

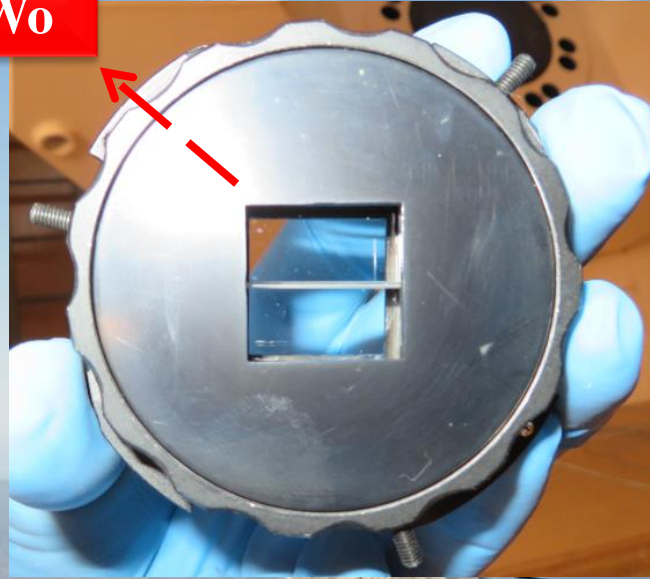
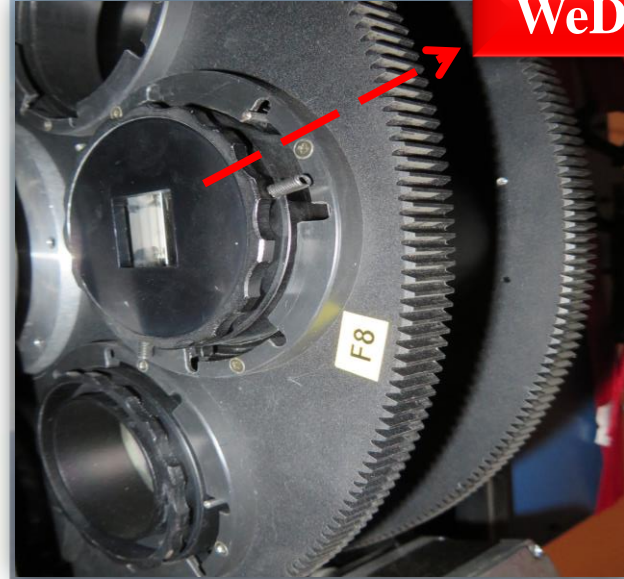
Polarimetrik Gözlemler için RTT150 - TFOSC Uyumlu Polarimetre Tasarımı**(TÜBİTAK Projesi No. 113F263)**

<i>Proje Başlangıç Tarihi:</i>	Şubat 2014 (İki yıllık proje)
<i>Proje Yürütücüsü:</i> <i>Proje Danışmanı:</i> <i>Proje Bursiyerleri:</i> <i>Gözlem sırasında katılanlar:</i>	Selçuk HELHEL (Akdeniz Ü.) İrek HAMİTOĞLU (TUG) Gizem KAHYA , Cevdet BAYAR (Akdeniz Ü., TUG) Süleyman KAYNAR, Oğuzhan OKUYAN (TUG)
<i>Amaç:</i>	Dünya'ya yaklaşan asteroitlerin fizik parametrelerinin incelenmesi (albedo, taksonomi, çap vs.)
<i>Polarimetre yapımı:</i>	Temmuz 2014
<i>İlk ışık:</i>	Ağustos 2014

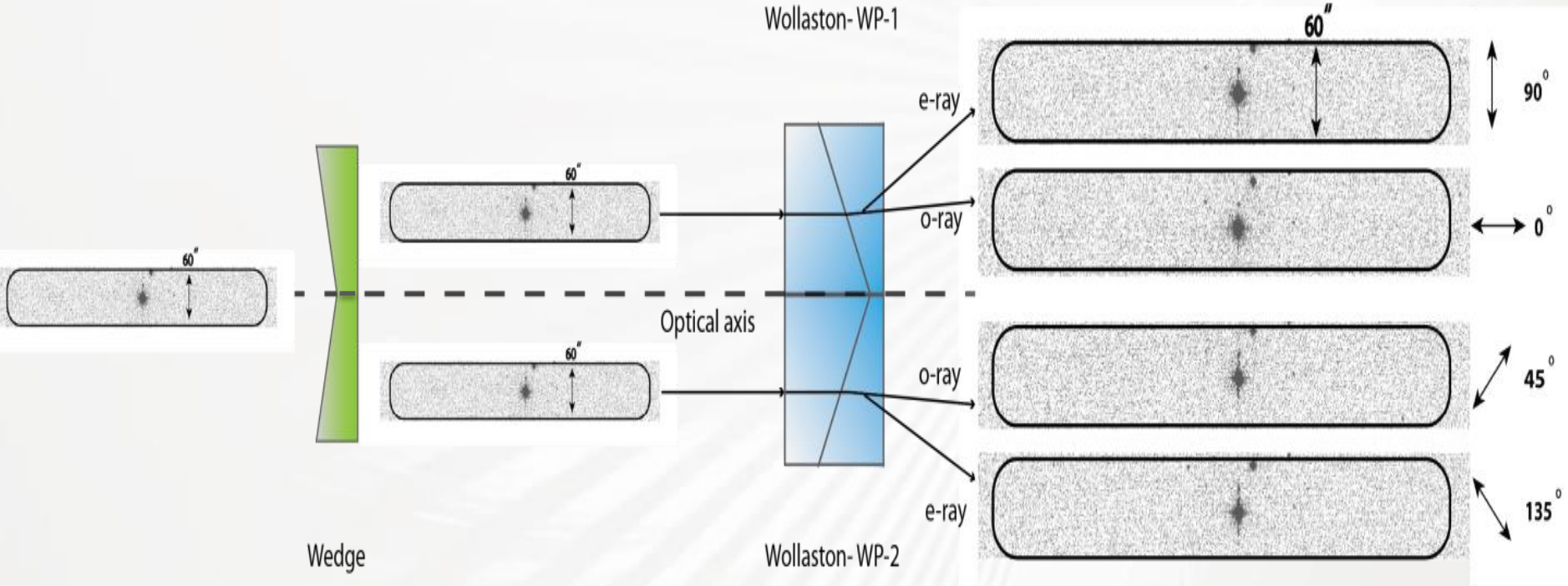
- Wegde Double Wollaston (**WeDoWo**) Tasarımı Hakkında Bilgi
- **WeDoWo** Prizmasının Çalışma Prensibi
- **WeDoWo** Prizmasının Şematik Gösterimi
- Tasarlanan **WeDoWo** Prizmasının Optik ve Sanal Testleri
- **TFOSC-WP** Polarimetresi ile Polarimetrik ve Fotometrik Gözlemler
- TFOSC-WP Polarimetresi Kalibrasyon Sonuçları
- Gözlenen **DYA**'ların Fizik Parametreleri
- Polarimetre Projesinin Yayınları

RTT150 - TFOSC Uyumlu Optik Polarimetre Tasarımı (TFOSC - WP)

WeDoWo

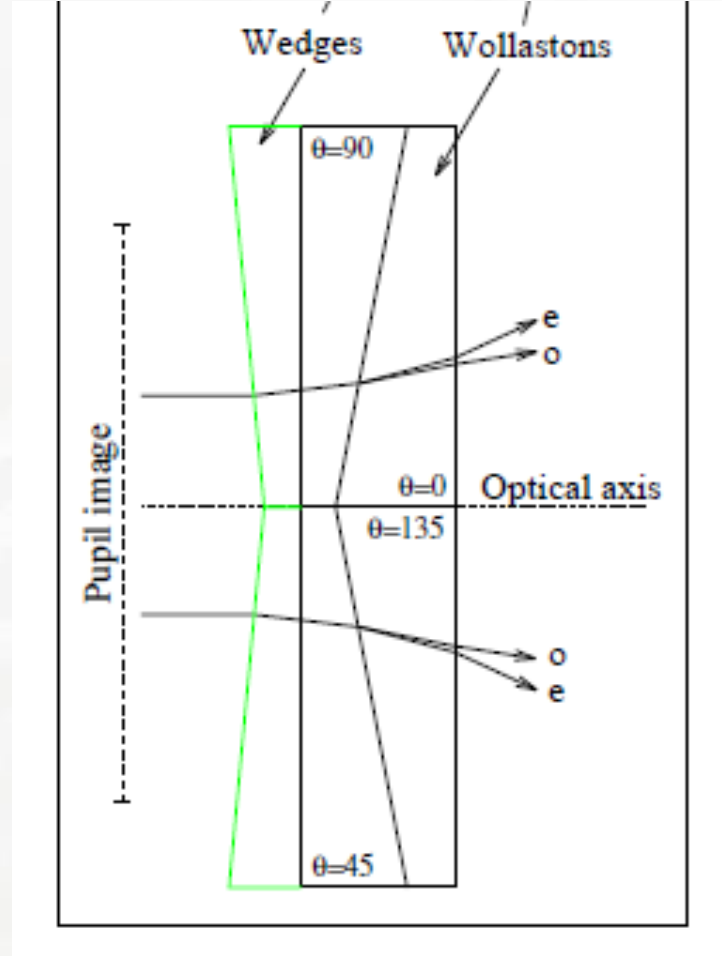


- ❖ Wedge, Wollaston prizmalarının boyut ve açı değerleri *E. Oliva et al., 1997* makalesi referans alınarak belirlendi. ZEMAX optik tasarım programı kullanılarak, bu değerler istekleri karşılayacak şekilde optimize edildi. Polarize olmuş görüntüler TFOSC odak düzleminde 60" genişliğinde bir yarıktan geçirilerek birbirleriyle çakışmaması sağlandı (*Helhel et al., 2014*).
- ❖ Wollaston prizmasının optik kısımları Kalsit (CaCO_3) malzemesi kullanılarak ELAN Ltd. (<http://www.elan-optics.com/>)'de üretildi.
- ❖ WeDoWo, TFOSC'daki filtre tekerleğine monte edildi.



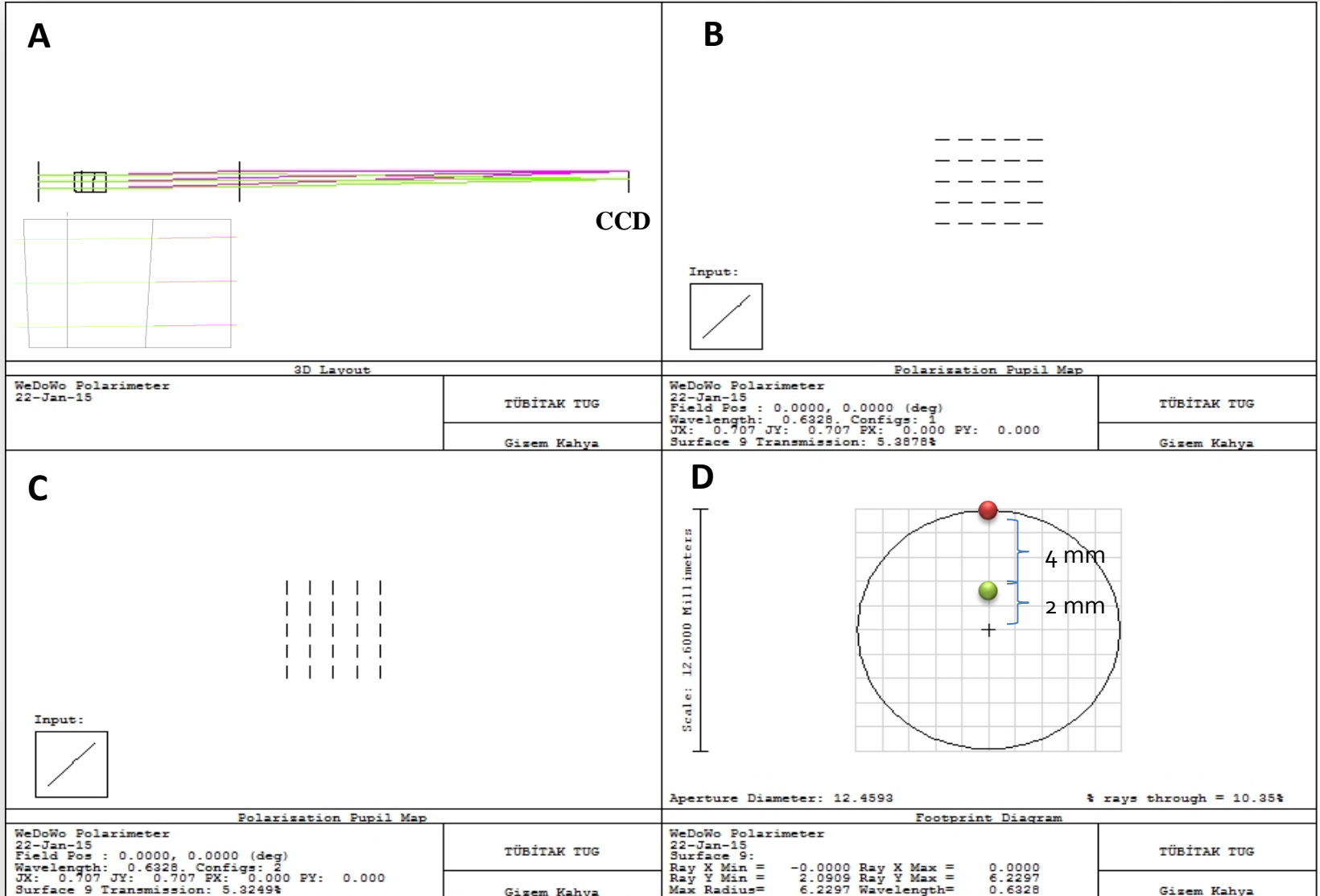
Şekil 3. WeDoWo'dan geçerek polarize olmuş 4 adet ışının 0° , 45° , 90° ve 135° 'lerde TFOSC-WP ile alınmış lineer polarizeli örnek görüntüsüdür. . (Polarize olmayan standart yıldız BD+32d3739, V-bandı, 7 sn poz, 23 Ağustos 2014.)

Görüntüler birbirinden $60''$ ile ayrılmıştır. Gelen ışık wedge tarafından iletilir. WeDoWo'dan çıkarken iki ışına ayrılır.

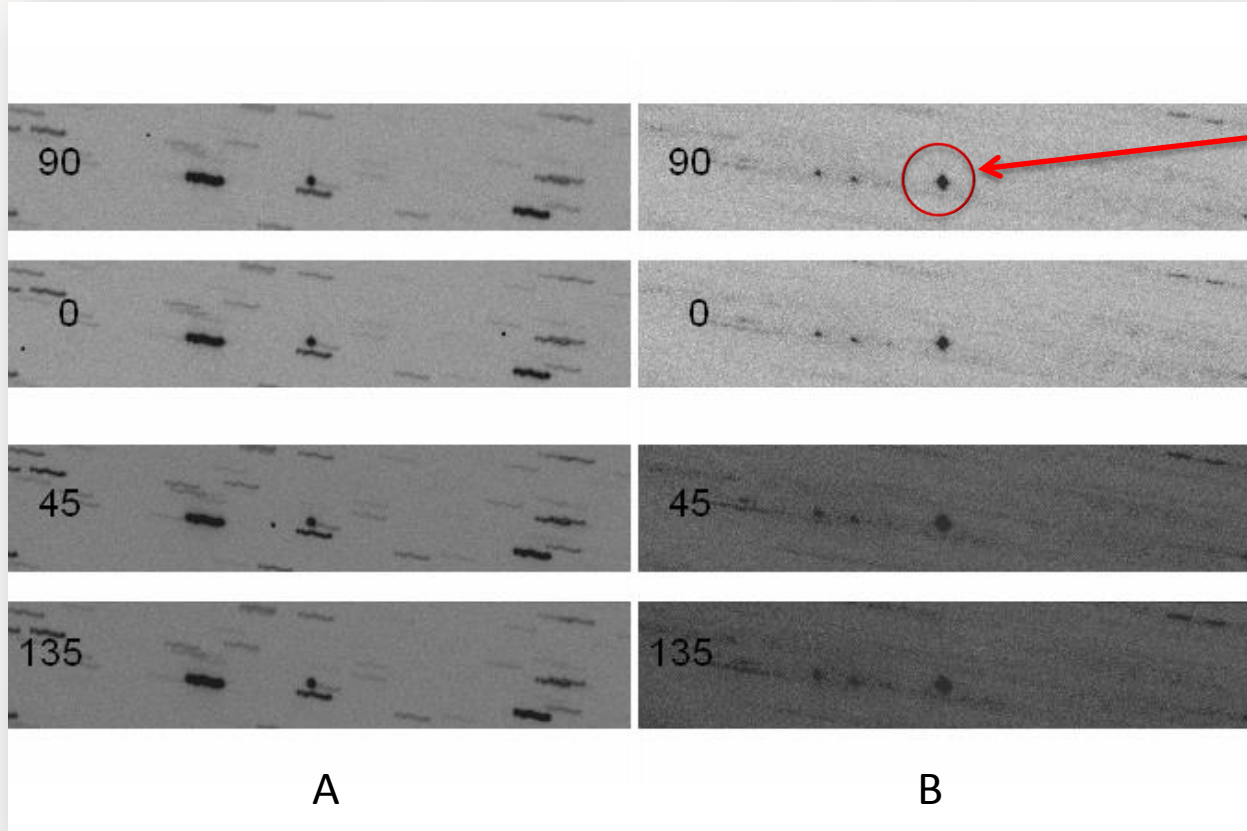


E.Oliva et al.,1997

Şekil 4. WeDoWo polarimetresi şematik gösterim.

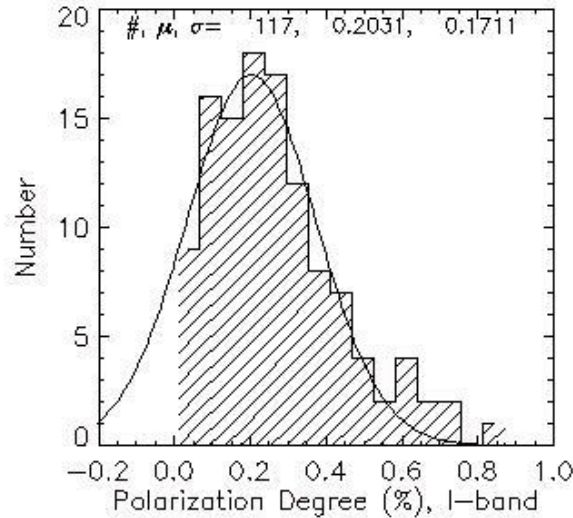
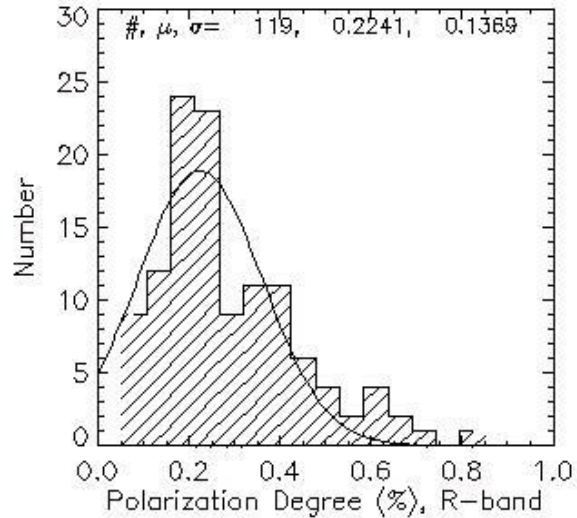
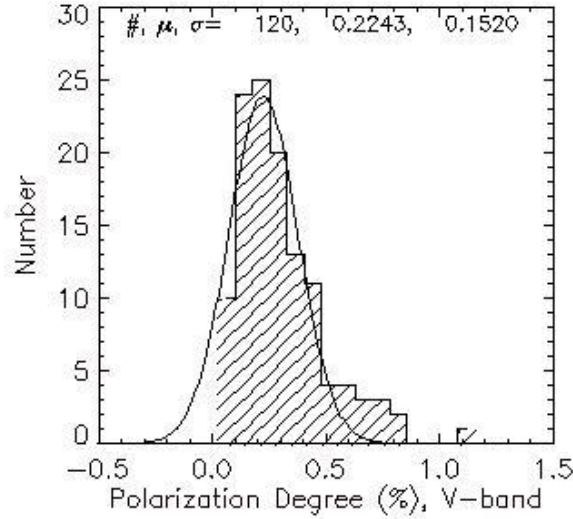
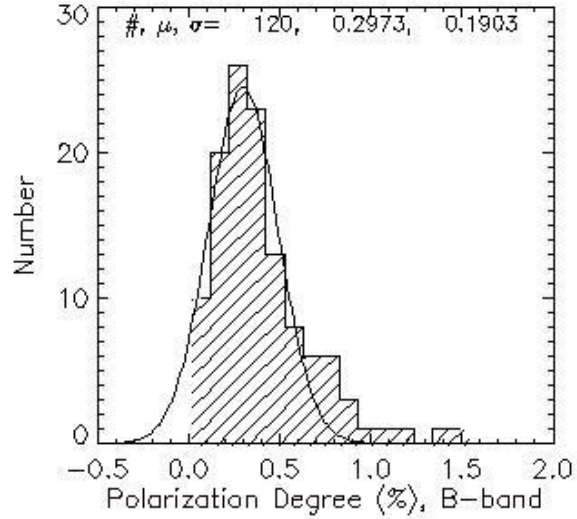


Şekil 1. WeDoWo Polarimetresinin Optik Tasarımı ve Sanal Testleri



Asteroit

Şekil 5. A'da; DYA 276049 için TFOSC-WP polarimetresi kullanılarak V Bandında 120sn poz süresi verilerek ve birbirinden 60" ile ayrılmış 0°, 45°, 90° ve 135° de gözlenen 4 polarize ışın; B'de bu şekilde alınan 5 görüntünün median ile birleştirilmesi.



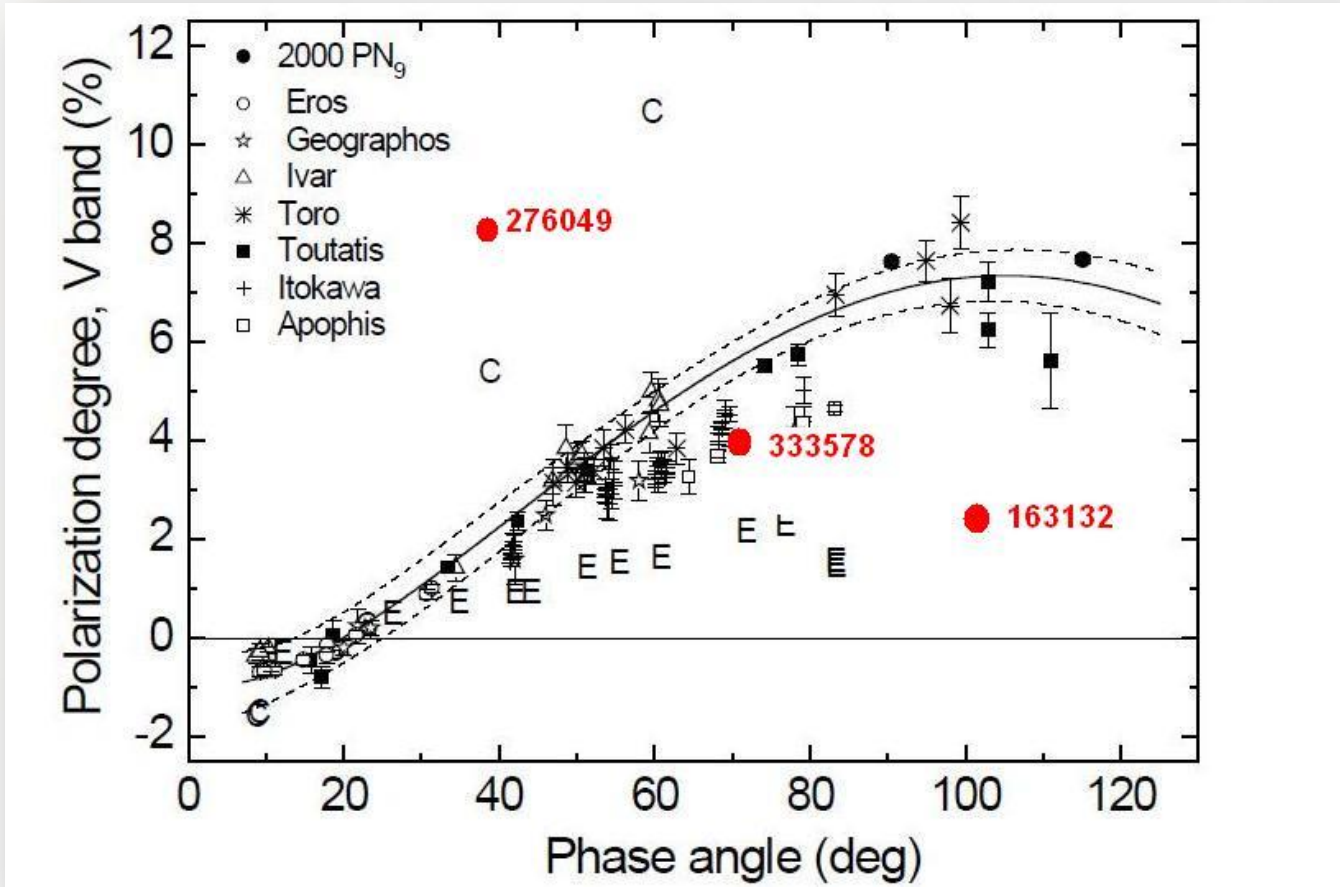
Sistemik Hatalar:

$\sigma_p \approx \pm 0.2\%$
polarizasyon
derecesinin hatası.

$\sigma_\theta \approx \pm 1.^\circ 9$
polarizasyon açısının
hatası.

Shakhovskoy & Efimov 1972;
Fornasier et al., 2006

Şekil 6. Polarize olmayan standart yıldızların BVRI bandında gözlemlenmiş lineer polarizasyon derecesi ölçümlerinin dağılımı.



Şekil 7. Belskaya et al. (2009) makalesinden alınan S-sınıfı asteroidler için polarizasyon faz eğrisi. **Türkiye’de ilk defa** polarimetrik yöntemle incelediğimiz asteroidlerin sonuçları kırmızı renkle gösterilmektedir.

Tablo 1: Gözlemlenen üç DYA'nın belirlenen Albedo, spektral sınıfları ve çapları.

Asteroid	Spektral sınıf	Albedo (p_V)	ap (km)
163132	E - tipi	0.5 ± 0.19 (yüksek p_V)	0.306 ± 0.08
276049	C - tipi	0.043 ± 0.005 (düşük p_V)	3.106 ± 0.29
333578	S - tipi	0.25 ± 0.023 (orta p_V)	0.221 ± 0.03

Ulusal ve Uluslararası toplantılarda sunumlar ve yayınlar:

1. **S. HELHEL, G. KAHYA, İ. KHAMİTOV (HAMİTOĞLU), C. BAYAR: 2014**, *Design of TFOSC Compatible Polarimeter for Polarimetric Observations*, '35. PIERS', 25-28.08.2014, Guangzhou (Canton), CHINA (Poster, **yayınlandı**).
2. **İ. KHAMİTOV, S. HELHEL, G. KAHYA, S. KAYNAR, C. BAYAR, R. GUMEROV: 2014**, *Polarimetric observations of NEAs at RTT150. First results*. 'GAIA-FUN-SSO 3rd Workshop', 24-26.11.2014, Paris Observatory, France (Sunum, **yayınlandı**).
3. **İ. KHAMİTOV, R. GUMEROV, S. HELHEL, G. KAHYA, S. KAYNAR: 2014**, *Investigation of physical characteristics of NEAs on RTT150 in frame of GAIA-FUN-SSO*, 'High Energy Astrophysics, Today and Tomorrow' 22-25 December 2014, IKI Moscow, Russia (Poster, **yayınlandı**).
4. **G. KAHYA, İ. HAMİTOĞLU, S. HELHEL, S. KAYNAR, C. BAYAR, R. GUMEROV, O. OKUYAN: 2015**, *RTT150 - TFOSC Uyumlu Optik Polarimetre Tasarımı*, 'UAK-2015', 2-6 Şubat 2015, ODTÜ, ANKARA (Sunum yapıldı, yayın hazırlanmakta).
5. **S. HELHEL, İ. KHAMİTOV, G. KAHYA, C. BAYAR, S. KAYNAR, R. GUMEROV: 2015**, *Double Wedged Wollaston Type Polarimeter Design and Integration to RTT150-TFOSC; Initial Tests, Calibration and Characteristics*, *Experimental Astronomy* (Editör aşamasında).
6. **Gizem KAHYA: 2015**, 'Asteroidlerin Polarimetrik Gözlemleri İçin TFOSC Uyumlu Optik Polarimetre Tasarımı', **Yüksek Lisans Tezi**, Akdeniz Üniversitesi (yazılıyor).

Stokes Parametrelerinin Hesabı

Stokes vektörünün ilk üç elemanı $\vec{S}(I, Q, U)$ kaydedilen flux değerleri aracılığıyla belirlendi (Denklem 2.1).

$$\vec{S} = \begin{pmatrix} I \\ Q \\ U \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I_0 + I_{90} \text{ veya } I_{45} + I_{135} \\ I_0 - I_{90} \\ I_{45} - I_{135} \end{pmatrix} \quad 1$$

Lineer polarizasyon derecesi (P) ve cihazın referans düzleminde polarizasyonun konum açısı (θ) Denklem 2 ve 3'deki denklemler aracılığıyla hesaplanmıştır.

$$P = \frac{\sqrt{Q^2 + U^2}}{I} \quad \theta = 0.5 * \tan^{-1} \frac{U}{Q} \quad 2$$

Polarizasyon derecesinin ve polarizasyonun konum açısının hata değerleri Denklem 3 ve 4'den hesaplanmıştır.

$$\sigma_P = \frac{|Q\partial Q + U\partial U|}{P} \quad 3$$

$$\sigma_\theta = \frac{28.65 * \sigma_P}{P} \quad 4$$

Polarimetrik eğim (h) ve Hatasının Hesabı

$$h = \frac{P_{rV}}{(PA_{obs} - \alpha_{inv})}$$

h – Polarimetrik eğim

P_{rV} – Asteroid referans sisteminde polarizasyon derecesi

PA_{obs} – Gözlemlenen faz açısı

α_{inv} – Inverse angle

$$\frac{\delta h}{h} = \sqrt{\left(\frac{\delta P_{rV}}{P_{rV}}\right)^2 + \left(\frac{\delta \alpha_{inv}}{(PA_{obs} - \alpha_{inv})}\right)^2}$$

Çap Belirlenmesi (D_{eff}) ve Hatası

$$D_{eff} = \frac{1329 \cdot 10^{(-0.2H)}}{\sqrt{p_v}}, (km)$$

$$\frac{\delta D_{eff}}{D_{eff}} = 0.5 * \sqrt{\left(\frac{\delta p_v}{p_v}\right)^2 + (\delta H)^2}$$

H mutlak parlaklık, V bandında

(Fowler, J.W., Chillemi, J.R., 1992)

Albedo Hesaplanması (p_v)

Formula ve hatası

$$\log(p_v) = A + B * \log(h)$$

p_v – geometrik albedo,

h – polarimetric slope around of inverse angle (α_{inv})

$$A = -1.731, B = -0.983$$

(Lupishko and Mohamed 1996)

$$\frac{\delta p_v}{p_v} = |B| * \frac{\delta h}{h}$$

Estimation of absolute magnitude of HG-system (H)

TABLE 2. Mean *G*-values.

Taxonomic type	$\langle G \rangle$	$\sqrt{\frac{N}{N-1} \sum (G - \langle G \rangle)^2}$	N
S	0.23 ± 0.02	0.11	26
M	0.22 ± 0.02	0.05	11
C	0.04 ± 0.02	0.06	7
G	0.09 ± 0.02	0.03	3
P	0.08 ± 0.01	0.02	3
E	0.45 ± 0.03	0.04	2
T	0.25	—	1
R	0.40	—	1
B	0.10	—	1
V	0.33	—	1
F	-0.03	—	1
C,G,B,F,P,T (low albedo)	0.09 ± 0.01	0.07	28
S,M (intermediate albedo)	0.22 ± 0.02	0.10	37
E,V,R (high albedo)	0.41 ± 0.03	0.06	4
All objects	0.19 ± 0.02	0.12	69

*mean values of phase slope parameter $\langle G \rangle$ were adopted from Lagerkvist & Magnusson (1990) for low, moderate and high albedo asteroid classes.