	$\approx 4.5 \text{ cm}^{-6} \text{ pc}$	Dolum Kesri	$> \%20$
Skala Yüksekliği	$\approx 1000 \text{ pc}$	Kütlesi	$1/3 \text{ H}^\circ$
		Sıcaklığı	$T \approx 10^4 \text{ K}$

tarafından ortama bırakılan UV ışımının yıldız çevresindeki gazın iyonlaşması (HII bölgelerini), gökadamızdaki manyetik rüzgârların etkisi gibi egzotik nedenler, kozmik ışıklardan kaynaklanan elektronların etkileri ve karanlık maddenin bozunmasına kadar değişik nedenler ileri sürülmektedir (Reynolds, 1993 ,1997; Reynolds vd., 2002). Yıldızlararası ortamın McKee ve Ostriker (1977) modeline göre, sıcak (10^4 K), yayılmış iyonize hidrojen gazı soğuk HI bulutları ile çok sıcak (10^6 K), düşük yoğunluklu koronal gaz arasındaki geçiş bölgelerine yerleşmiştir ve çevrelerindeki O tipi yıldızlar ve süpernova kalıntılarından ortaya çıkan oldukça seyrek Lyman süreklilik akısı ile iyonlaştırılmaktadırlar. Fakat, iyonlaşmış hidrojenin çoğunun, gökada diskinin geleneksel yapısını belirleyen yıldız tabakalarının ve HII bulutlarının oldukça üst bölgelerinde olması gerçeğiyle bu teori tam olarak uyuşmamaktadır. Bu nedenle, bu gazın varlığı, yıldızlararası ortam ve gökadanın daha düşük halesinin birleşimi ve bunların içindeki ısınma ve iyonlaşmanın temel işlevlerini anlamamız açısından önemli ilişkiye sahiptirler (Reynolds ,1997).

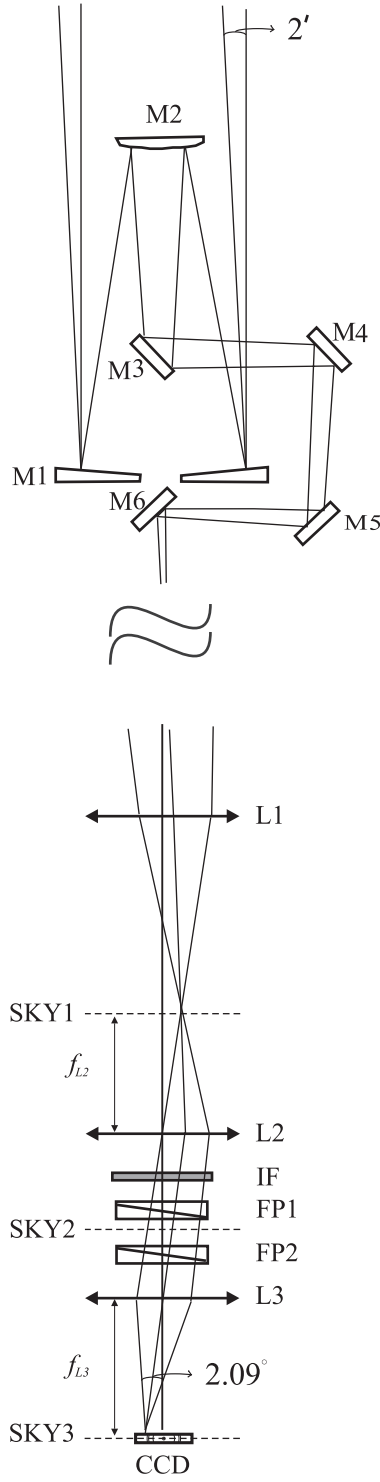
2 Materyal Ve Metod

Sıcak yıldızlararası ortamdaki elektronlar ile iyonize olmuş hidrojen yeniden birleştiğinde, görünür dalga boyunda (özellikle $H\alpha$ 'da: $\lambda_{H\alpha} = 6563\text{\AA}$) ışımın yayınlanır. $H\alpha$ ışımın çalışmaları birçok çalışma için önemli bir araçtır. $H\alpha$ tayflarını kullanarak bölgenin $H\alpha$ haritaları hazırlanmakta ve bölgenin sıcaklığı, hızı gibi pek çok kinematik özellikleri incelenmektedir. Aynı zamanda, HII bölgelerinin hızlarının çalışılması gökadanın dinamiği hakkında detaylı bilgi sağlamaktadır. Yıldızlararası ortamda bulunan yayılı durumdaki sönük kaynakların yüksek çözünürlüklü tayfsal analizleri için Fabry-Perot tayfölçerleri oldukça uygun aletlerdir. Fabry-Perotlar yüksek tayfsal çözünürlükte yüksek açısal çözünürlüğe sahip olduklarından, yayılı kaynakların yüksek çözünürlüklü tayflarının belirlenmesinde oldukça uygun aletlerdir (Roesler, 1974). Gürültü seviyesi düşük, yüksek kuantum verimli CCD (Charged Coupled Deviced) kameralarının gelişmesiyle birlikte gökadamızın

yıldızlararası ortamındaki yayılı ve sönük kaynakların gözlenmesinde verimli çalışan Fabry-Perot tayfölgçerlerinin önemi artmıştır (Reynolds vd., 1990).

İyonize olmuş gazın fiziksel yapısını, dağılımını ve hızını araştırmak amacıyla, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) bulunan RTT150 teleskopunun coudé çıkışında kullanılmak üzere 7.5 cm çaplı, çift etalonlu bir Fabry-Perot tayfölgçeri geliştirilmiştir. DEFPOS (Dual Etalon Fabry-Perot Optical Spectrometer- Çift Etalonlu Fabry-Perot Optik Tayfölgçeri) adı verilen tayfölgçer, 150 cm ayna çaplı RTT150 teleskopunun coudé çıkışında kullanılmak üzere geliştirilmiştir (Şekil 1) (Şahan vd., 2009). RTT150 teleskopu coudé gözlemleri için kullanıldığında odak uzaklığı 7200cm olduğundan 4 açı dakikalık çok dar ($\approx 0.064\text{\AA}$) açıda gökyüzüne bakmaktadır. Eğer 7.5 cm çaplı etalonların tüm yüzeyini dolduracak şekilde, etendue korunumu da göz önünde bulundurarak, bu dar açı ile gökyüzünden $H\alpha$ ışımını taranırsa, teleskoptan gelen ışın demeti etalonlar arasında 0.67° ile odaklanır. Bu açı ise gökyüzündeki $H\alpha$ 'nın sadece 18 km/s'lik hız aralığında taranabileceğini göstermektedir. Oysa, Samanyolu gökadasından gelen $H\alpha$ çizgisi yaklaşık 200 km/s (4.4\AA) hız aralığında değişmektedir. Galaktik $H\alpha$ ışımının tamamını tarayabilmek için gelen ışımının Fabry-Perot etalonları arasında $2^\circ.09$ açıyla odaklanması gerekmektedir (Şahan vd., 2009; Haffner vd., 2003; Tufte, 1997). Yani Doppler hız kaymasına göre gözlenen kaynakların yaklaşık uzaklaşmalarına göre maviye ya da kırmızıya kayan hızların tamamı LSR (Local Standart of Rest) hızına göre 200 km/s hız aralığında değişmektedir. Bunun için teleskop ile tayfölgçer arasında "etalon öncesi optik" olarak adlandırılan bir optik sistem yapılmıştır. Optik sistemde iki adet farklı mercekle ($L1: f_{L1}=430$ cm, $d_1=25$ cm, and $L2: f_{L2}=50$ cm, $d_2=10$ cm) ve bir tane de düz optik ayna kullanılmıştır. Böylece etalonlara 4 açı dakikası ile gelen ışık etalonlar arasında $2^\circ.09$ ile odaklanmıştır. DEFPOS tayfölgçeri üst üste yerleştirilmiş 4 odacıktan oluşmaktadır. Yukarıdan aşağı doğru sırasıyla parazitli ışığı engellemek için kullanılan dar bantlı ($FWHM :15 \text{\AA}$) $H\alpha$ filtresi, düşük ($100 \mu\text{m}$) ve yüksek ($200 \mu\text{m}$) çözünürlüklü 75 mm çaplı etalon Fabry-Perot etalonları ve "etalon sonrası optik" olarak aynı özelliklere sahip iki adet mercekler ($f_{eff}=f_{L2}=17$ cm) kullanılmıştır. Etalon sonrası kullanılan optik, etalonlar arasında oluşan Fabry-Perot girişim saçılımı aynı $2^\circ.09$ açıyla CCD çipleri üzerine odaklamak amacıyla kullanılmaktadır (Şahan vd., 2009).

Fabry-Perot etalonları tek renkli homojen bir ışık kaynağı ile aydınlatıldığında, aynı merkezli iç içe geçmiş ve birbiri ile örtüşmeyen dar halka desenleri meydana gelmektedir. Böylece, Fabry-Perot girişim saçaklarının dalga boyu optik eksene göre merkezden dışa doğru gidildikçe θ_t açısına bağlı olarak $\lambda=\lambda_0 \cos\theta_t$ eşitliğine göre azalmaktadır. Burada, $\lambda_0; \theta_t = \theta$ 'da optik eksen boyunca Fabry-Perot etalonlarından geçen dalga boyudur. Etalon sonrası optik kullanılarak etalonlarda oluşan bu halka görüntüleri CCD çipleri üzerine odaklanır. Etalon sonrası optiğe ve CCD çiplerinin boyutlarına bağlı olarak CCD üzerinde oluşan halka sayısı değişmektedir. Örneğin Şekil 3a'da verilen CCD görüntüsünde merkezde bir tane parlak görüntü ve görüntünün dış kısmına yakın, merkezdeki parlak görüntüye göre daha sönük olan ikinci bir halka daha



Şekil 1. RTT150 teleskopunun coudé çıkışına yerleştirilen DEFPOS tayfölcünün basit optik çizimi.

vardır. Veri analizlerinde sadece merkezdeki parlak halka kullanılmaktadır.

CCD ile alınan verilerin analizleri yapılırken başlangıçta CCD ön indirgeme işlemleri yapılmaktadır. CCD ön indirgeme işlemleri kısaca şu şekilde özetlenebilir. Yüksek enerjili kozmik ışınlar bazı CCD piksellerinin üzerine düşerler ve bu piksellerin parlaklığını arttırmaları. Elektronik alet olan CCD'ler soğutulmasına rağmen (örneğin sıvı azot ile) ısınmakta ve CCD piksellerinin gürültü seviyesini arttırmaktadırlar. Ayrıca, teleskop ile CCD arasındaki optikten dolayı, CCD piksellerindeki parlaklık şiddeti her yerde aynı değildir. Vignetting olarak adlandırılan bu etkilerin düz alan görüntüleriyle düzeltilmektedir. Böylece CCD "Ön İndirgeme İşlemi" olarak adlandırılan bir yöntemle bu etkilerin veri analizleri yapılmadan önce CCD görüntülerinden temizlenmesi gerekmektedir. Bu amaçla, gözlemlerden önce ve sonra bilimsel karanlık alan ve ortalama piksel derinliği kadar düz alan görüntüleri düzenli olarak alınmakta ve standart CCD ön indirgemesi yapılmaktadır (Tuft, 1997).

CCD indirgemesi yapılan görüntülerin tayfa dönüştürülmesi için eşit alanlı halkaların eşit dalga boyu aralıklarına karşılık gelme prensibine dayanan halka toplama tekniği kullanılmaktadır. Halka toplama tekniği, Fabry-Perot tayfölçerinin ardışık girişim saçaklarını oluşturan $m = 2n_g \cos\theta$ bağıntısına dayanmaktadır. Burada, $m = 0, 1, 2, \dots$, Fabry-Perot girişim saçaklarının sıra numarası, etalonlardan geçen ışının etalon yüzeylerinin normali ile yaptığı açı ve n_g ile l ise sırasıyla etalonların arasındaki gazın kırılma indisi ve etalonlar arasındaki ayırıcının kalınlığıdır. Halka toplama tekniği uygulanarak her görüntüsü tek boyutlu tayflara dönüştürülmektedir (Coakley vd., 1996; Şahan, 2004; Şahan vd., 2005).

Tayflar, ölçülen kaynağın hızı, sıcaklığı gibi kinematik özellikleri hakkında detaylı bilgi verdiğinden, elde edilen tayfların iyi analiz edilmesi ve parlaklık kalibrasyonlarının iyi yapılması gerekir. Parlaklık kalibrasyonu için parlaklık değeri uzun süre değişmeyen ve Fabry Perotların görüş alanlarını (FOV) dolduran kaynaklar (gezegenimsi bulutsu gibi) kullanılmaktadır (Haffner vd., 2003; Mierkiewicz vd., 2006; Scherb, 1981).

3 Araştırma Bulguları

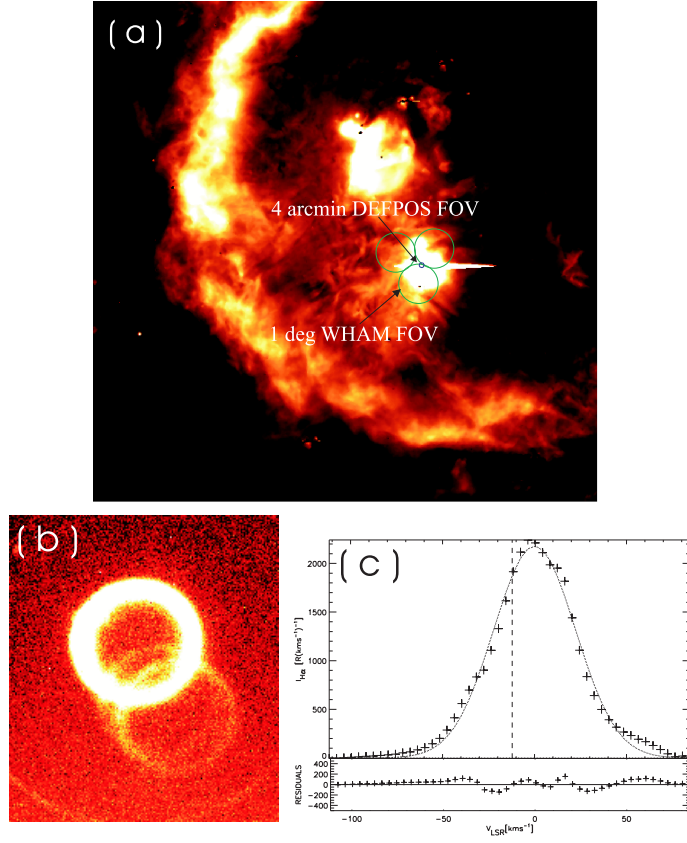
Gökadamızın yıldızlararası ortamındaki sıcak (10^4 K), düşük yoğunluklu ($\approx 0.1 \text{ cm}^{-3}$) ve yaklaşık tamamı iyonlaşmış hidrojen bölgelerinden (HII bölgeleri) ve bazı gezegenimsi bulutsulardan 4 açı dakikalık (görüş alanı: FOV: 4') açısal çözünürlükle detaylı olarak incelemek ve incelenen bölgelerin yapısı, sıcaklığı ve kinematiği hakkında detaylı bilgi edinmek amacıyla, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG), (Antalya/Bakırlıtepe) bulunan 150cm çaplı RTT150 teleskopunun coudé çıkışında kullanılmak üzere bir Fabry-perot tayfölçeri yapılmıştır. DEFPOS (Dual Etalon Fabry-Perot Optical Spectrometer) adı verilen 75 mm çaplı, çift etalonlu Fabry-Perot tayfölçeri, teleskopun coudé

çıkışı kullanılmaya hazır hale getirilmiştir. 30 km/s (0.65 Å) hız çözünürlüğüne ve 11000 ayırma gücüne sahip olan DEFPOS tayföçlerin test çalışmaları tamamlandıktan sonra, 2007 tarihinden itibaren gökadamızın değişik ortamlarından H α gözlemleri yapılmaya başlanmıştır (Şahan vd., 2009). Alman CCD görüntüleri halka toplama tekniği kullanılarak bir boyutlu tayflara dönüştürülmüştür. Tayföçlerin parlaklık ayarlaması için NGC7000'in (North American Nebula: NAN) merkezinden ($\alpha_{2000} = 20^h 58^m 4^s$, $\delta_{2000} = 44^\circ 35' 43''$) alınan tayflar kullanılmıştır. Bu koordinatlar, 1°'lik WHAM görüş alanı içinden ve Scherb'in paraklık hesaplaması için kullandığı 49' 'lık alan içinden seçilmiş dokuz farklı bölgeden oluşmaktadır. Bu bölgelerden bir tanesi özellikle Morgenthaler ve arkadaşlarının (Morgenthaler vd., 2001) 4' 'lık görüş alanı için 900 R olarak hesaplanan bölge ile aynı seçilmiştir. Bu bölgeden değişik poz sürelerinde (60s ile 1200 s arasında) H α tayfları alınmıştır. Alman tayfların karşılaştırılması sonucunda, DEFPOS verileri için 1 ADU km/s değerinin yaklaşık 2337.4R'e karşılık geldiği bulunmuştur (H α 'da 1R=10⁶/4 π photons cm⁻²sr⁻¹s⁻¹). Daha sonra bu parlaklık değeri kullanılarak diğer 8 bölgeden elde edilen tayfların parlaklık değerleri rayleigh (R) biriminde hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar VTSS (Virginia Tech Spectral Survey) haritasındaki ve sayısallaştırdığımız Ishida ve Kawajiri (Ishida and Kawajiri, 1968) haritasındaki değerler ile karşılaştırılmıştır. Dalga boyu kalibrasyonu için de H ve H-D lambası kullanılmıştır. Elde edilen tayflar her biri 4 km/s hız aralığında toplam 50 tane tayfsal elementten oluşmakta ve 200 km/s (4.4 Å) hız aralığındaki tüm tayfları içermektedir (Şahan vd., 2009; Ishida and Kawajiri, 1968; Aksaker vd., 2009).

DEFPOS ile ölçülen HII bölgelerinden bir tanesi Şekil 2a'da SHASSA (The Southern H-Alpha Sky Survey Atlas) haritası ile verilen Orion Bulutsusunun H α haritası üzerinde gösterilmiştir. En parlak bulutsulardan biri olan ve Messier 42, (M42 veya NGC 1976) olarak anılan Orion Bulutsusu, Orion kuşağının güneyine olup yaklaşık 15 ışık yılı çapındadır. DEFPOS ile Şekil 2a'de verilen harita üzerinde mavi halka ile gösterilen bölgeden H α tayfı alınmıştır. Mavi halkanın koordinatları $\alpha_{2000} = 05^h 35^m 4^s$ $\delta_{2000} = -05^\circ 25' 30''$ ve çapı DEFPOS'un görüş alanı olan 4 ' dakikası kadardır. Mavi halka yakınında daha geniş açısal çapa sahip olan üç adet yeşil halka ise WHAM-NSS haritası (Haffner vd., 2003) için alınan 1° açısal görüş alanına sahip olan en yakın WHAM verilerini temsil etmektedir. Orion bulutsusundan 300 s poz süresinde alınan H α görüntüsünün ham CCD görüntüsü Şekil 2b'de verilmiştir (Şahan vd., 2009). CCD görüntüsünün merkezindeki parlak halka, Orion bulutsusundan 4 ' açı dakikasında alınan H α tayfını temsil etmektedir. Merkezdeki halka görüntüden başka sağ alt köşede şiddetleri gerçek görüntünün şiddetinin %7 ve %4.5 'si kadar olan iki tane halka daha görülmektedir. Bu görüntüler etalonlar arasındaki camdan kaynaklanmaktadır ve veri analizleri yapılırken etkileri gerçek görüntülerden çıkartılmaktadır. Halka toplama tekniği kullanılarak (Coakley vd., 1996) CCD görüntüsü bir boyutlu tayfa dönüştürülmüştür (Şekil 2c). H α tayfları yıldızlararası ortamdan gelen gazın dağılımı ve kinematiki hakkında detaylı bilgi içerdiğinden elde edilen tayfların şiddetlerinin hassas olarak belirlenmesi önemlidir. Şekil 2c'deki tayfın

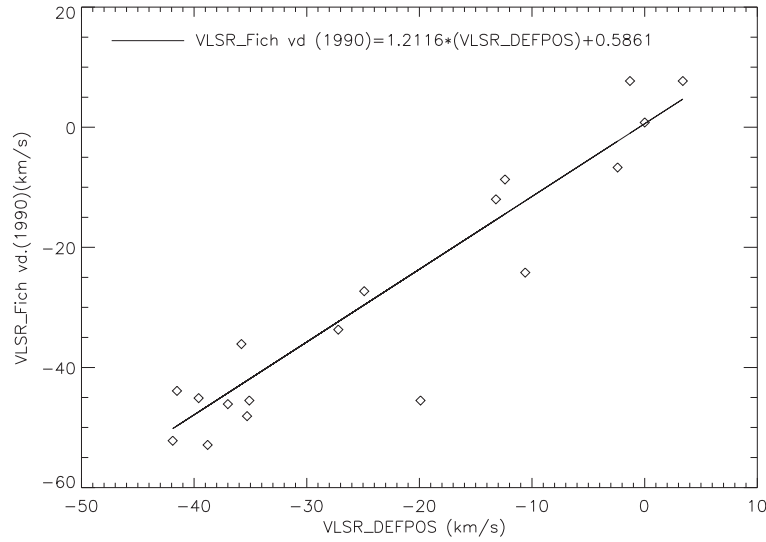
yarı genişliğini, hızını ve parlaklığını bulmak için tayfa en uygun bir Gauss eğrisi uydurulmuştur (Şahan vd., 2009). Şekil 2c'de verilen tayfların her biri 4 km/s (0.087Å) tayfsal aralığa (+ sembol) karşılık gelen 50 tane tayfsal elementten oluşmaktadır. Benzer şekilde noktalı olarak gösterilen çizgi verilere en uygun teorik gauss eğrisini göstermektedir. Uydurulan gauss eğrisinin uygunluğunu kontrol etmek amacıyla her tayfın alt tarafında uydurulan gauss eğrisinden gerçek değerler çıkarılarak elde edilen artık değerler (residual) çizdirilmektedir. Fabry Perot 'lar spektrometre olarak kullanıldığında, H α tayfının saçak genişliği tayfsal çözme gücünü gösterir. Tayfın yeri ise LSR'a göre tayfın hızını gösterir (Mierkiewicz, 2002). LSR hızı -12.62 km/s 'ye sahiptir ve şekil üzerinde düşey kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Şekil 2c'deki tayfın LSR'a göre hızı -5.47 ± 0.3 km/s'dir. Tayfın yarı genişliği ve parlaklığı ise sırasıyla 40.90 ± 0.3 km/s ve 18025 ± 1597.7 R olarak hesaplanmıştır. (Blitz vd., 1982). HII bölgesinin ($\alpha_{2000}=05^h 34^m 56^s.0$, $\delta_{2000}=-05^\circ 27'.9''.9$) hızını 8 ± 1.5 km/s olarak ölçerken Fich ve ark. (Fich vd., 1990) yapının yarı genişliğini ve hızını 38.8 ± 0.1 km/s ve 0.8 ± 0.1 km/s olarak ölçmüştür. Lockman (Lockman, 1990) ise radyo dalga boyunda HII bölgesinin ($\alpha_{2000}=05^h 35^m 15^s.9$, $\delta_{2000}=-05^\circ 23'18''.3$) hızını ve yarı genişliğini -2.3 ± 0.1 km/s ve 26.5 ± 0.1 km/s olarak ölçmüştür. Bally ve ark. (Bally vd., 1987) Orion bulutsusunun değişik 11 bölgesinden CO'de ölçümler yapmışlar ve bu bölgelerin hızlarını da elde etmişlerdir. Bunlardan bir tanesi de yaklaşık DEFPOS ile ölçülen koordinattır ($\alpha_{2000}=05^h 35^m 13^s.18$, $\delta_{2000}=-05^\circ 22'41''.1$). Bu koordinattaki tayfın hızı 3.7 km/s olarak ölçmüşler ve diğer hızlar da 1.0 km/s ile 3.8 km/s hız aralığında değişen değişik hızlarda ölçmüşlerdir. Ayrıca, değişik tarihlerde, DEFPOS Tayföçeri ile yıldızlararası ortamdan farklı HII bölgelerinden H α tayfları alınmıştır. Elde edilen tayfların özellikle yarı genişlik ve hız değerlerinin literatürde verilen Fich ve ark. (1990) tarafından elde edilen verilerin yarı genişlik ve hız değerleri ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Fich ve ark. (1990) Leuschner Gözlemevi'nde bulunan 0.76m teleskopta takılı olan Fabry-Perot tayföçeri kullanılarak sahiptir. 284 HII bölgesinden alınan 2 açı dakikalık (') görüş alanlı H α tayflarını kullanarak tayfların radyal hız (LSR'a göre) ve yarı genişlikleri belirlenmiştir. DEFPOS (FOV: 4') ile Fich ve arkadaşlarının (1990) (FOV:2') yaptıkları çalışmalarda elde edilen tayflar yaklaşık aynı görüş alanına (FOV) sahip olduklarından alınan tayfların hızları ve yarı genişlikleri karşılaştırılmış ve sonuçlar Şekil 3' de verilmiştir. Aynı şekilde DEFPOS ile elde edilen verilerin yarı genişlik (*FWHM*) değerleri de Fich ve ark. (1990) tarafından elde edilen verilerin tayflarının yarı genişlik değerleri karşılaştırılmıştır (Şekil 5). Şekil 4 ve Şekil 4'de yatay eksenler sırasıyla DEFPOS ile elde edilen verilerin hızlarını ve yarı genişlikleri km/s cinsinden, ve düşey eksenler ise Fich ve ark. (1990)' nin yaptığı çalışmadan aynı bölgeler için elde edilen verilerin hızları ve yarı genişlikleri km/s cinsinden göstermektedir.

LSR hızları için 18 HII bölgesinden alınan veriler karşılaştırılmıştır. Şekil 3 incelendiğinde, DEFPOS ile elde edilen değerlerin Fich ve arkadaşlarının (1990) tarafından elde edilen değerlere göre daha yavaş bulunduğu görülmektedir. Fich ve arkadaşları (1990) yaptığı çalışmada farklı kaynaklara göre hız hatasının 1 km/s olduğunu bulmuştur. Dolayısıyla, DEFPOS verilerinin hız hatasının daha yüksek



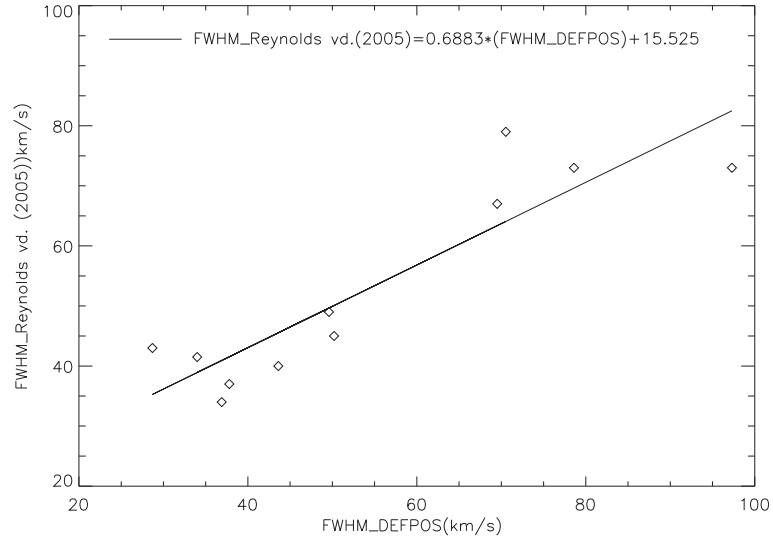
Şekil 2. a) RTT150 SHASSA (The Southern H-Alpha Sky Survey Atlas) ile elde edilen Orion Bulutsusunun H α haritası. Mavi ve yeşil halkalar sırasıyla 4' 'lık DEFPOS ve 1 'lık WHAM verilerini göstermektedir. b) Şekil 2a'da verilen H α haritası üzerinde işaretlenen mavi halkalı bölgeden 600s poz süresinde alınan ham CCD görüntüsü. c) Şekil 2b'deki CCD görüntüsünden elde edilen H α tayfı. Tayf her biri 4 km/s (0.087Å) tayfsal aralığa (+ sembol) karşılık gelen 50 tane tayfsal elementten oluşmaktadır.

olduğu düşünülmektedir. Şekil 3'de görüldüğü gibi HII bölgelerinden elde edilen hızlar karşılaştırma sonucunda DEFPOS ile elde edilen hızların Fich ve ark. (1990) tarafından elde edilen hızlara göre ± 5 km/s fark olduğu görülmektedir. Veriler üzerinden bir eğilim çizgisi geçirilerek her iki hızlar arasındaki uyuma bakılmıştır. Geçirilen eğri hakkında bilgi grafiğin sol üst kısmında verilmiştir. DEFPOS tayföçerinden ve Fich ve arkadaşları (1990) tarafından Fabry-Perot kullanılarak elde edilen verilerin VLSR hız değerlerinin karşılaştırması sonucu aralarında $0.4 < VLSR_{VLSR_{DEFPOS-FICH}} < 1.4$ aralığında (ortalama 1.0) değişen bir ilişki olduğu görülmüştür. Verilerin karşılaştırılmasında standart hatanın da yine yaklaşık 1.0 olduğu görülmüştür. Böylece DEFPOS ile elde edilen verilerin hız değerlerinin uyumlu olduğu söylenebilir.



Şekil 3. DEFPOS ve Fich ve ark. (1990) tarafından yapılan çalışmalarda elde edilen VLSR değerlerinin karşılaştırılması.

Benzer olarak Şekil 4'de DEFPOS'un 11 gezegenimsi bulutsudan elde ettiği yarı genişlik (FWHM) değerleri ile WHAM'in elde ettiği sonuçlarla (Rerynolds vd, 2005) karşılaştırılmıştır. Yine aynı şekilde veriler üzerinden eğilim çizgisi geçirilmiş ve çizgi özellikleri grafiğin sol üst tarafında verilmiştir. Şekil 4 incelendiğinde DEFPOS verilerinin yarı genişlik değerlerinin 4 km/s'den (yani 1 tayfsal element) daha büyük olduğu görülmüştür. DEFPOS ile WHAM tayfsal çözünürlükleri karşılaştırıldığında, WHAM tayföçerinin çok daha hassas olmasına karşın DEFPOS ile yakın sonuçlara ulaşılmıştır. Buradan DEFPOS için tayfsal çözünürlüğün 4 km/s civarında olduğu görülmektedir.



Şekil 4. DEFPOS' un gezegenimsi bulutsular için elde ettiği yarı genişlik (FWHM) değerleri ile aynı kaynaklar için WHAM' in elde ettiği sonuçların (Rerynolds vd, 2005) karşılaştırılması.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, Samanyolu gökadamızın yıldızlararası ortamındaki sıcak (10^4 K), düşük yoğunluklu (0.1 cm^{-3}) ve yaklaşık tamamı iyonlaşmış hidrojen bölgelerini (HII bölgeleri) ve bazı gezegenimsi bulutsuları düşük açısal çözünürlükle (FOV: $4'$) detaylı olarak incelemek ve incelenen bölgelerin yapısı, sıcaklığı ve kinematığı hakkında detaylı bilgi edinmek amacıyla bir tayfölçer yapılmıştır. DEFPOS adı verilen tayfölçer, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde (TUG) (Alntalya/Bakırlıtepe) bulunan 150 cm'lik teleskopun (RTT150) coudé çıkışında kullanılmak üzere geliştirilmiş ve TÜBİTAK tarafından 104T252 nolu bu proje ile desteklenmiştir. Tayfölçer, teleskopun coudé odağında kullanıldığında, çok dar açıda ($4'$) gök yüzünden tayf ölçümleri yapmaktadır. 7.5 cm çaplı çift etalonlu Fabry-Perot tayfölçeri 4 açı dakikalık görüş alanı ve 30km/s tayfsal çözünürlükle 200 km/s hız aralığındaki $H\alpha$ ışınımını ölçecek şekilde tasarlanmıştır.

Teleskop ile birlikte Gökadamızın yıldızlararası ortamından gelen sönük $H\alpha$ ışınım çizgi tayfı ilk kez 23 Mayıs 2007 tarihinde alınmıştır. Bu ölçümlerde: tayfölçer için yeterli sinyalin alınabilmesi için gerekli olan en düşük poz süresi, Sinyal Gürültü oranı gibi bazı hassasiyet çalışmaları test edilmiştir. Tayfölçer, düşük görüş alanına sahip olduğundan yeterli sinyal alınabilmesi için gökadamızdaki $H\alpha$ çizgi ölçümleri, kaynağın parlaklığına göre 300 s ile 2400 s arasında değişen poz sürelerinde gözlemler yapılmıştır. Gözlem-

lerde, HII bölgelerinden, gezegenimsi bulutsulardan farklı poz sürelerde CCD görüntüsü alınmıştır. Alınan ilk veriler kullanılarak tayfölçerin parlaklık ayarlaması, tayfların hız ve yarı genişliklerinin belirlenmesi, CCD'nin vuru gürültü oranının belirlenmesi, poz sürelerinin test edilmesi ve farklı hızlarda kullanılan farklı basınç değişimlerinin incelenmesi gibi ayrıntılı konuları araştırmak ve dolayısıyla tayfölçerin hassasiyetini test etmek açısından oldukça önemlidir. Yapılan ilk gözlemler, öncelikle hız ve yarı genişlik değerleri bilinen HII bölgeler ve gezegenimsi bulutsular seçilmiştir. HII bölgeleri için özellikle Fich ve arkadaşlarının (1990) Fabry-Perot (FOV: 2') kullanarak değişik HII bölgelerinin hız ve yarı genişliklerini belirledikleri kaynaklar seçilmiştir. Kullanılan tayfölçerin DEFPOS'un görüş alanına yakın olmasından dolayı alınan tayfların hızları ve yarı genişlikleri karşılaştırılması açısından oldukça önemlidir.

DEFPOS ile yayılı kaynaklar olan HII bölgeleri ile gezegenimsi bulutsuların gözlemlenmesine devam edilecektir. Yapılan gözlemler ile bu bölgelerin oluşum kaynakları, kinematiği hakkında bilgi edinilecektir. Farklı kataloglardan seçilen 5 açı dakikasından küçük HII bölgeleri ve gezegenimsi bulutsuların $H\alpha$ çizgileri incelenerek kaynakların kinematiği ve bölgenin yapısı hakkında bilgiler elde edilecektir. Gözlemler sonucunda elde edilen veriler ile ölçülen kaynakların $H\alpha$ ışınım çizgi özelliklerini (LSR hızlarını, $FWHM$ değerlerini ve parlaklıklarını) içeren kataloglar oluşturulması planlanmaktadır. Hazırlanması planlanan hız katalogları kullanılarak ölçülen kaynakların uzaklıkları ile birlikte gökadamın dinamiği hakkında bilgiler sağlayacaktır. Ayrıca, yarı genişlik değerleri kullanılarak kaynakların iyonlaşma, sıcaklık özellikleri gibi önemli fiziksel sonuçlar elde edilecektir. Planlanan diğer çalışmalar ise yıldızlararası ortamda bulunan parlak ve geniş HII bölgelerinin (Örn. NGC7000 Bulutsusu) her noktasından 4' görüş alanında alınan tayflar kullanılarak ölçülen kaynakların hız haritalarının hazırlanması planlanmaktadır. Bu nedenle, 4 açı dakikalık açısal ayırma gücüne sahip olan DEFPOS tayfölçeriyle yapılacak bu tür çalışmalar orijinal çalışmalar olacağı düşünüldüğünden ve HII bölgelerinin çalışmalarına bilimsel katkılar sağlayacaktır.

Şu anda, DEFPOS Türkiye'de yapılan tek tayfölçer olma özelliğini taşımakta ve bu tayfölçer ile önemli çalışmalar yapılmaktadır. Tayfölçerin test çalışmaları tamamlandığında ve bazı kısımlarını yenileyebildiğimizde (CCD gibi, uzak-tan kontrol edilebilecek bir basınç kontrol sistemi yapılması gibi) ve sorunsuz çalışmaya başladığında değişik projeler için diğer gözlemcilerin de kullanımına açmayı planlamaktayız. Dolayısıyla, DEFPOS'un çalışması hem bizim açımızdan çok önemli hem de diğer türk araştırmacılar açısından oldukça önemlidir. DEFPOS'un düzgün çalışabilmesi için yeni bir CCD kamerasına ihtiyaç duyulmuş vardır. Yeni kamera alındığında DEFPOS ile daha detaylı çalışmalar yapılmaya başlanacaktır.

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 104T252 no'lu proje ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Aksaker N., Yeğingil İ., Şahan M., Intensity Calibration of DEFPOS Data, Experimental Astronomy. **24** (2009) 127
- Bally, J. L., William, D., Stark, Antony A.; Wilson, Robert W.: Filamentary Structure In The Orion Molecular Cloud . The Astrophysical Journal. **312** (1987) L45-L49
- Blitz, L., Fich, M., Stark, A. A.: Catalog Of Co Radial Velocities Toward Galactic H II Regions, Astrophysical Journal Supplement Series, **49** (1982) 183-206
- Coakley, M. M., Roesler, F.L., Reynolds, R. J., Nossal, S.: Fabry-Perot CCD Annular Summing Spectroscopy Study And Implementation For Astronomy Applications. Applied Optics.**35** 33 (1996).
- Ferriere, K.M.: The Interstellar Environment Of Our Galaxy. Reviews Of Modern Physics. **73** (2001) 1031
- Fich, M., Treffers, R. R., Dahl, G. P.: Fabry-Perot H-Alpha Observations Of Galactic HII Regions. Astronomical Journal, **99** (1990) 622
- Haffner, L. M., Reynolds, R. J., Tufte, S. L., Madsen, G. J., Jaehnig, K. P., Percival, J. W.: The Wisconsin H-Alpha Mapper Northern Sky Survy. The Astrophysical Journal Supplement Series. **149** 405 (2003).
- Ishida, K., Kawajiri, N.: Absolute Isophotometry Of Galactic HII Regions In H α Light. PASJ. **20** (1968) 95
- Lockman, Felix J., A Survey Of Radio H II Regions In The Northern Sky, Astrophysical Journal Supplement Series. **71** (1989) 469-479
- Mierkiewicz, E.J., Fabry-Perot Observations Of The Hydrogen Geocorona. Phd Thesis, University Of Wisconsin, Madison (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** (2006) 1520
- Morgenthaler, J. P., Harris, W. M., Scherb, F., Anderson, C. M., Oliverson, R. J., Doane, N. E., Combi, M. R., Marconi, M. L., Smyth, W. H.: Large-Aperture [O I] 6300 Å. Photometry Of Comet Hale-Bopp: Implications For The Photochemistry Of Oh, The Astrophysical Journal. **563** (2001) 451
- Mozt, L. , Anneta, D.: Essential of Astronomy, Second Edition, Columbia University Press, New York, (1977).
- Reynolds, R. J.: A Measurement Of The Hydrogen Recombination Rate In The Diffuse Interstellar Medium. The Astrophysical Journal, **282** (1984) 191
- Reynolds, R. J.: An Extended, Low-Density HII Region Associated With XI Persei. The Astrophysical Journal. **96** (1988) 670
- Reynolds, R. J., Roesler, F.L., Scherb, F., Harlander, J.: Fabry-Perot/Ccd Multi Channel Spectrometer For The Study Of Warm Ionized Interstellar Gas And Extragalactic Clouds, The International Society For Optical Engineering. Instrumentation In Astronomy (SPIE), VII, **610** (1990) 1235
- Reynolds, R. J.: The Radiative Ionization of The Interstellar Medium, The Warm Ionized Gas. ASP Conference Series.**35** (1993).
- Reynolds, R. J.: Ionizing the Galaxy.Science. **277** (1997)
- Reynolds, R. J., Haffner, L.M., Madsen, G.J.: Tree-Dimensional Studies Of The Warm Ionized Medium In The Milky Way Using WHAM, Galaxies: The Third Dimension, ASP Conference Proceedings. Edited by Margarita Rosado, Luc Binette, and Lorena Arias, San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 31, **282** (2002).
- Reynolds, R. J., Chaudhary, V., Madsen, G. J., Haffner, L. M., Unresolved H α Enhancements At High Galactic Latitude In The Wham Sky Survey Maps, The Astronomical Journal, **129**, 2, (2005)927-934

- Roesler F. L.: Fabry-Perot Instruments For Astronomy, Methods of Experimental Physics. Academic Press. Inc. **12** (1974).
- Şahan, M.: DEFPOS Tasarımı, Özellikleri Ve İlk Sonuçlar , Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, (2004).
- Şahan, M., Yeğingil, İ., Kızıloğlu, Ü., Aksaker, N., Akyılmaz, M., DEFPOS and Its First Results Chin. J. Astronomy And Astrophys. (ChJAA), 5, 2, 211, (2005).
- Şahan, M., Aksaker, N., Yeğingil İ.: Observation of the Geocoronal Balmer Alpha with DEFPOS. Terrestrial, Atmospheric And Oceanic Sciences (TAO). **18** 1 (2007).
- Şahan, M., Yeğingil İ., Aksaker, N., H α Measurements Using DEFPOS/RTT150 Telescope Instrumentation and Observations, Research in Astronomy And Astrophysics. **9** 2 (2009) 237
- Scherb, F.: Hydrogen Production Rates From Ground-Based Fabry-Perot Observations Of Comet Kohoutec. The Astrophysical Journal. **243** (1981) 644
- Strömgren, B. M.: The Physical State of Interstellar Hydrogen. The Astrophysical Journal. **89** (1939) 526
- Tufte, S. L.: The WHAM Spectrometer Design, Performance Characteristics, and First Results, PhD. Thesis, University Of Wisconsin, Madison, (1997).