

# HD 196821, HD 187983 ve 28 Peg Yıldızlarının Kimyasal Bolluk Analizleri

Kübraözge Ünal<sup>1</sup>★, Şeyma Çalışkan<sup>1</sup>, Tolgahan Kılıçoğlu<sup>1</sup>, Aslı Elmaslı<sup>1</sup>,  
Yahya Nasolo<sup>1</sup>, Zeynep Avcı<sup>1</sup>, Berahitdin Albayrak<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri, 06100, Tandoğan ANKARA

## Özet

HD 196821, HD 187983 ve 28 Peg yıldızlarının yüksek çözünürlüklü tayfları (R 40000) TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nden elde edildi. Yıldızların atmosfer parametreleri ve tayfında gözlenen elementlerin kimyasal bolluk değerleri belirlendi. HD 196821 yıldızı için 12, HD 187983 yıldızı için 15 ve 28 Peg yıldızı için 11 elemente ilişkin bolluk değerleri hesaplandı. Yapılan bolluk çalışmasında HD 196821 yıldızının peküler bir civa-mangan (HgMn) yıldızı olduğu ilk kez tespit edildi. HD 187983 süperdev yıldızının tayfında Hidrojen Balmer çizgilerinden H $\alpha$  da P Cyg profili görüldü. HD 196821, HD 187983 ve 28 Peg yıldızlarının kütleleri ve yaşları, çeşitli yıldız evrim modelleri ve izokronlar kullanılarak öngörüldü.

**Anahtar Kelimeler:** stars: abundances, Yıldız Tayfı

## 1 Giriş

Yıldızların kimyasal ve fiziksel özelliklerini anlamının en güvenilir yolu onların tayflarını incelemektir. Yıldızların atmosferine yönelik kimyasal bolluk hesabı, galaksimizin ve yıldızların evriminin anlaşılması için iyi bir yol göstericidir.

### 1.1 Normal A Yıldızları

Normal A Yıldızları [Adelman \(2004\)](#) göre, fotosferlerinde Güneş'tekine yakın element bollukları gösteren, kimyasal tuhaflık sergilemeyen A tayf türünden yıldızlardır. 28 Peg yıldızının tayf türünü A3 III [Cowley et al. \(1969\)](#) tarafından sınıflandırıldı. Yıldızın dikine hızı  $7.8 \text{ km s}^{-1}$  [Shajn & Albitzky \(1932\)](#) ve  $10.46, 11.38, 12.16 \text{ km s}^{-1}$  olarak belirlenmiş ve değişen yıldız olmadığı belirtilmiştir [Kunzli et al. \(1996\)](#). Dönme hızı [Abt & Morrell \(1995\)](#) tarafından Mg II 4481 dalgaboyundaki çizgi ile  $40 \text{ km s}^{-1}$ , [Royer et al. \(2002\)](#) tarafından ise  $49 \text{ km s}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.

### 1.2 A Tayf Türü Süperdev Yıldızlar

HD 187983 yıldızının tayf türü A1 Iab olarak [Morgan et al. \(1955\)](#) tarafından belirlendi. Dikine hızı  $25.7 \text{ km s}^{-1}$  ve  $11.2 \text{ km s}^{-1}$  [Abt \(1957\)](#),  $2.9 \text{ km s}^{-1}$  [Humphreys \(1970\)](#), [Humphreys \(1978\)](#)  $-4.4$  [Mayer et al. \(1994\)](#) olarak belirlendi. vsini değeri  $42 \text{ km s}^{-1}$  [Verdugo et al. \(1999\)](#),  $45 \text{ km s}^{-1}$  [Evans et al. \(2006\)](#),  $15 \text{ km s}^{-1}$  [Przybilla et al. \(2010\)](#), mutlak parlaklık değeri  $-6.8$  kadir [Abt \(1957\)](#),  $6.6$  kadir [Gammelgaard & Rudkjøbing \(1973\)](#),  $-6.5$  kadir [Humphreys \(1978\)](#), [Hill et al. \(1986\)](#) ve [Verdugo et al. \(1999\)](#),  $-6.8$  kadir [Burki \(1978\)](#),  $-7$  kadir [Bartkevicius & Lazauskaite \(1997\)](#) olarak hesaplandı. Kütleli  $15 M_{\odot}$  [Przybilla et al. \(2010\)](#),  $14.7 M_{\odot}$  [Humphreys \(1978\)](#),  $15.9 M_{\odot}$  ve yarıçapı  $78 R_{\odot}$  [Burki \(1978\)](#) olarak hesaplandı.

### 1.3 Civa-Mangan (HgMn) Yıldızları

( $3984 \text{ \AA}$ ) dalgaboyunda bulunan Hg II çizgisi [Bidelman \(1962\)](#) tarafından gözlemlendiğinden itibaren HgMn yıldızları çalışılmaya başlanmıştır. B7-B9 tayf türü aralığına dağılmış,  $10000 \text{ K}$  ile

**Çizelge 1.** Yıldızların gözlemsel parametreleri 28 Peg, HD 196821 ve HD 187983.  $v_{\text{helio}}$  ve  $v \sin i$  km/s birimindedir. S/N ise  $\text{\AA}$ 'da ölçülmüştür.

Yıldız Adı	Parlaklık [m]	RA [h m s]	DEC [° ' "]	$v_{\text{helio}}$	$v \sin i$	S/N
HD 196821	6.077	20 39 10.65	21 49 02.80	-32.91	25	209
28 Peg	6.441	22 10 30.18	20 58 40.74	12.26	52	260
HD 187983	5.57	19 52 01.59	24 59 31.78	-2.70	30	216

$15000 \text{ K}$  sıcaklık aralığına sahip geç B tayf türü yıldızlardır [Saffe & Levato \(2009\)](#). Mikrotürbülans hızları  $0 - 1.2 \text{ km s}^{-1}$  ve kütleleri ise  $2 - 5 M_{\odot}$  aralığındadır. En belirgin özellikleri tayflarında HgII ( $3984 \text{ \AA}$ ), MnII ( $4026 \text{ \AA}, 4136 \text{ \AA}$ ), ağır elementlerden W, Re, Os, Ir, Pt, Sr, Ga, Au, Tl, Xe, Y, Zr, Pb, Bi, [Wahlgren et al. \(1995\)](#), [Castelli & Hubrig \(2004\)](#) elementleri gözlenmektedir. Yaklaşık olarak  $150 \text{ HgMn}$  yıldızı bilinmektedir [Renson & Manfroid \(2009\)](#). HD 196821 yıldızının tayf türü B9 III [Renson et al. \(1991\)](#) olarak belirlendi. Dikine hızı  $-34.8, -39.2, -41.7, -52.9, -32.5, -33.3, -33.7 \text{ km s}^{-1}$  [Harper \(1937\)](#),  $-31.6 \text{ km s}^{-1}$  [Wolff \(1978\)](#), vsini hızı ise  $20 \text{ km s}^{-1}$  [Wolff \(1978\)](#),  $10 \text{ km s}^{-1}$  [Abt & Morrell \(1995\)](#) ve  $-20.8 \text{ km s}^{-1}$  [Griffin et al. \(2012\)](#) tarafından olarak hesaplandı.

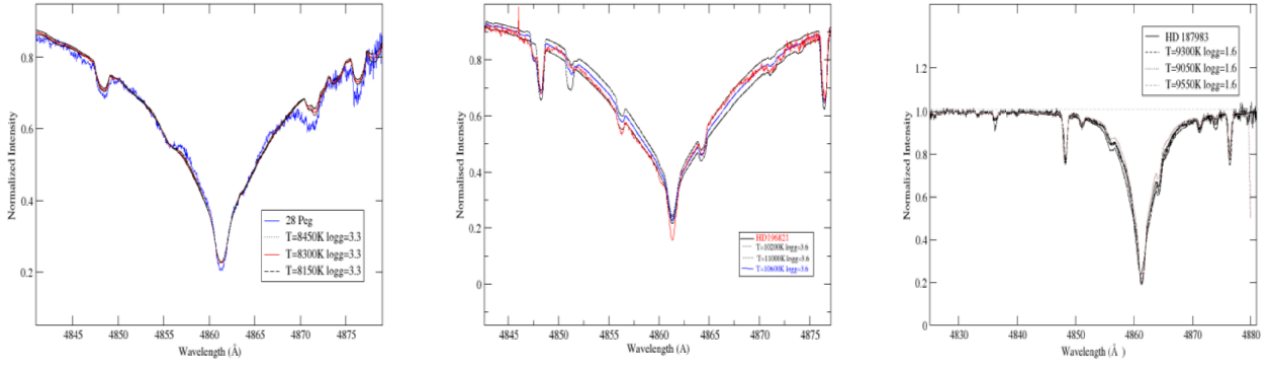
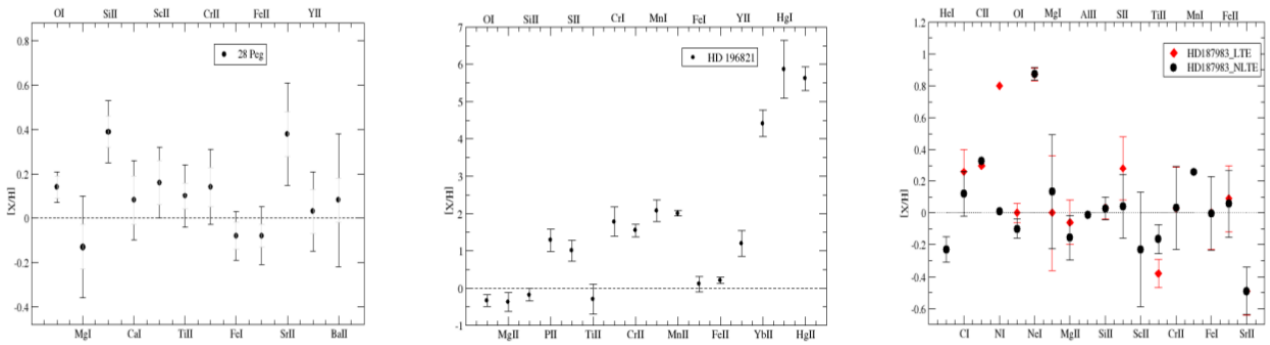
## 2 Gözlemler ve Analiz Yöntemleri

HD 196821, HD 187983 ve 28 Peg yıldızlarının R 40000 çözünürlüğe sahip  $3900$  ile  $7500 \text{ \AA}$  dalgaboyu aralığındaki tayfları TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nden Coude (eşel) odağına bağlı  $1.50$  metrelik RTT150 teleskobu ile elde edildi. İndirgemeler IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) programı ile yapıldı. Yıldızlara ilişkin gözlemsel parametreleri tablo 1'de yer almaktadır.

### 2.1 Atmosfer Parametrelerinin Belirlenmesi

Yıldızların atmosfer parametrelerini belirlemek için; başlangıç değerleri olarak [Napiwotzki et al. \(1993\)](#) kalibrasyonu ile fotometrik olarak hesaplanan sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi alındı. Yıldızların atmosfer parametreleri daha sonra tayfsal yöntemler ile belirlendi. Tablo 2'de fotometrik ve tayfsal olarak hesaplanan

★ k.ozgeunal@gmail.com

Şekil 1. Her üç yıldızın H $\beta$  (4861Å) profil fitleri

Şekil 2. Herbir yıldız için belirlenen elementlerin bolluk grafikleri

Çizelge 2. Yıldızların atmosfer parametreleri

Yıldız Adı	Fotometrik		Tayfsal			
	$T_{\text{eff}}$ K	$\log g$ dex	$T_{\text{eff}}$ K	$\log g$ dex	$\xi$ [kms $^{-1}$ ]	[Fe/H] [dex]
HD 196821	10300	3.60	10600	3.60	0.00	0.11
28 Peg	8100	3.40	8300	3.30	3.00	-0.12
HD 187983			9300	1.60	7.00	0.12

atmosfer parametreleri, şekil 1'de ise her üç yıldızın H $\beta$  profil fitleri bulunmaktadır. HD 196821 yıldızı için; Hidrojen Balmer çizgi profil fit yöntemi kullanıldı. 28 Peg yıldızının dönme hızı yüksek olduğundan dolayı atmosfer parametreleri; yıldızın tayfında bulunan Fe-I ve Fe-II çizgilerinden hesaplanan Fe bolluğunun eşit olduğu değerler sıcaklık ve yüzey çekim ivmesi değeri olarak kabul edildi. Mikrotürbülans hızı  $\varepsilon$  belirlemede Fe-I çizgilerinden hesaplanan bollukların, bu çizgilerin eşdeğer genişliklerinden bağımsız olması durumu dikkate alındı. HD 187983 süperdev yıldızının; sıcaklık değerini hesaplamak için MgI/II çizgilerinin vermiş olduğu aynı Mg bolluğuna sahip olan değer yıldızın sıcaklığı olarak kabul edildi ve ayrıca atmosfer parametreleri Firnstein & Przybilla (2012) yayınından alındı.

## 2.2 Çizgi Tanısı ve Bolluk Analizi

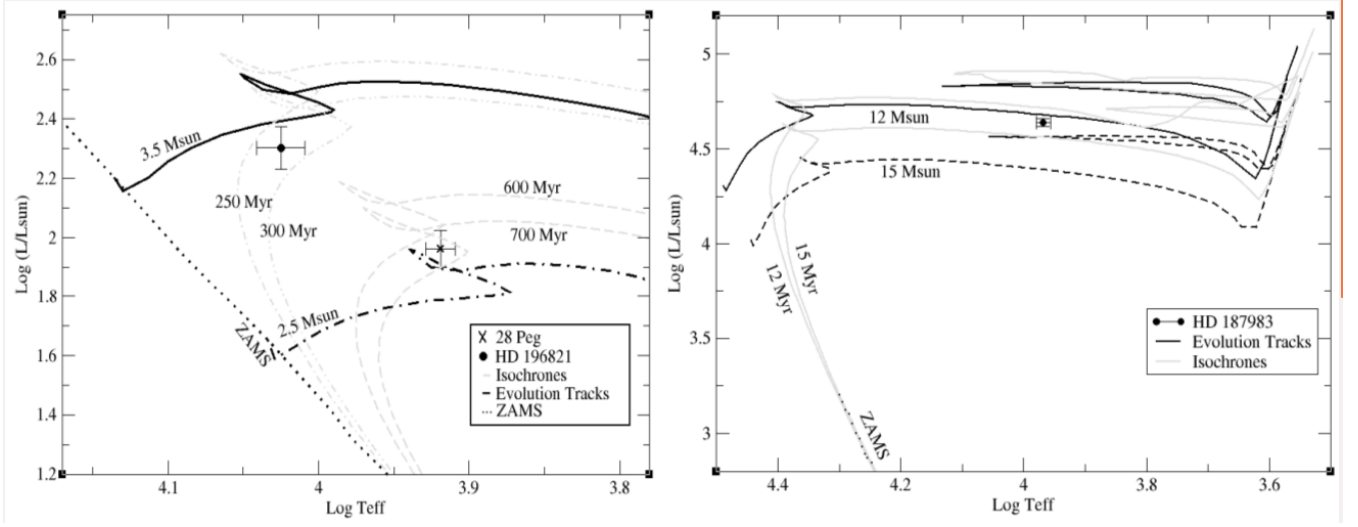
HD196821 yıldızı için çizgi tanısı <http://wwwuser.oat.ts.astro.it/castelli/stars.html> adresinden alınan HD 35548, HD 193452, HD 175640 yıldızlarının tayfları örnek alındı. Çizgi listeleri NIST (National Institute of Standard and Technology), VALD (Vienna Atomic Line Database) Piskunov et al. (1995) ve Kupka et al. (1999); veri tabanı kullanılarak oluşturuldu. At-

Çizelge 3. V bandında görünen parlaklığı,  $m_V$  Oja (1983), parallax,  $\pi$ , van Leeuwen (2007), mutlak parlaklığı,  $M_V$  (bu çalışma), bolometrik düzeltmesi, BC Torres (2010), logaritmik ışınım gücü,  $\log(L/L_{\odot})$  (bu çalışma), and logaritmik etkin sıcaklığı,  $\log T_{\text{eff}}$  (bu çalışma).

Star name	$m_V$ [mag]	$\pi$ [mas]	$M_V$ [mag]	BC	$\log(L/L_{\odot})$	$\log T_{\text{eff}}$ [K]
HD 196821	6.007	4.54	-0.641	-0.380	2.297	4.025
28 Peg	6.460	4.80	-0.136	0.015	1.940	3.919
HD 187983	5.57	0.943	-6.755	-0.112	4.639	3.968

mosfer parametreleri ve model atmosferleri yerel termodinamik dengenin olduğu varsayımını kabul eden ATLAS9 ile Kurucz (1993b); Kurucz (2005); Sbordone et al. (2004), sentetik tayflar LINUX tabanlı SYNTHE ile üretildi Kurucz (1993a); Kurucz (2005).

Üç yıldızın da kimyasal bolluk analizi yıldızların atmosferinde yer alan çeşitli atomların oluşturduğu soğurma çizgilerinin eşdeğer genişliklerinin ölçülmesiyle gerçekleştirildi. Yıldızların tayfında gözlenen elementler ve onların bolluk değerleri şekil 2'de görülmektedir. Ayrıca HD 196821 yıldızı için Hg, P, Y, O, Yb bolluklarını hesaplamada tayf sentezi yöntemi kullanıldı. Süperdev yıldızların atmosferleri yapıcı anakol yıldızlarından farklıdır ve LTE durumundan sapmalar gerçekleşir. Bu yüzden HD 187983 süperdevi için bazı elementlerde NLTE düzeltmeleri yapıldı.



Şekil 3. Her üç yıldızın tahmini evrim yolları ve yaş tayinleri bulunmaktadır. Yıldızların bolometrik düzeltmeleri Torres (2010) göre yapılmıştır.

### 3 Bulgular ve Sonuç

- Çalışılan yıldızların atmosfer analizleri sonucunda; HD 196821 yıldızının B9 tayf türü dev peküler bir civa-mangan (HgMn) yıldızı olduğu ilk kez tespit edildi. Daha önceden bu yıldızın Si-Cr peküler yıldız olduğu söylenilmiştir Heacox (1979).
- 28 Peg normal A tayf türü dev bir yıldız olduğu belirlendi.
- HD 187983 süperdev yıldızının tayfında Hidrojen Balmer çizgilerinden *Halpa* da (6563Å) P Cygni profili görüldü. Bu yapı yıldızda, yıldız rüzgarları varlığının bir göstergesidir.

#### 3.1 Hertzsprung–Russell Diyagramı

Tablo 3’de bulunan değerler kullanılarak yıldızların H-R diyagramındaki yerleri belirdi. Şekil 4’ de yıldızların H-R diyagramındaki tahmini konumları verildi. Yıldızların izokron ve evrim yolları sırasıyla; Salasnich et al. (2000) ve Bressan et al. (2012) yöntemleri ile belirlendi.

#### 3.2 Sonuçlar

- HD 196821 yıldızının dönme hızı  $25 \text{ km s}^{-1}$ , sıcaklığı 10600 K, yüzey çekim ivmesi  $3.60$ , mikro- türbülans hızı ise  $0 \text{ km s}^{-1}$  olarak belirlendi. Yapılan bolluk analizi sonucunda peküler HgMn yıldızı olduğu tespit edildi ve tayfında Hg, Mn, P, Y, Yb, S, Cr elementleri Güneş’e göre oldukça bol ; O, Mg, Si, Ti ve Fe elementleri ise Güneş bolluğunda ya da Güneş’e göre az bulundu. Civa (Hg) bolluğu 5 dex, Mangan (Mn) 2 dex olarak belirlendi. Yıldızın kütlesi  $3.4 M_{\odot}$  (ZAMS kolundan uzakta evrimleşmeye başlamış), yaşı ise 280 milyon yıl olarak hesaplandı.
- 28 Peg yıldızı normal A tayf türü bir yıldızdır. Dönme hızı  $52 \text{ km s}^{-1}$ , sıcaklığı 8300 K, yüzey çekim ivmesi  $3.30$ , mikrotürbülans hızı  $3 \text{ km s}^{-1}$  olarak hesaplandı. Yıldızın kütlesi  $2.60 M_{\odot}$ , yaşı ise 650 milyon yıl hesaplandı.
- HD 187983 süperdev yıldızının ise tayfında *H $\alpha$*  da salma gözlemlendi. Dönme hızı  $30 \text{ km s}^{-1}$ , sıcaklığı 9300 K, yüzey çekim ivmesi  $1.60$ , mikrotürbülans hızı  $7 \text{ km s}^{-1}$ , mutlak parlaklığı  $-6.76$  kadar olarak belirlendi. Sıcaklık ve logg değerleri aynı olan diğer süperdev (iPer ve 42 Cyg) yıldızlar ile bolluk değerleri karşılaştırıldığında referans alınan diğer

yıldızlar ile yakın değerler olduğu görüldü. Yıldızın kütlesi  $15 M_{\odot}$ , yaşı ise yaklaşık 14 milyon yıl ve yarıçapı ise  $78 R_{\odot}$  tespit edildi.

#### Kaynaklar

- Abt H. A., 1957, *ApJ*, 126, 138  
 Abt H. A., Morrell N. I., 1995, *ApJS*, 99, 135  
 Adelman S. J., 2004, in Zverko J., Ziznovsky J., Adelman S. J., Weiss W. W., eds, IAU Symposium Vol. 224, The A-Star Puzzle. pp 1--11, doi:10.1017/S1743921304004314  
 Bartkevicius A., Lazauskaite R., 1997, *Baltic Astronomy*, 6, 499  
 Bidelman W. P., 1962, *AJ*, 67, 111  
 Bressan A., Marigo P., Girardi L., Salasnich B., Dal Cero C., Rubele S., Nanni A., 2012, *MNRAS*, 427, 127  
 Burki G., 1978, *A&A*, 65, 357  
 Castelli F., Hubrig S., 2004, *A&A*, 421, L1  
 Cowley A., Cowley C., Jaschek M., Jaschek C., 1969, *AJ*, 74, 375  
 Evans C. J., Howarth I. D., 2003, *MNRAS*, 345, 1223  
 Firnstein M., Przybilla N., 2012, *A&A*, 543, A80  
 Gammelgaard P., Rudkjøbing M., 1973, *A&A*, 27, 261  
 Griffin R. E., Gray R. O., Corbally C. J., 2012, *A&A*, 547, A8  
 Harper W. E., 1937, Publications of the Dominion Astrophysical Observatory Victoria, 7, 1  
 Heacox W. D., 1979, *ApJS*, 41, 675  
 Hill G. M., Walker G. A. H., Yang S., 1986, *PASP*, 98, 1186  
 Humphreys R. M., 1970, *AJ*, 75, 602  
 Humphreys R. M., 1978, *ApJS*, 38, 309  
 Kunzli M., North P., 1998, *A&AS*, 127, 277  
 Kupka F., Ryabchikova T. A., 1999, Publications de l’Observatoire Astronomique de Beograd, 65, 223  
 Kurucz R. L., 1993a, SYNTHES spectrum synthesis programs and line data. Cambridge Publications  
 Kurucz R. L., 1993b, VizieR Online Data Catalog, 6039, 0  
 Kurucz R. L., 2005, Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplementi, 8, 14  
 Mayer P., Chochol D., Hanna M. A.-M., Wolf M., 1994, Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso, 24, 65  
 Morgan W. W., Code A. D., Whitford A. E., 1955, *ApJS*, 2, 41  
 Napiwotzki R., Schoenberner D., Wenske V., 1993, *A&A*, 268, 653  
 Oja T., 1983, *A&AS*, 52, 131  
 Piskunov N. E., Kupka F., Ryabchikova T. A., Weiss W. W., Jeffery C. S., 1995, *A&AS*, 112, 525

- Przybilla N., Firnstein M., Nieva M. F., Meynet G., Maeder A., 2010, *A&A*, 517, A38
- Renson P., Manfroid J., 2009, *A&A*, 498, 961
- Renson P., Kobi D., North P., 1991, *A&AS*, 89, 61
- Royer F., Grenier S., Baylac M.-O., Gómez A. E., Zorec J., 2002, *A&A*, 393, 897
- Saffe C., Levato H., 2009, *Rev. Mex. Astron. Astrofis.*, 45, 171
- Salasnich B., Girardi L., Weiss A., Chiosi C., 2000, *A&A*, 361, 1023
- Sbordone L., Bonifacio P., Castelli F., Kurucz R. L., 2004, *Memorie della Societa Astronomica Italiana Supplementi*, 5, 93
- Shajn G., Albitzky V., 1932, *MNRAS*, 92, 771
- Torres G., 2010, *AJ*, 140, 1158
- Verdugo E., Talavera A., Gómez de Castro A. I., 1999, *A&A*, 346, 819
- Wahlgren G. M., Leckrone D. S., Johansson S. G., Rosberg M., Brage T., 1995, *ApJ*, 444, 438
- Wolff S. C., 1978, *ApJ*, 222, 556
- van Leeuwen F., 2007, *A&A*, 474, 653

**Eriřim:**

O33-1430: [UAK-2015 Program](#) --- [UAK Bildiri](#) --- [Turkish J.A&A](#).