

TÜRKİYEDE İLK YAKIN KIRMIZIÖTE GÖZLEMLER

Sacit ÖZDEMİR¹, H. Gökhan GÖKAY¹, Ceren YILDIRIM¹

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Tandoğan, Ankara
(e-posta: sozdemir@ankara.edu.tr)

Ö Z E T

Yakın kırmızıöte (NIR) astronomisi, son yıllarda büyük ilgi duyulan önemli bir gökbilim çalışma alanı olmuştur. Ankara Üniversitesi Gözlemevinde ~1 yıldırki, parlak kırmızı yıldızların K_s bandı NIR fotometrisi sürdürülmektedir. Bu çalışmada iki önemli sonuca ulaşılmıştır: 1) Türkiye’de ilk defa, NIR bölgede yıldızlara ait fotometrik gözlemler başlatılmış; 2) Gündüz vaktinde de yıldız fotometrisinin yapılabileceği gösterilmiştir. Gök cisimlerine ilişkin elde edilen ilk fotometrik NIR ışık eğrileri ve sonuçları sunulmaktadır.

1. GİRİŞ

Kırmızı öte (IR) astronomisi, dedektör ve teleskop teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde son yıllarda büyük önem kazanmaya başlamıştır. Öyle ki, dünyada IR dedektör sistemi olmayan modern hiçbir gözlemevi bulunmamakta; hatta bazı gözlemevlerinde, optik dedektörlerden bile daha fazla sayıda IR dedektör kullanılmaktadır. IR bölgenin yakın kırmızıöte (NIR) kısmı (1.0 – 3.0 µm) ise, gözlemsel açıdan sağladığı avantajlar nedeniyle, özellikle yer tabanlı gözlemlerde çok tercih edilmektedir. NIR bölgenin en önemli avantajları: i) Atmosferik ışınım katkısının, MIR ve FIR bölgeye göre çok daha az olduğu, üç önemli atmosferik pencereye (J, H ve K bantları) sahip olması, ii) gerek atmosferik gerekse yıldızlararası sönünlenmeden çok az etkilenmesi, iii) bundan dolayı, çevresel zarf içerisinde gömülü olan gök cisimlerinin (genç yıldızlar, AGB yıldızları gibi) gözlenebilmesine olanak sunması, iv) orta derecede kırmızıya kaymaya (z-değeri) sahip galaksilerin elektromanyetik ışınım dağılımlarının bu bölgeye düşmesi, v) soğuk yıldız ve/veya kahverengi cücelerin gözlenebileceği ideal bir bölge olması.

IR gözlemler ülkemizde şimdiye kadar hiç yapılmamıştır. Bu amaçla, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler (BAP) Birimine – esas hedefi NIR bölgede yıldız fotometrisi yapmak olan – “Gündüz Vaktinde Yıldızların Fotometrik Gözlemleri” konulu bir araştırma projesi sunulmuş ve ilgili birimce bu proje desteklenmiştir (kod no: 11A4240001). İlgili proje çerçevesinde i) NIR kamerası (Xenics MCT 230 modeli), ii) K_s filtresi (1.99-2.31 µm) gözlemsel donanımı sağlanmıştır. Bu donanım, Ahi Evran Üniversitesince – ödünç olarak – sağlanan ve Ankara Üniversitesi Gözlemevi’nde konuşlandırılan, Meade marka LX200GPS 8 inçlik teleskopun odak düzlemine, özel olarak dizayn edilerek yaptırılan adaptör sistemi aracılığıyla, bağlanarak yaklaşık 1yıldır gözlemler sürdürülmektedir. Gözlemleri gerçekleştirilen hedef cisimler çoğunlukla – doğaları gereğince NIR bölgede parlak olan ve yarı-düzenli ya da düzensiz ışık değişimi sergileyen – dev yıldızlar olmuştur.

K bandı civarında, gökyüzü arkafon ışınımının gündüz vaktinde minimumda kalması (Grishin vd. 2003) gerçeğinden yola çıkılarak, bazı yıldızların (Arcturus, Capella) **gündüz saatlerinde de – Güneş gökyüzündeyken bile – fotometrik gözlemleri gerçekleştirilmiştir**. Gözlemlerde K bandı için atmosferik sönüm değeri – sadece 1 gece için – elde edilmiştir. Elde edilen ışık eğrileri sunulmaktadır.

2. GÖZLEMSEL SİSTEM

2.1. Yakın Kırmızıöte CCD Kamerası (Xeva-2.5-320)

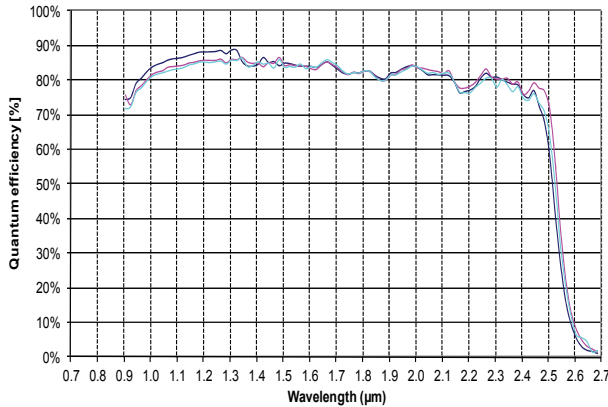
Gözlemlerde kullanılan yakın kırmızı öte (NIR) gözlem cihazı, HgCdTe (MCT) türü CCD çipine sahip, 1.0-2.5 µm dalga boyu aralığına (SWIR ya da NIR bölge) duyarlı bir kameradır. Kamera üreticisi Xenics firması (<http://www.xenics.com/>) olup, modeli Xeva-2.5-320’dir. Bu kameraya ilişkin

teknik bilgiler Çizelge.1’de verilmiştir. Kamera termo-elektrik 4 aşamalı soğutma sistemine sahiptir. Bu sayede CCD çipi (kış aylarında yapılan gözlemlerde) 1 dk’dan daha kısa sürede -70 C ’nin altına kadar soğutulabilmektedir. Kamera idaresi ve veri akışı Xeneth v.2.2.0 yazılımı ile sağlanmaktadır. Xenics firmasından sağlanan, kameraya ait tayfsal duyarlık eğrisi Şekil.1’de sunulmaktadır. Duyarlık eğrisinden görüleceği gibi, bu kameranın, J ve H bandı fotometrik gözlemleri için de kullanılabilceği anlaşılmaktadır.

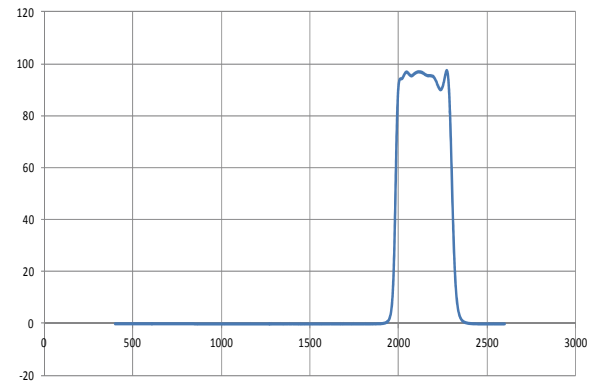
2.2. K_s Filtresi

Kullanılan K_short filtresinin geçirgenlik eğrisi Şekil.2’de verilmiştir. Filtre, 1.99 – 2.31 mikron arasında %90’ın üzerinde geçirgenliğe sahiptir ve geniş bant filtredir. Üretici firma Asahi Spectra (Japonya)’dır. Bu geçirgenlik eğrisi oda sıcaklığında ($\sim 290\text{ K}$) elde edilmiş olup, firma sorumlusu Toshihiko Kimura’dan (t-kimura@asahi-spectra.co.jp) alınan bilgiye göre, sıcaklığa bağımlılığı bulunmamaktadır.

Çizelge.1. Xeva-2.5-320 modeli SWIR bölgeye duyarlı kameraya ait bazı teknik özellikler.	
Tayfsal duyarlık aralığı	0.85 – 2.5 μm
Pixel sayısı	320x256 = 81920
Pixel boyutu	$\sim 30\text{ }\mu\text{m}$
Soğutma sistemi	TE4
Pixel verimliliği	> %99
Görüntü yakalama hızı	60 Hz (bilgisayara kaydetme hızı, kullanılan bilgisayarın teknik özelliklerine bağlı olarak, bu hızın altında kalmaktadır)
Gürültü seviyesi	9.3 ADU
AD dönüştürme rezolusyonu	14-bit
Kamera bağlantısı	USB 2.0
Güç gereksinimi	30 W (max) – 4 W
Giriş gerilimi	12 V – 5 A
Soğutma zamanı	< 5 dk (en fazla)
Kütlesi	$\sim 1.8\text{ kg}$
Kuyu derinliği	0 – 15900 ADU
Shutter	Elektronik (min: 25 pico-saniye, max: ~ 100 mili-saniye)



Şekil.1. Xeva-2.5-320 modeli SWIR kameranın (3 örnek pixeli için), üretici firmanın teknik ekibi tarafından deneysel yolla elde edilmiş olan kuantum duyarlık eğrisi görülmektedir. Kameranın duyarlı olduğu spektral bölgede (SWIR), kuantum etkinliğinin %70’in üzerinde kaldığına dikkat ediniz.

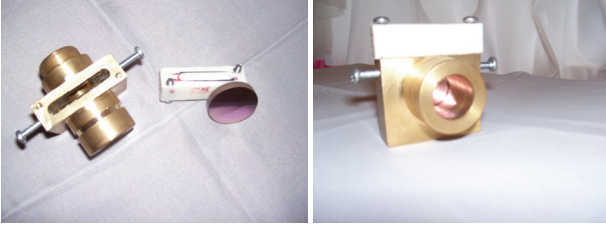


Şekil.2. Asahi Spectra (Japonya) firmasının ürettiği 1.25 inç çapa ve 5 mm kalınlığa sahip K_s filtresine ait, oda sıcaklığında elde edilmiş olan, deneysel geçirgenlik eğrisi görülmektedir.

Yıldızların yakın kırmızıöte fotometrik (K_s bandı) gözlemlerinde kullanılan kamera (Xeva-2.5-320 MCT), yaptırılan uygun bir adaptör vasıtasıyla (bkz. Şekil.3), bir LX200 GPS 8 inç teleskopunun arkasına bağlanmaktadır (Şekil.4). Teleskopun odak oranı f/10 dur. Bu teleskopa bağlanan kamera ile, 3.0 "/pixel plak ölçeği ve yaklaşık 13x16 yay-dakikalık görüş alanı elde edilebilmektedir.

2.4. Yan Destek Parçaları

a) Adaptör ve Filtre Tutucu; b) Taşıyıcı Oluk (bkz. Şekil.4)



Şekil.3. K_s filtresini içinde barındıran ve NIR kameranın üzerine bağlandığı adaptör sistemi görülmektedir. Soldaki resimde demonte halde, sağdakinde ise filtre içerisine yerleştirildikten sonra görülmektedir.



Şekil.4. Meade LX200 GPS 8" teleskobun odağına bağlanmış olan NIR gözlem sistemi: (A) Xeva 2.5 320 modeli NIR kamerası; (B) K_s filtre tutucusu ve içerisinde filtresi; (C) Kamera destek oluğu; (D) Kamera destek civatası.

3. GÖZLEMLER

3.1. İndirgemeler

Xeva-2.5-320 MCT NIR bölge kamerası, profesyonel gökbilim amacıyla üretilmemiştir. Bu nedenle aldığı görüntüler astronomik veri formatında (FITS formatında) değildir. Ancak kamera, sıkıştırılmamış (veri kaybı olmayan) format türü olan, RAW formatında (PNG uzantılı) kayıt yapabilmektedir. Kamera, dört aşamalı termoelektrik soğutma sistemi ile -80 C'ye (bazen -90 C'ye) kadar soğutulduktan sonra, gök cisimlerinin görüntüleri PNG uzantılı olarak kaydedilmektedir. Hedef adı, dedektör sıcaklığı, poz süresi gibi bilgiler, dosya adı üzerine yazılarak, kayıt yapılmaktadır. Tarih ve saat ise, dosyanın kaydedildiği sistem saatinden belirlenmektedir. Bu sayede PNG formatlı görüntüler astronomik kullanıma uygun "header" (başlık) bilgilerinin bulunduğu, FITS formatına – *pnmtofits* komutu ile – dönüştürülebilmektedir. Aynı dönüşümler, kalibrasyon amacıyla oluşturulan "dark" (kara akım), "bias" (sıfır seviyesi) ve "flat" (düz alan) görüntülerine de uygulanmaktadır. Düz alan (flat) görüntüleri, Güneş ışığının beyaz bir perdeyi aydınlatması suretiyle elde edilmektedir. Daha sonra standart BDF kalibrasyon stratejisi uygulanarak IRAF yazılımı ile, görüntü üzerindeki yıldızın görel parlaklık değeri – açıklık fotometrisine dayalı olarak, farklı değerler için – hesaplanmaktadır. Oluşturulan çıktı kütüğüne parlaklık değerlerinin yanında, HJD, hava kütlesi, görel toplam akı, görel parlaklık gibi değerler kaydedilmektedir. Belirlenen mukayese yıldızlarına (Capella, Sirius, δ Oph gibi) göre, değişen yıldızın fark fotometrisi elde edilmektedir.

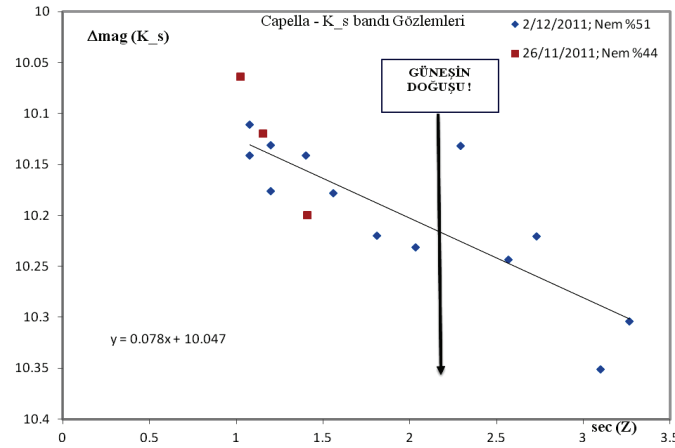
3.2. Fotometrik Sonuçlar

En önemli fotometrik bulgu, hiç şüphesiz, **önceden öngörüldüğü gibi**, Güneş'in doğmasından sonra da yıldızların fotometrik gözlemlerinin sürdürülebilmesi olmuştur. Nitekim, mukayese yıldızı olarak kullanılan Capella yıldızının 2-3 Aralık 2012 gecesine ait atmosferik sönüm eğrisi (bkz. Şekil.5) elde edilirken, **Güneş doğduktan ~ 45 dakika sonrasına kadar**, gözlemler devam ettirilmiştir. Buradan bulunan K_s bandına ait atmosferik sönüm katsayısı 0.08 kadir/kütle olarak ölçülmüştür. Bu sönüm katsayısı mümkün olan her gece için elde edilmeye çalışılmıştır. Böylece standart fotometrik prosedür takip edilerek, yıldızların atmosfer dışı parlaklık değerlerine geçilmektedir. Atmosfer dışı parlaklıklar mukayese yıldızlarınınkiyle karşılaştırılarak, uzun dönemli değişim gösteren parlak kırmızı yıldızların (Çizelge.2) ışık eğrileri elde edilmektedir. Teleskop çapının

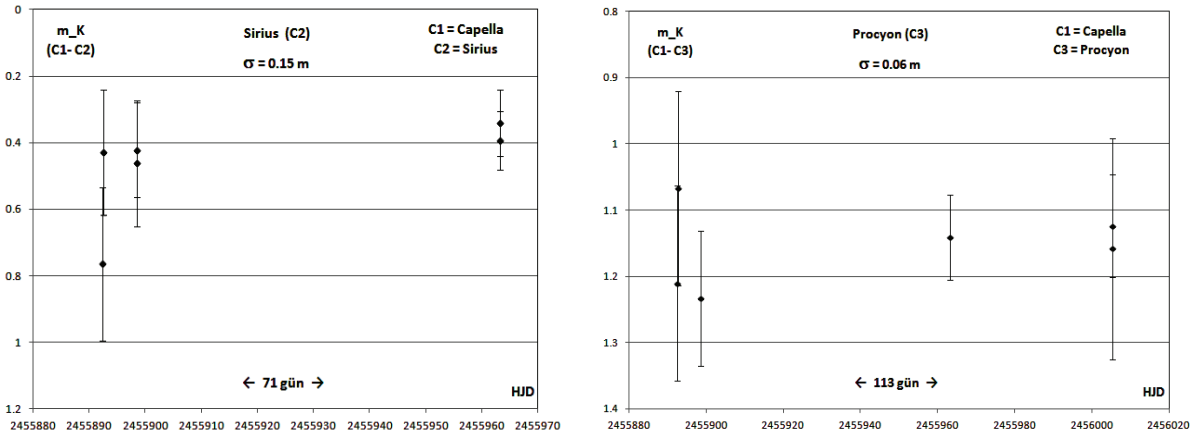
küçük (20 cm) ve kameranın integrasyon zamanının (ms düzeyinde) kısa olması gibi nedenlerden dolayı, gözlem sisteminin, K_s bandındaki **limit parlaklığı**, ancak **~ -0.5 kadir**dir. Gökyüzünde uygun konumda olan gezegenlerin de K_s bandında gözlenmesi denmektedir. Örneğin Jüpiter ve Satürn gezegenleri, bu gözlem sistemiyle görülememekteyken, Mars gezegeni çok parlak (>-4 kadir) bir şekilde, dedektör tarafından algılanabilmiştir.

3.3. Işık Eğrileri

Mukayese - denet yıldızları ile, yarı düzenli değişim gösteren bazı hedefler ve Mars gezegenine ait, K_s bandı ışık eğrileri Şekil.6.a,b,c'de görülmektedir. Arcturus (Alf Boo) yıldızının gözlem yapılan 232 günlük zaman aralığında parlaklığının ~1.8 kadir azaldığına dikkat ediniz. Bu azalmanın, 15 Temmuz 2012'de gerçekleştirilen, grafikteki son gözlem noktasında da hala devam ettiği görülmektedir.



Şekil.5. Capella (Alfa Aur) yıldızına ait görelî K_s bandı parlaklığının, atmosfer külesine karşı değişim grafiği. 02-03/12/2011 tarihli gözlemlerden elde edilen atmosferik sönüm katsayısı, 0.08 kadir/hava külesi olarak belirlenmiştir. **Dikey ok Güneş'in doğduğu anı göstermektedir.**



Şekil.6.a. Birinci mukayese yıldızı Capella (Alfa Aur)'nın, denet yıldızları olan Sirius (C2) ve Procyon'a (C3) göre, görelî K_s bandı parlaklıkları görülmektedir. Mukayese-denet farklarına ait standart sapmalar sırasıyla, 0.15m ve 0.06m'dir. Şekillerin alt kenarında veri aralığının kapsadığı toplam gün sayısı görülmektedir.

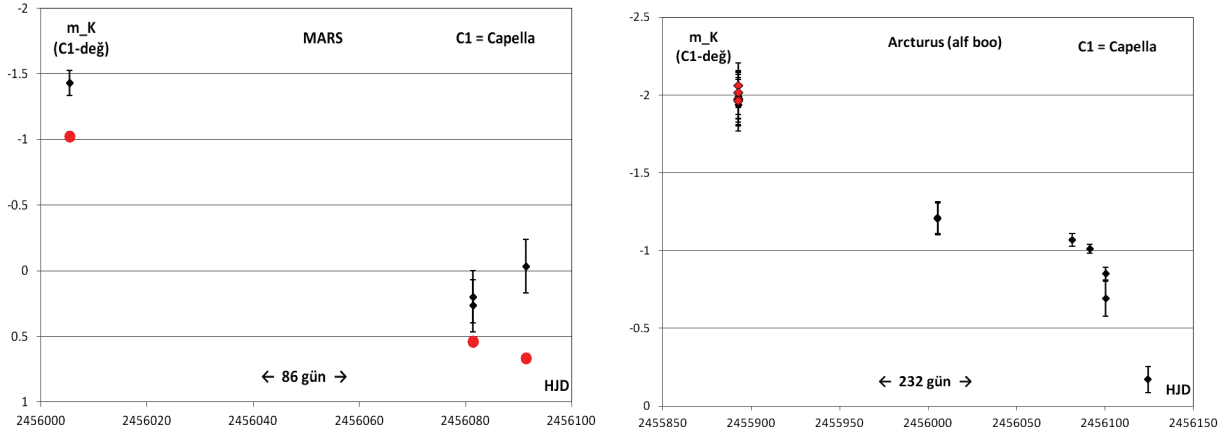
Çizelge.2. Ankara Üniversitesi Gözleminde NIR gözlemleri gerçekleştirilmiş olan bazı hedef cisimlere ait bilgiler sunulmaktadır. Gözlemleri gündüz saatlerinde de (Güneş doğduktan sonra) sürdürülen yıldızlara ait gözlem tarihleri, kalın ve altı çizgili şekilde gösterilmiştir.

Hedef Gökcisimleri	RA (2000)	Tayf Türü	Dönemi (g)	J	Gözlem Tarihleri	Notlar	Poz süresi
	Dec (2000)			H			Kamera sıcaklığı
Beta And	01 09 43.9 +35 37 14	M0 III	.....	-0.96 -1.67 -1.85	16-17/09/2012 (*),	Variable star	25 ms -83 °C
Beta Peg	23 03 46.5 +28 04 58	M2.5 II-III	43.3 ⁽⁴⁾	-1.43 -2.13 -2.38	16-17/09/2012 (*),	SR	25 ms -83 °C
Alfa Ori (Betelgeuse)	05 55 10.3 +07 24 25	M2 Iab	2335 ⁽⁴⁾	-2.99 -4.01 -4.38	24-25/11/2011, 26-27/11/2011, 02-03/12/2011, 03-04/01/2012 (+), 05-06/02/2012, 18-19/03/2012	SRc	20 ms - 81 °C
Alfa CMa (Sirius)	06 45 08.9 -16 42 58	A1 V	.....	-1.39 -1.39 -1.39	24-25/11/2011, 26-27/11/2011, 02-03/12/2011, 03-04/01/2012 (+) 05-06/02/2012,	Mukayese	50 ms - 81 °C
Rho Per	03 05 10.6 +38 50 25	M4 II	50: ⁽⁴⁾	-0.78 -1.68 1.904	24-25/11/2011, 02-03/12/2011, 03-04/01/2012 (+) 05-06/02/2012,	Semi-regular pulsating	40 ms - 81 °C
Alfa Aur (Capella)	05 16 41.4 +45 59 53	G8III+G0III	.....	-1.25 -1.57 -1.74	24-25/11/2011, 26-27/11/2011, 02-03/12/2011, 03-04/01/2012 (+) 05-06/02/2012, 18-19/03/2012	Mukayese	40 ms - 81 °C
Alfa Tau (Aldebaran)	04 35 55.2 +16 30 33	K5 III	.....	-2.1 -2.78 -3.04	26-27/11/2011, 02-03/12/2011, 03-04/01/2012 (+) 05-06/02/2012,	LB	30 ms -81 °C
Eta Gem	06 14 52.7 +22 30 24	M3 IIIab	2984 ⁽²⁾ 232.9 ⁽⁴⁾	-0.73 -1.52 -1.72	26-27/11/2011, 02-03/12/2011, 03-04/01/2012 (+) 05-06/02/2012, 18-19/03/2012	SRa+EA, 232.9d Semi-regular pulsating	50 ms - 81 °C
Mu Gem	06 22 57.6 +22 30 49	M3 III	25 ⁽¹⁾	-0.91 -1.61 -1.86	26-27/11/2011, 02-03/12/2011, 03-04/01/2012 (+) 05-06/02/2012, 18-19/03/2012	Pulsating variable; SR Mu Gem'in hemen yanındaki 14.5m	50 ms - 81 °C
Alfa CMi (Procyon)	07 39 18.1 +05 13 30	F5 IV	.....	-0.5 -0.67 -0.66	26-27/11/2011, 02-03/12/2011, 05-06/02/2012, 18-19/03/2012	Mukayese	55 ms - 90 °C
Alfa Boo (Arcturus)	14 15 39.7 +19 10 57	K1.5 III	.....	-2.25 -2.81 -2.91	26-27/11/2011, 18-19/03/2012	Variable star	30 ms - 90 °C
Algieba (CCDM γ1 Leo)	10 19 58.4 +19 50 29	K0 III	.....	...	05-06/02/2012, 18-19/03/2012	Double or multiple star. periodic radial velocity variations	70 ms -81 °C
MARS		Gezegen	....	.... .... > - 4 ^m (**)	(**) 18-19/03/2012 tarihli gözlem	İlk defa bir gezegen (Mars) K bandında görüldü. Daha önce Jüpiter'in görülemediği anlaşılmıştı.	20 ms -81 °C

(*) Deneme amaçlı yapılan ilk gözlemlerdir. (+) Nem oranı çok yüksek (%88) olduğundan gözlemler sürdürülemedi.

(1) Tabur, V., vd., 2009, MNRAS, 400, 1945; (2) Taylor, M., 1980, Astr, 17, 77 (eclipse light elements: 2429355+2984E);

(3) Inwoo, H., et al., 2010, A&A 509, 24; (4) AAVSO;



Şekil.6.c. (sol panel): Mars gezegeninin 86 günlük aralıkta K_s bandında gösterdiği değişim görülmektedir. Referans olması bakımından – aynı zaman aralığında – Mars gezegeninin görsel bölgede gösterdiği değişim de kırmızı (içi dolu yuvarlak) sembollerle gösterilmiştir. (sağ panel): Arcturus (Alf Boo) yıldızının 232 günlük gözlem aralığında K_s bandında gösterdiği ~ 1.8 kadirlik ışık azalması görülmektedir. Kırmızı (sol en üstteki) semboller, **gündüz vaktinde elde edilen parlaklık** değerleridir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Ekim 2011 tarihinden itibaren başlatılan yakın kırmızıöte (K_s bandı) ışık ölçüm gözlemlerinde, Ankara Üniversitesi Gözlemevinde 20 kadar hedef cisim gözlenmiştir. Hedefler esasen – parlak – kırmızı dev, yani asimptotik dev kolu (AGB) yıldızlarından seçilmiştir. Doğaları gereği bu tür yıldızlarda, zonklamalarının bir sonucu olarak, yarı düzenli veya düzensiz ışık değişimleri (LB, LC, SRabc gibi) görülür. Bu çalışmada bu türden hedeflerin K_s bandı ışık değişimleri araştırılmış; ayrıca K_s bandı ışık ölçüm gözlemlerinin, gündüz vaktinde de sürdürülebileceği gösterilmiştir.

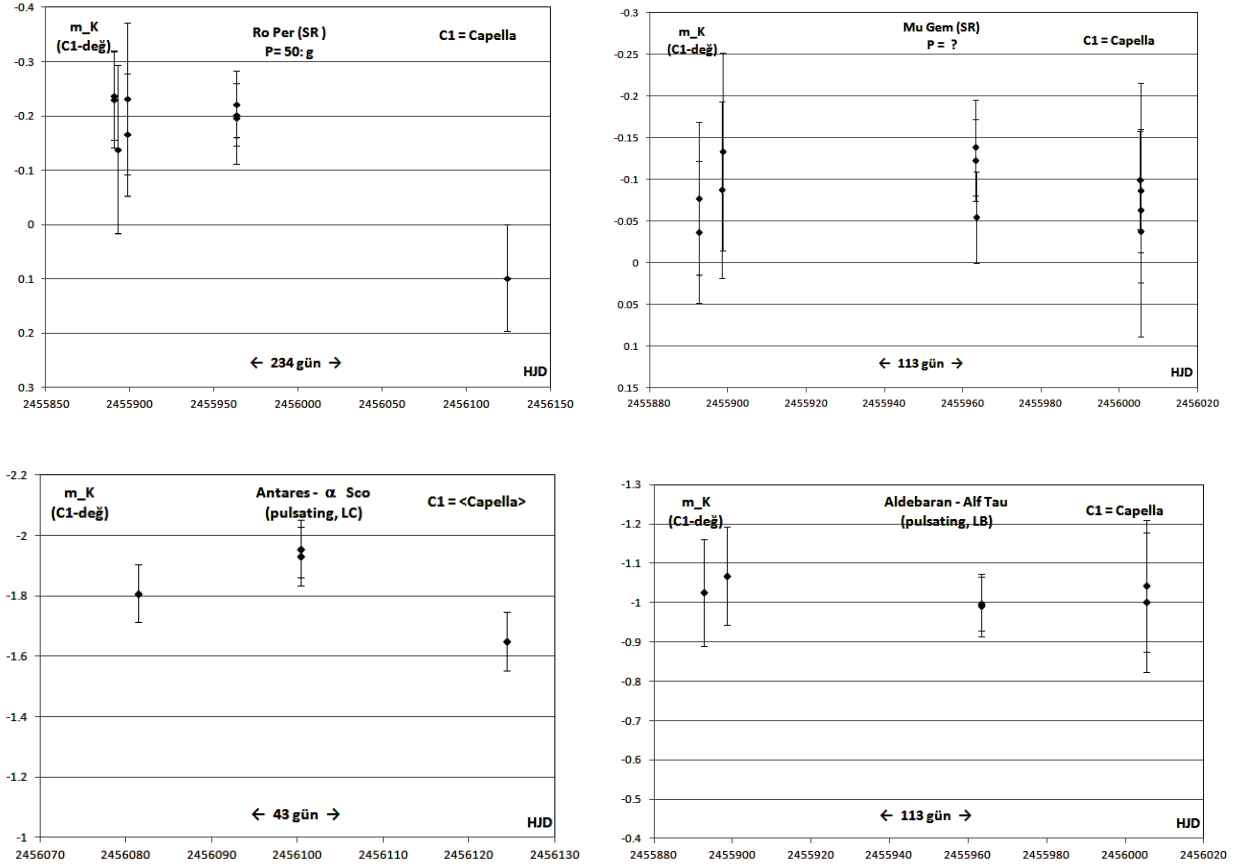
Gözlem sistemi, sekiz inç çaplı bir Cassegrain-Schmidt teleskop, Xeva-2.5-320 MCT modeli NIR bölge kamerası ve K_s bandı filtresinden oluşmaktadır. Gözlem sistemine ait limit parlaklık – teleskobun çap ve kameranın sınırlı (kısa) poz süresinden dolayı – ancak $K_s \sim -0.5m$ kadar olmuştur. Bu limit dahilinde bile gökyüzünde gözlenebilecek yüzlerce hedef bulunmaktadır. Bu hedefler arasından seçilen ve ışık değişimi incelenen AGB yıldızlarından bazılarında, bu süre zarfında görülen değişimler şöyle özetlenebilir: rho Per $\sim 0.2m$ sönüştür, alf Boo $\sim 1.8m$ sönüştür, alf Sco $\sim 0.3m$ genlikte bir değişim göstermiştir. Bu değişimler, mukayese yıldızı alf Aur'a göre elde edilmiş fark parlaklıklardır. Mukayese yıldızının (alf Aur) denet yıldızlarına (alf CMA ve alf CMi) göre gösterdiği $1-\sigma$ değeri $0.15m$ ve $0.06m$ olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla bu değerlerden daha büyük değişimlerin fiziksel olarak yıldız kaynaklı olduğu düşünülmüştür (ayrıntılar için bkz. Şekil.6).

Bazı Güneş Sistemi öğelerinin de, bu sistemle gözlenmesi denenmiştir. Jüpiter ve Satürn görülemezken, Mars gezegeninin, 86 günlük aralıkta (büyük oranda yörüngesel geometrik nedenlerden dolayı) $\sim 1.7m$ kadar sönüğü görülmüştür. Bu değer, Mars'ın bu süre zarfında gösterdiği görsel parlaklık değişimi de uyumludur (bkz. Şekil.6.c). Gökyüzünde bulunduğu zamanlarda Ay, gözlem sisteminin odak ayarının yapılmasında kullanılmıştır.

Sadece (gündüz saatlerinde de gözlemin gerçekleştirildiği) tek gözlem gecesinden belirlenen atmosferik K_s bandı sönüm katsayısı $0.078 m/kütle$ olarak belirlenmiştir. Capella ve Arcturus yıldızlarına ait fotometrik gözlemler, **gündüz Güneş gökyüzünderken** de sürdürülmüştür. Bu gözlemler sırasında Capella ile Güneş arasındaki açıklık $154^{\circ}.6$ iken Arcturus ile Güneş arasındaki açıklık $48^{\circ}.9$ kadar olmuştur.

İlerisi için, bu gözlem sistemine J ve H bantlarının da eklenmesiyle, AGB yıldızlarının uzun dönemli, NIR bölge, fotometrik ışık ve renk eğrilerinin elde edilmesi planlanmaktadır. Bu gözlemlerin mümkün olduğunca optik (V bandı) fotometri ile de desteklenmesi düşünülmektedir. Oluşturulacak

optik ve NIR bölge ışık eğrilerinin – özellikle Mira türü değişenlerde – maksimum seviyeleri arasında görülen zaman farkının (phase lag) (örn bkz. Price vd. 2010) araştırılması, önemli bir çalışma konusu olarak görülmektedir. Doğaları gereği zaten uzun dönemli değişim gösteren AGB yıldızlarına ait uzun süreli fotometrik (ışık ve renk değişimleri) gözlemler, sahip oldukları evrimsel durum hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır.



Şekil.6.b. Düzensiz ışık değişimi sergileyen dört adet yıldıza (Rho Per, Mu Gem, Alf Sco, Alf tau) ait, elde edilen örnek K_s bandı ışık eğrileri görülmektedir. Her sistemin kapsadığı gözlem aralığı şekillerin altında gösterilmiştir. Parlaklıklar, mukayese yıldızı Capella'ya göre belirlenen, görelî fark parlaklıklardır.

Tesekkür: Bu çalışmada kullanılan NIR gözlem sistemi, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeler (BAP) Birimi tarafından verilen finansal destekle sağlanmıştır (Proje Kod No: 11A4240001). Kullanılan teleskop (Meade LX200 GPS 8") ise Ahi Evran Üniversitesi'nin malı olup, geçici olarak bu proje kapsamında, Ankara Üniversitesi Gözlemevi'nde konuşlandırılmıştır. Gözlemlerin tamamı, Ankara Üniversitesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Yönetiminin sağladığı destekle, Ankara Üniversitesi Gözlemevine ait altyapı imkanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

Grishin, E.A., Melkov, S.N., ve Milovidov, V.L., 2003, Instruments and Experimental Techniques 46 (2), 216
Price, S.D., vd., 2010, ApJSS 190, 203

