

# BAZI ANA KUŞAK ASTEROİDLERİN IŞIK EĞRİLERİ VE IŞIK EĞRİLERİNDEN BELİRLENEN PARAMETRELER

Afşar KABAŞ<sup>1</sup>, İbrahim BULUT<sup>2</sup>, S.Serkan DOĞRU<sup>1</sup>,  
Tamer AKIN<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu kampüsü , Fen - Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 17100 Çanakkale, e-posta: [akabas@comu.edu.tr](mailto:akabas@comu.edu.tr), [dogru@comu.edu.tr](mailto:dogru@comu.edu.tr), [tamer\\_akn@hotmail.com](mailto:tamer_akn@hotmail.com).

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Terzioğlu kampüsü, Meslek Yüksek Okulu, 17100 Çanakkale, e-posta: [ibulut@comu.edu.tr](mailto:ibulut@comu.edu.tr)

## Özet

Seçilen üç ana kuşak asteroidin fotometrik gözlem sonuçları sunulmuştur. Gözlemler 2006 ve 2007'de Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevinde gerçekleştirilmiştir.

*Anahtar Kelimeler:* Asteroidler, Asteroid Fotometrisi, Asteroid Işık Eğrileri

## Abstract

The results of photometric observations of selected three main-belt asteroids are presented. The observations were carried out at the Observatory of Çanakkale University in 2006 and 2008.

*Key Words:* Asteroids, Asteroid Photometry, Asteroid Light Curves

## 1. Giriş

Asteroidler, Güneş Sisteminin şekillenmesinden sonra arda kalan ve gezegen oluşturmak üzere birleşemeyecek olan kalıntılardır. Bir teoriye göre ise Jüpiter'in diferansiyel çekimi altında dağılmış bir gezegenin ufalanmış parçalarıdır. Güneş Sisteminin erken

dönemlerine ait oldukları için, asteroidlerin içeriği Güneş Sisteminin başlangıcındaki kimyasal kompozisyon hakkında bilgi verici niteliktedir.

Asteroidler kendi eksenleri etrafında dönerken, düzensiz şekilleri, düzgün olmayan yüzey morfolojileri ve yüzeylerindeki albedo değişimleri sebebiyle gözlemciye yansıttıkları ışığın kesrini periyodik olarak değişikliğe uğratırlar. Bu sebeple asteroidlerin ışık değişim gözlemleri (fotometrik gözlemleri) yapılabilmektedir. Fotometrik gözlemlerin neticesinde asteroidlere ilişkin sinodik dönme dönemi, ışık eğrisi genliği, H ve G parametreleri, taksonomik sınıf ve albedo değer aralığı, yüzey renk değişimi gibi çeşitli fiziksel özelliklere ulaşılabilmektedir.

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevi'nde 2006-2008 yılları arasında TÜBİTAK destekli 106T051 no'lu proje çerçevesince literatürde veri eksikliği olduğu bilinen ve parlaklıkları  $10^m.0-12^m.5$  yöresinde ana kuşaktan bazı kısa dönemli (4-8 saat arası) asteroidlerin fotometrik gözlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada bu asteroidler arasından seçilen üç asteroidin elde edilen ışık eğrileri ve çeşitli fiziksel parametreleri sunulmuştur.

## **2. Asteroidler**

### **2.1. 201 Penelope**

Opozisyon konumuna 29.07.2006 tarihinde gelmiş olan ve Temmuz, Ağustos, Eylül 2006'da gözlemleri yapılan ana kuşak asteroid 201Penelope'ye ilişkin diferansiyel ışık eğrileri, belirlenen H, G parametreleri, taksonomik sınıf ve albedo değerleri ile opozisyon etkisinin genliği sunulmuştur. Asteroidin 03.08.2006 tarihli ışık eğrisinden sinodik dönme dönemi ve o tarihe ilişkin genlik değeri belirlenmiştir.

### **2.2. 51 Nemausa**

02.07.2008 ve 03.02.2008 tarihlerinde gözlemi yapılan 51Nemausa'nın sinodik periyodu, ışık eğrisi genliği ve yüzey renk değişimi belirlenmiştir.

### **2.3. 126 Velleda**

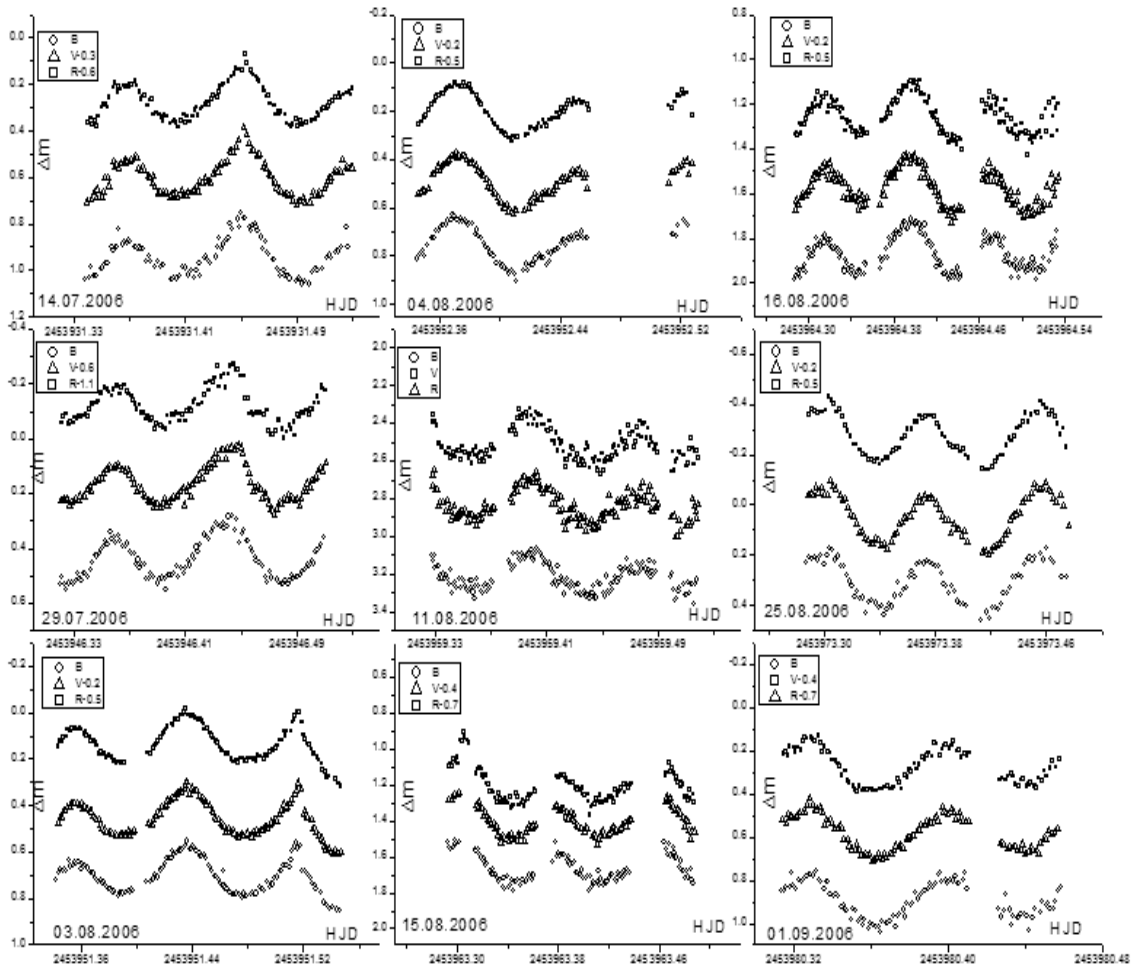
15.08.2008 ve 16.08.2008 tarihlerinde gözlenen 126Velleda'nın sinodik periyodu, genliği ve yüzey renk değişimi belirlenip sunulmuştur.

### 3. Gözlemler ve Analiz Sonuçları

Sunulan asteroidlerin ilki V filtresinde grafike edilmiştir. Sinodik dönme periyotlarını ve ışık eğrisi genliklerini belirleme konusunda V filtresindeki grafikler yeter şarttır. Son iki asteroid ise V ve R filtrelerinde grafike edilmiş, V-R yüzey renk değişimlerine de bakılmıştır.

Asteroidlerin geometrik yönelim parametreleri sürekli değiştiği için ışık eğrisi genlikleri belli bir aralıkta tanımlanır. Bu nedenle belirlenen genlik değerlerinin o asteroid için literatürde belirlenen aralığa düşüp düşmediğine bakılmıştır.

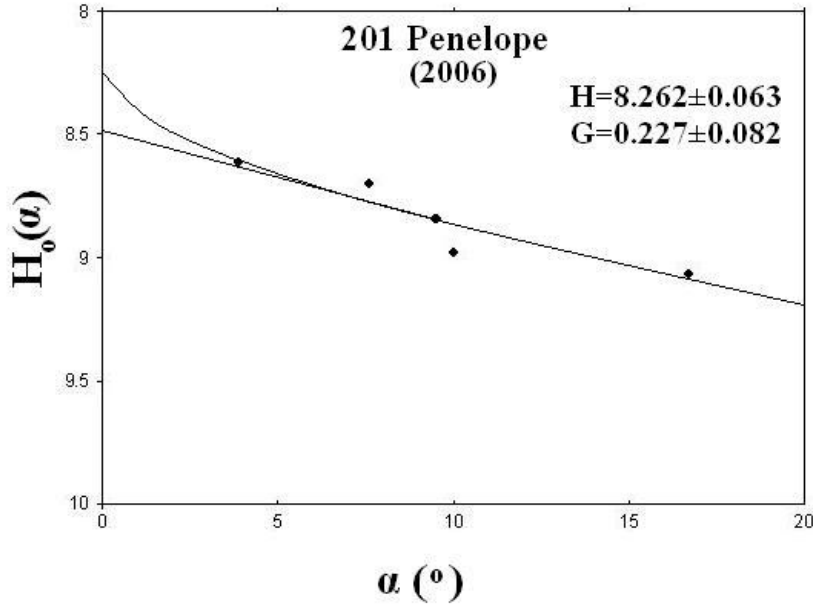
#### 3.1. 201 Penelope



*Şekil 1. 201 Penelope'nin Temmuz 2006 opozisyonu süresince elde edilen diferansiyel ışık eğrileri.*

Asteroid hareket halindeyken Yer'e ve Güneş'e olan uzaklığını sürekli değiştirecektir. Bu, asteroidin ışık eğrisini etkileyen bir faktördür ve dolayısıyla mesafe farklılaşmasından meydana gelen ışık değişiminin ışık eğrisinden düşülmesi ve geriye sadece asteroide ilişkin ışık değişimini veren ışık eğrisinin kalması gerekmektedir. Bu düzeltme sonrası elde edilen parlaklıklar indirgenmiş parlaklık (reduced magnitude) olarak isimlendirilir.

Şekil 1'deki ışık eğrilerinden beş tanesi seçilmiş ve maksimumdaki parlaklık değerleri kadir birimine çevrilip indirgenmiş parlaklık düzeltmesi yapılmıştır. Şekil 2'de, elde edilen indirgenmiş parlaklıklar solar evre açısına (Yer-Asteroid-Güneş açısı) göre grafike edilmiş ve solar evre eğrisi adı verilen eğri elde edilmiştir.



**Şekil 2.** 201 Penelope'nin 2006 solar evre eğrisi.  $H_0(\alpha)$ ,  $\alpha$  solar evre açısında ışık eğrisindeki maksimum parlaklık için indirgenmiş parlaklıktır.

Noktalara yapılan üstel fite ilişkin denklem Bowell (1989) tarafından tanımlanmıştır. H ve G sırasıyla mutlak parlaklık ve asteroidin taksonomik sınıfı ve albedosuyla ilişkisi olan eğim parametresi olmak üzere Bowell (1989) tarafından önerilen denklemin parametreleridirler. Yaptığımız bu fit sonucunda bu parametrelere ilişkin sonuçlar aşağıdaki gibidir:

$$H = 8.262 \pm 0.063 \text{ kadir}$$
$$G = 0.227 \pm 0.082$$

201Penelope'nin önceki çalışmalarda hesaplanan (H, G) parametreleri aşağıda verilmiştir:

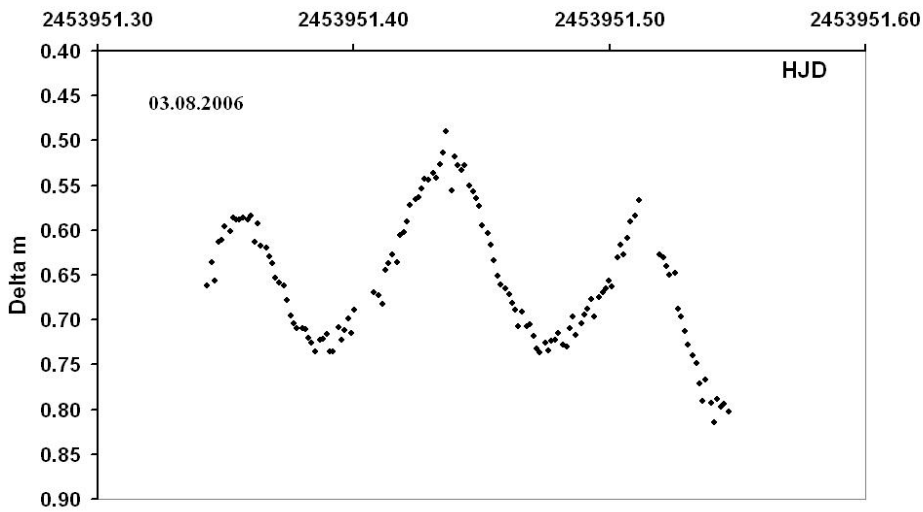
$$(8.54, 0.17) \text{ (Haris and Young, 1989)}$$
$$8.55, 0.20) \text{ (Lagerkvist and Magnusson, 1990)}$$
$$8.20, 0.26) \text{ Shevchenko (2002)}$$

Taksonomik sınıflar düşük albedodan yüksek albedoya doğru şu şekilde sıralanmaktadır: C, G, B, F, P, T, D, M, S, Q, E, V, R. Belirlediğimiz G parametresi ( $0.227 \pm 0.082$ ), taksonomik sınıf olarak M tipi ile S tipi arasında bir bölgeye denk düşmektedir (Piironen ve diğ., 1997). Gözlemsel istatistikler, 201Penelope'nin M tipi taksonomiye sahip bir asteroid olduğunu söylemektedir. Taksonomi tahminlerinin çok daha sağlıklı yapılabilmesi, elbetteki çok daha fazla sağlıklı gözlemin bir arada değerlendirilmesiyle mümkün olabilir. M tipi ve S tipi asteroidlerin ortalama albedo değerlerinin sırasıyla 0.14 ve 0.19 olduğu literatürde bilinmektedir. M ve S arasındaki albedo değişimini lineer kabul edecek olursak (M ve S iki ardışık sınıf olduğundan dolayı), M ve S ortasını öngören G parametremiz için olası ortalama albedo değeri 0.14 ve 0.19 değerlerinin ortalaması olarak düşünülebilir. Bu ortalama değer 0.165'tir. 201Penelope'nin albedo değeri 0.16 olarak verilmiştir (Tedesco and Veeder, 1992).

Opozisyon konumuna yaklaşan bir asteroidin parlaklığında bir artış gözlenir. Bu artışa birincil katkıyı veren, gözlediğimiz aydınlanmış alanın zamanla artması durumudur. Ancak parlaklık artışında, özellikle solar evre açısı  $\alpha \leq 7.5^\circ$  olan bölgede, geometrinin öngördüğü artıştan biraz daha büyük bir artış meydana gelir ki bu olaya opozisyon (karşı konum) etkisi denir (Scaltriti and Zappala, 1980).  $\alpha \leq 7.5^\circ$  bölgesindeki üstel artışın,  $\alpha \geq 7.5^\circ$  bölgesindeki veriye uygulanan lineer fitten farkı (Şekil 2) 'opozisyon etkisinin genliği' olarak isimlendirilir ve bu genlik değerinin miktarı asteroidin taksonomik sınıfı ve albedosuyla ilişkilidir (Belskaya and Shevchenko, 2000).

Lineer fitin eğimi evre katsayısı olarak isimlendirilir ve V filtresi için  $\beta_V$  olarak gösterilir. Lineer fitin düşey eksenini kestiği nokta, lineer ilişkiye göre mutlak parlaklık değeridir.

Şekil 2'deki lineer ilişkiye göre 201 Penelope'nin mutlak parlaklık değeri 8.52 kadir, evre katsayısı  $\beta_V = 0.034$  ve opozisyon etkisinin genliği (OE) = 0.26 kadir yöresinde belirlenmiştir. Belirlenen bu  $\beta_V$  ve (OE) değerleri literatürde M taksonomik sınıfından bir asteroid için belirlenen değerlerle örtüşmektedir (Shevchenko ve diğ., 2002), (Belskaya and Shevchenko, 2000).



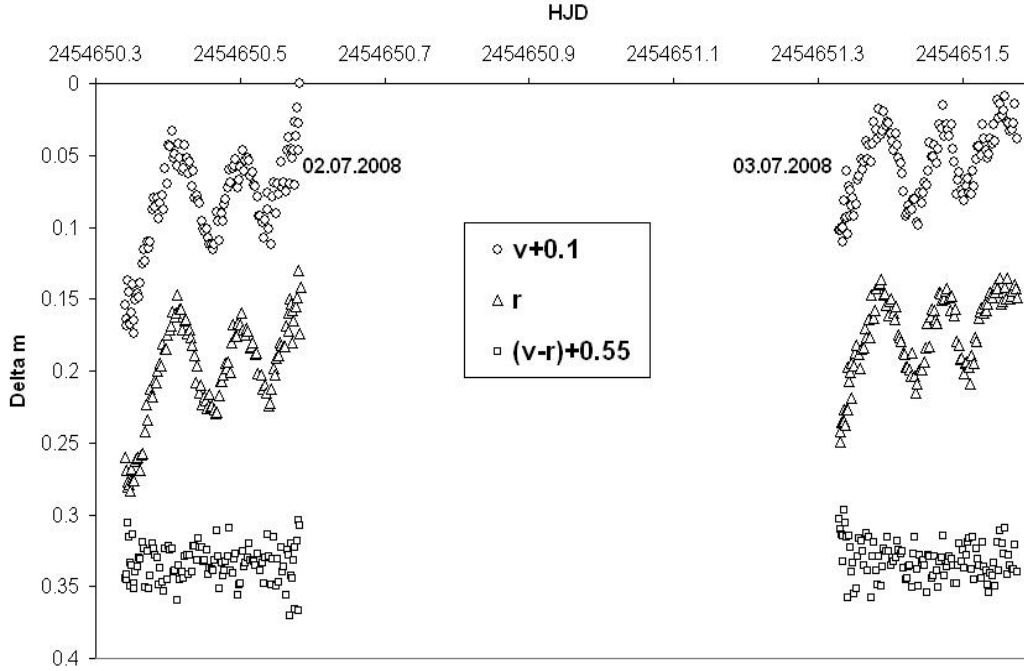
**Şekil 3.** 201Penelope'ya ilişkin 03.08.2006 (asteroid 29.07.2006'da opozisyona gelmiştir) tarihli V filtresindeki diferansiyel ışık eğrisi. Bu ışık eğrisi, asteroidin bir tam dönme süresinden uzun bir zaman diliminde elde edilmiştir.

Ortalamasını 0.30 kadir yöresinde belirlediğimiz genlik değeri, 0.15-0.73 kadir aralığı içerisinde yer almaktadır (Minor Planet Lightcurve Parameters). Grafikte, en sol ve en sağdaki tepeler aynı tepelerdir. Bu tepelere ilişkin maksimumlara denk gelen zamanlar arasındaki fark doğrudan 201Penelope'nin sinodik dönme dönemini vermiştir.

201Penelope için belirlenen sinodik dönme periyodu  $3.744 \pm 0.024$  saattir. Bu değer literatürde 3.7474 saat (Shevchenko ve diğ., 2002), (Minor Planet Lightcurve Parameters) ve  $3.7476 \pm 0.0022$

saat (Surdej ve diğ., 1983), Guide 7.0'da ise 3.747 saat olarak verilmiştir.

### 3.2. 51 Nemausa



**Şekil 4.** 51Nemausa'ya ilişkin 02.07.2008 ve 03.07.2008 tarihli (asteroid 19.07.2008 tarihinde opozisyona gelmiştir) V ve R filtrelerindeki diferansiyel ışık eğrileri ve V-R yüzey renk değişimi. Bu eğriler, asteroidin bir tam dönme süresinden yaklaşık 2 saat daha kısa bir zaman dilimini kapsamaktadır.

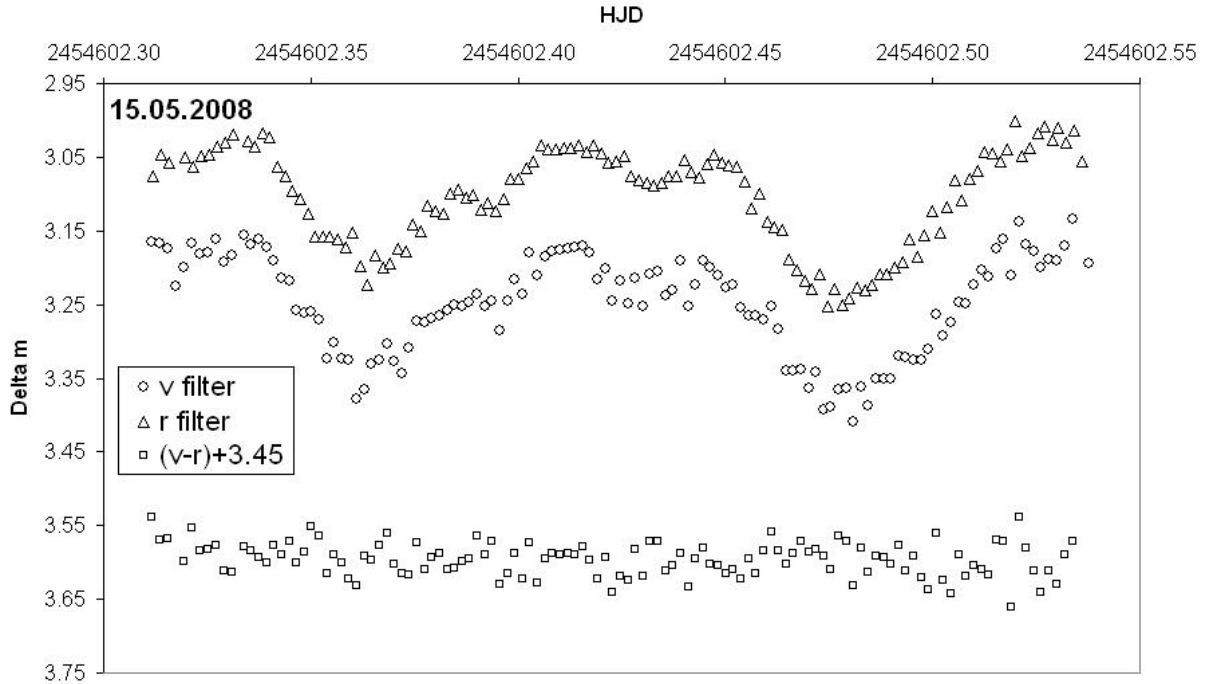
Ortalamasını 0.13 kadir yöresinde belirlediğimiz V filtresindeki genlik değeri, (Belskaya and Dovgopol, 1992)'de 51Nemausa için verilen 0.10-0.18 kadir aralığı içerisinde yer almaktadır. Elde edilen ışık eğrileri Şekil 4'den de görüldüğü üzere üç tepeye ve üç çukura sahip ışık eğrileridirler (ışık eğrilerinin tam ışık eğrisi olmayıp tama yakın ışık eğrileri olduğu göz önünde bulundurulursa bu kolayca anlaşılabilir) ve bu durum yine (Belskaya and Dovgopol, 1992)'de bahsi geçen bir özelliktir.

51Nemausa'nın yaklaşık 8 saatlik (neredeyse 8 saat) bir sinodik dönme periyodu olduğu literatürden bilinmektedir. Karakteristik olarak bu asteroidin ışık eğrisinde derin bir çukur bulunmaktadır (Kristensen and Gammelgaard, 1985), Şekil 4'de

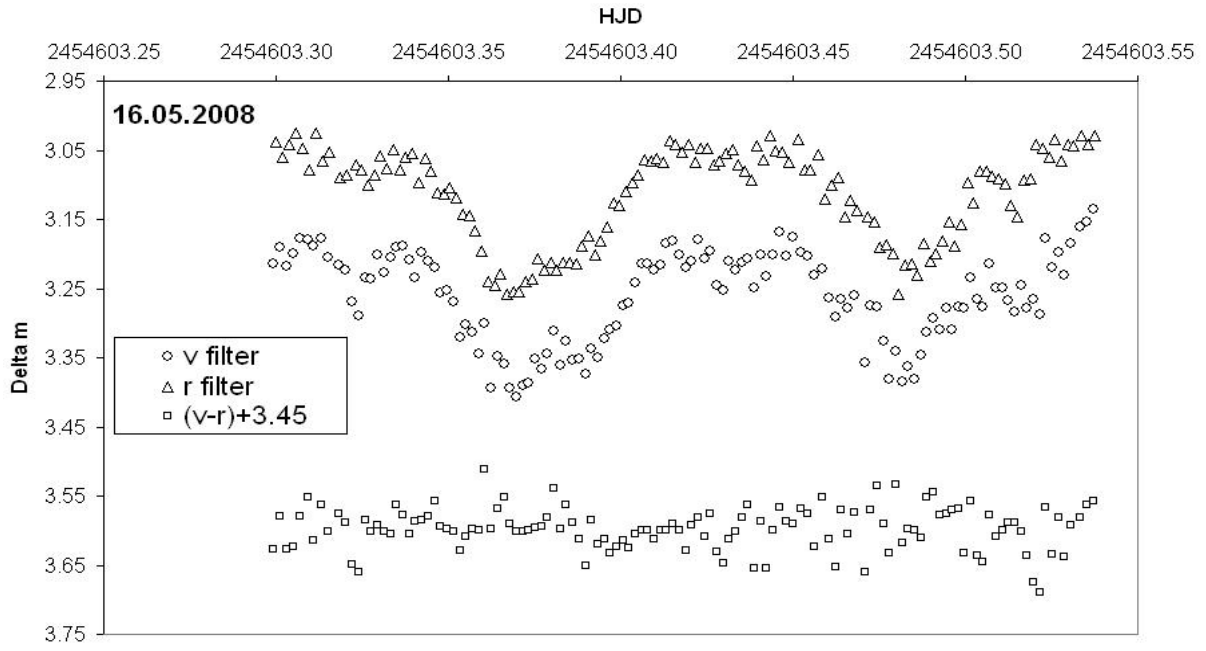
özellikle 02.07.2008 tarihli R bandındaki ışık eğrisinde bu çukur daha belirgin görülmektedir. Bu derin çukurun hemen sağındaki çukur için 02.07.2008 ve 03.07.2008 tarihlerine ilişkin minimum zamanları okunmuştur (V bandından). Minimum zamanları arasındaki fark süresince 51Nemausa tam dönüş yapmış olmalıdır. Bu zaman farkı, 8 saate oranlandığında dönüş sayısı değeri tam sayı olmayıp ondalıklı çıkmıştır. Gerçekte asteroidin 8 saatten hemen az bir sinodik dönme dönemine sahip olduğunu bildiğimiz için, ondalıklı çıkan dönüş sayısının tam kısmının +1 fazlası tam ve doğru olan dönüş sayısı değerini vermelidir. Zaman farkı bu dönüş sayısına oranlanmış ve 51Nemausa için bu yolla sinodik dönme periyodu  $7.7791 \pm 0.0010$  saat olarak belirlenmiştir. Bu değer (Belskaya and Dvögopol, 1992)'de  $7.78296 \pm 0.00002$  saat, (Kristensen and Gammelgaard, 1985)'te  $7.7827 \pm 0.002$  saat ve Guide 7.0'da 7.785 saat olarak verilmiştir.

Elde edilen bu ışık eğrilerine V-R rengine bağlı bir albedo değişimi katkıda bulunmamaktadır. Çünkü bir dönme dönemi süresince bu gözlenen kutup açısında (aspect açısında) V-R yüzey renk değişimi Şekil 4'den de anlaşılacağı üzere görülmemektedir.

### 3.3. 126 Velleda







**Şekil 5.** 126Velleda'ya ilişkin 15.05.2008 ve 16.05.2008 tarihli (asteroid 05.05.2008 tarihinde opozisyona gelmiştir) V ve R filtrelerindeki diferansiyel ışık eğrileri ve V-R yüzey renk değişimleri. Bu eğriler, asteroidin bir tam dönme süresinden biraz daha uzun bir zaman dilimine ilişkindir.

126Velleda'ya ilişkin bu gözlem Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Gözlemevinde 15.05.2008 ve 16.05.2008 tarihli gözlemlerin sonuçlarını göstermektedir. Ortalamasını 0.22 kadir yöresinde belirlediğimiz V filtresindeki genlik değeri, (Dovgopol ve diğ., 1992)'de ve Licchelli (2006)'da sırasıyla 0.22 ve 0.12 kadir yöresinde verilmiştir.

Elde edilen bu ışık eğrilerine V-R rengine bağlı bir albedo değişimi katkıda bulunmamaktadır. Çünkü bir dönme dönemi süresince bu gözlenen kutup açısında (aspect açısında) V-R yüzey renk değişimi Şekil 5'den de anlaşılacağı üzere görülmemektedir.

Işık eğrilerine bakıldığında, 15.05.2008 tarihli ışık eğrisinin ilk çukurunun 16.05.2008 tarihli ışık eğrisinin ikinci çukuruna karşılık geldiği anlaşılmaktadır. Bu çukurlara ilişkin minimum zamanları okunmuştur (V bandından). Bu minimum zamanları arasındaki fark

süresince 126Velleda tam dönüş yapmış olmalıdır. 126Velleda'nın 5 saatten biraz fazla bir sinodik dönme periyodu olduğu literatürden bilinmektedir. Minimumlar arasındaki zaman farkı 5 saate oranlandığında bu zaman süresi içerisindeki dönme sayısını veren sonuç tam olmayıp ondalıklı çıkmıştır (5.371656). Sinodik dönme döneminin 5 saatten biraz fazla olması, aslında bu sonucun gerçek değerinin biraz daha küçük bir tam değer olmasını gerektirir. Ancak gerçek değer tekil olarak belirlenemez. Bu uygulamada (5,4,3,2,1) gibi bir çözüm kümesi elde edilmiştir ve gerçek değer bu kümenin içerisinde bir sayıdır. N bu çözüm kümesi içerisinde herhangi bir sayıyı ifade ediyorsa,  $5 + [(5.371656 - N) * 5 / N]$  ifadesi saat cinsinden 126Velleda'nın yukarıdaki çözüm kümesine göre hangi sinodik dönme dönem değerlerine sahip olabileceğini gösterecektir. Bu değerler yukarıdaki çözüm kümesi değerlerine paralel olarak sırasıyla (5.371656, 6.71457, 8.95276, ...) biçiminde elde edilmiştir.

126Velleda için literatürde belirlenen sinodik dönme periyotları,  $5.364 \pm 0.003$  saat (Dovgopol ve diğ., 1992),  $5.366 \pm 0.001$  saat Licchelli (2006) olarak verilmiştir. Çözüm kümesi içinde elde ettiğimiz 5.372 saat değeri doğru sinodik dönme değeridir ve bu durumda 126Velleda her iki grafikteki bahsi geçen minimumlar arasındaki zaman süresince 5 kez tam dönüş yapmıştır. 126 Velleda için belirlenen sinodik dönme periyodu:  $5.3717 \pm 0.0040$  saattir.

#### **4. Sonuç**

Opozisyon süresince elde edilen ışık eğrileri yoluyla bir asteroide ilişkin temel fiziksel parametrelere ulaşmak mümkün olmaktadır. Bu temel parametrelerin derin analiz gerektirmeden belirlenebiliyor olması, genellikle veri eksikliği fazla olan asteroidlerin fotometrik gözlemlerine yönelmede bir itki oluşturmaktadır.

Belirlenen sinodik dönme döneminden ve gözlemin yapıldığı solar evre açısından yola çıkarak asteroidlere ilişkin sideral (yıldızlı) dönme dönemlerine de ulaşılabilmektedir (Taylor (1989)). Bu bilgi, asteroidin boyut ve kütlesiyle birlikte ele alındığında, dönmeden dolayı asteroide etkiyen merkezkaç kuvveti tahmin edilebilmekte ve bu kuvvet asteroidin kütle çekimi ile karşılaştırılabilmektedir. Bu karşılaştırma sonucunda, söz konusu asteroidin tek parça ya da çoklu parçalı bir yapıda olup olmadığı tartışılabilmektedir.

Bundan başka, asteroidlerde kutup eğiminin yanında, sideral dönme dönemlerinin de hassas olarak bilinmesi (bu, sinodik dönemin hassas olarak belirlenmesiyle mümkündür), asteroid geometrisini modellemede sağlıklı sonuçlar elde etmek için oldukça önemli görülmektedir (Kaasalainen ve diğ., 1992).

## Kaynaklar

- Belskaya, I.N., Shevchenko, V.G.: 2000, Opposition Effect of Asteroids, *Icarus* 147, 94-105.
- Belskaya, I.N., Dovgopol, A.N.: 1992, In Lunar and Planetary Inst., Asteroids, Comets, Meteors 1991, p.45-48.
- Dovgopol, A.N., Kruglyi, Iu.N., Shevchenko, V.G.: 1992, *Acta Astronomica*, v.42, no.1, p.67-72.
- Harris, A.W., and J.W. Young 1989. Asteroid Observations from 1979-1981. *Icarus* 81, 314-364.
- Kaasalainen, M., Lamberg, L., Lumme, K.: 1992, Inversion Methods for Interpretation of Asteroid Lightcurves. In Asteroids, Comets, Meteors 1991, pp.289-292.
- Kristensen, L.K., Gammelgaard, P.: 1985, *Astronomische Nachrichten*, v.306, no.4, p.241-249.
- Lagerkvist, C.-I., and P. Magnusson 1990. Analysis of Asteroid Lightcurves. II. Phase Curves in a Generalized HG-System. *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. 86, 119-165.
- Licchelli, D.:2006, *The Minor Planet Bulletin*, v.33, p.11-13.
- Piironen, J., Magnusson, P., Lagerkvist,C.-I., Williams, I.P., Buontempo, M.E., Morrison, L.V., 1997, Physical Studies of Asteroids, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*. 121, 489-497.
- Scaltriti, F., Zappala, V., 1980, The Similarity of the Opposition Effect Among Asteroids, *Astron. Astrophys.* 83, 249-251.
- Shevchenko, V.G., Belskaya, I.N., Krugly, Yu.N., Chiomy, V.G., Gaftonyuk, N.M., 2002, Asteroid Observations at Low Phase Angles. II. 5 Astraea, 75 Eurydike, 77 Frigga, 105 Artemis, 119 Althaea, 124 Alkeste, and **201 Penelope**, *Icarus* 155, 365-374.
- Surdej, J., Louis, B., Cramer, N., Rufener, F., Waelkens, C., Barbier, R., Birch, P. V.: 1983, *Astronomy and Astrophysics Supplement Series*, vol. 54, Nov. 1983, p. 371-378.
- Taylor, R.C.:1979, in T.Gehrels (ed.), *Astron. Astrophys.*, 83, 249.
- Tedesco, E.F., and G.J. Veeder 1992. IMPS Albedos and Diameters Catalog. In *Infrared Astronomical Satellite Minor Planet Survey Catalog* (E.F.

Tedesco, Ed.), pp.243-285. Phillips Laboratory Techn. Rep. PL-TR-92-2049, Hanscom Air Force Base, MA.

Minor Planet Lightcurve Parameters

(<http://cfa-www.harvard.edu/iau/lists/LightcurveDat.html>)