

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASTRONOMİK GÖZLEM  
SONUÇLARI İLE JEODEZİK  
GÖZLEM SONUÇLARININ  
KARŞILAŞTIRILMASI**

**Mustafa ACAR  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ  
ANABİLİM DALI  
Konya, 1999**

**TC YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

84574

**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ASTRONOMİK GÖZLEM SONUÇLARI İLE JEODEZİK  
GÖZLEM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

**Mustafa ACAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ ANABİLİM DALI**

84574

**Bu tez 28.01.1999 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile kabul edilmiştir.**

Yrd. Doç. Dr. Bayram TURGUT  
(Danışman)

Prof. Dr. Mehmet YERCI  
(Üye)

Doç. Dr. Z. Cevdet CAN  
(Üye)

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

# ASTRONOMİK GÖZLEM SONUÇLARI İLE JEODEZİK GÖZLEM SONUÇLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Mustafa ACAR

Selçuk Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Bayram TURGUT

1999, 104 Sayfa

Jüri : Prof. Dr. Mehmet YERÇİ

Doç. Dr. Z. Cevdet CAN

Yrd. Doç. Dr. Bayram TURGUT

Dünya' nın şeklinin belirlenmesi, dolayısıyla da bir koordinat sisteminde ifade edilebilmesi jeodezinin esas konusunu oluşturur. Bunun gerçekleştirilebilmesi için de astronomik gözlemlere ihtiyaç vardır. Bu gözlemler yardımı ile yeryüzü noktalarının konumlarının belirlenmesi, yer elipsoidinin boyutlarının hesaplanması, çekül sapması miktarları, iki boyutlu jeodezik ağların konumlandırılıp yerleştirilmesi gibi jeodezik problemler çözülmüştür.

Bu çalışmada yıldızlara gözlem yapılarak test noktalarının enlem, boylam ve azimutları hesaplanmış ve yersel ve GPS ölçülerinin birlikte dengelenmesi ile elde edilmiş nokta koordinatlarından bulunan enlem, boylam ve azimut değerleriyle karşılaştırılmış ve çekül sapması miktarları bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler :** Yıldız, zaman, zaman tayini, astronomik enlem, astronomik boylam, astronomik azimut tayini, çekül sapması.

# **ABSTRACT**

**MS Thesis**

## **THE COMPARISON OF ASTRONOMICAL OBSERVATION RESULTS WITH GEODETIC OBSERVATION RESULTS**

**Mustafa ACAR**

**Selcuk University**

**Graduate School of Natural and Applied Sciences**

**Department of Geodesy and Photogrammetry**

**Supervisor : Assis. Prof. Dr. Bayram TURGUT**

**1999, 104 Page**

**Jury : Prof. Dr. Mehmet YERCI**

**Assoc.Prof. Dr. Z. Cevdet CAN**

**Assis. Prof. Dr. Bayram TURGUT**

The main subject of geodesy is the determination of the Earth' s shape. In order to realize these astronomical observations are needed. By means of these astronomical observations, positions of surface points is determined, the dimensions of the earth ellipsoid is calculated and plumb line deflection quantities and two dimensional geodetic networks settlement, geodetic problems are solved.

In this study, the stars were observed, latitude, longitude and azimuths were calculated by means of these observations. These calculated values (latitude, longitude and azimuth) were compared to latitudes, longitudes and azimuths values obtained from combined adjustment of terrestrial and GPS measurements. Finally, plumb line deflection quantities were found.

**Key Words:** Star, time, time determination, astronomical latitude, astronomical longitude, astronomical azimuth determination, plumb line deflection.

# TEŐEKKÜR

Öncelikle her zaman bana destek olan bu çalıőmayı yapabilmem için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan "AİLEME" sonsuz teőekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmada bana yol gösteren, tecrübeleriyle bana ışık tutan sayın Yrd. Doç. Dr. Bayram TURGUT 'a , her fırsatta bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım Prof. Dr. Mehmet YERCİ 'ye, astronomik gözlem aleti hakkında bilgilerinden faydalandığım İstanbul Teknik Üniversitesi Öğretim Üyesi Doç. Dr. Ersoy ARSLAN 'a, gözlem planının hazırlanması ve yıldızlar hakkında bilgilerinden faydalandığım Ankara Üniversitesi Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. Fehmi EKMEKÇİ 'ye, teőekkür ederim.

Yaklaşık iki ay süren arazi uygulamasında beni yalnız bırakmayan tüm arkadaşlarıma teőekkürü bir borç bilirim.



T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU  
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

# İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ .....	1
2. ASTRONOMİK YÖNTEMLERLE ENLEM,BOYLAM VE AZİMUT BELİRLENMESİNİN AMAÇLARI .....	3
2.1. Jeodezik Astronomi ve Amacı.....	3
2.2. Koordinat Sistemleri.....	3
2.2.1. Ufuk koordinat sistemi.....	4
2.2.2. 1. Ekvator koordinat sistemi .....	8
2.2.3. 2. Ekvator koordinat sistemi .....	10
2.2.4. Ekliptik koordinat sistemi .....	11
2.2.5. Coğrafi koordinat sistemi.....	13
3.YILDIZLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ.....	15
3.1. Yıldızların Tanımı .....	15
3.2. Yıldızların Günlük Hareketleri .....	17
3.3. Yıldızların Özel Konumları .....	20
3.3.1 Sirkumpolar ve ekvatoryal yıldızlar .....	20
3.3.2 Kulminasyon veya geçiş .....	21
3.3.3. Yıldızların birinci düşey daireden geçişleri .....	23
3.4. Yıldızların Parlaklıkları .....	23
3.5. Yıldız Zamanı.....	25

4. ZAMAN VE ZAMAN KAYDI .....	28
4.1. Astronomide Zaman Tanımları.....	29
4.1.1. Bölge ve dünya zamanı .....	29
4.1.2. Efemerid zamanı ve atom zamanı .....	30
4.1.3. Jülyen yılı ve Greenwich sideral zamanı.....	31
4.1.4. Ortalama zaman (GMT) , Üniversal zaman (dünya zamanı) .....	32
4.1.5 GMST, UT1, UT2, UTC Astronomik dünya zamanları .....	34
4.1.6 Zaman dönüştürmeleri .....	34
4.2. Saatler .....	36
4.3. Zaman İşaret Vericileri .....	37
5. ASTRONOMİK GÖZLEM ALETLERİ.....	40
5.1. DKM3 – A Teodolitin Tanıtılması.....	40
6. ENLEM BELİRLEME YÖNTEMLERİ.....	43
6.1. Sirkum- Meridyen Zenit Uzaklıkları ile Enlem Belirleme .....	43
6.2. Meridyen Zenit Uzaklıkları (Sterneck) Yöntemi .....	46
6.3. Horrebow - Talcott Yöntemi .....	47
6.4. Struwe Yöntemi .....	48
6.5. Pewzow Yöntemi .....	48
6.6. Kutup Yıldızı Yöntemi.....	48
7. BOYLAM TAYİNİ.....	50

7.1. Birinci Düşeyde Zenit uzaklıkları ile Zaman Tayini.....	50
7.2. Zinger Yöntemi ile Zaman Tayini.....	53
7.3. Meridyen Yöntemi.....	54
7.4. Döllen Yöntemi.....	55
7.5. Simetrik Gözlemlerle Zaman Tayini.....	56
7.6. Kwee- Van Woerden Yöntemi.....	57
8. AZİMUT BELİRLEME.....	58
8.1. Kutup Yıldızının Saat Açısı ile Azimut Tayini.....	59
8.2. Kutup Yıldızının Zenit Uzaklığı ile Azimut Tayini.....	61
8.3. Kulminasyona Yakın Yıldızların Saat Açılıyla Azimut Tayini.....	61
8.4. Pole Star Table ile Azimut Tayini.....	62
8.5. Güneşle Azimut Tayini.....	62
9. ÇEKÜL SAPMALARI.....	64
9.1. Astro Jeodezik Çekül Sapması.....	66
9.2. Gravimetrik Çekül Sapması.....	70
9.3. Topoğrafik – İzostatik Çekül Sapması.....	71
10. SAYISAL UYGULAMA.....	73
10.1. Astronomik Gözlemler.....	73
10.2. Enlem Belirleme.....	75
10.3. Refraksiyon Düzeltmesi.....	76



10.4. Boylam Belirleme .....	84
10.5. Astronomik Azimut Belirleme.....	93
10.5.1. Astronomik azimutların elipsoide indirgenmesi .....	93
11. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	101
12. KAYNAKLAR.....	103



## SİMGELER

a	: Astronomik azimut
$b_0$	: Yıldız saati almanak değeri
$b_1$	: Ölçü yapılan yerin almanak değeri
$b_2$	: Ölçü yapılan aya göre almanak değeri
DD.dd	: Günün ay ile olan ondalığı
e	: Jeodezik doğru
GMT	: Greenwich ortalama zamanı
GMST	: Greenwich ortalama yıldız zamanı
JD	: Jülyen yılı
I	: Işık gücü
m	: Yıldızın parlaklığı (kadir olarak)
M	: Mutlak parlaklık
n	: Jeodezik başucu
$\cdot$ n	: Astronomik başucu
p	: Parsek
ST	: Sideral zaman
t	: Saat açısı
UT	: Universal zaman
UT1	: Astronomik dünya zamanı

UT2	: Astronomik dünya zamanı
UTC	: Astronomik dünya zamanı
y	: Yıl
z	: Zenit uzaklığı
$\alpha$	: Yıldızın rektesensiyonu
$\beta$	: Ekliptik boylam
$\delta$	: Yıldızın deklinasyonu
$\lambda$	: Ekliptik enlem
$\gamma$	: İlbahar noktası
$\varepsilon$	: Ekliptik eğimi
$\phi$	: Coğrafi enlem
$\theta$	: Yıldız zamanı
$\Lambda$	: Astronomik boylam
$\Phi$	: Astronomik enlem

## ŞEKİLLER

		<b>Sayfa</b>
Şekil 2.1	Ufuk koordinat sistemi	4
Şekil 2.2	Geo. azimut ile Ast. azim. arasındaki ilişki	6
Şekil 2.3	Yükseklik dairesi, yıldızın günlük yörüngesi	8
Şekil 2.4	1. Ekvator koordinat sistemi	10
Şekil 2.5	Ekliptik koordinat sistemi	12
Şekil 2.6	Coğrafi koordinat sistemi	13
Şekil 3.1	Türkiye' den görülebilen yıldızlar	17
Şekil 3.2	Yıldızların hareketleri	18, 19
Şekil 3.3	Sirkumpolar ve ekvatoryal yıldızlar	20
Şekil 3.4	Yıldızlarda yörüngeler	21
Şekil 3.5	Yıldızlarda geçiş	22
Şekil 3.6	Yıldızlarda temel bağıntılar	27
Şekil 3.7	Greenwich' e göre zaman	27
Şekil 4.1	Ortalama ve üniversal zaman	33
Şekil 4.2	Zaman dönüştürmeleri	35
Şekil 4.3	Zamanların birimsel ilişkileri	36
Şekil 4.4	OTR6 zaman ayarlı yazıcı	39
Şekil 5.1	Kern DKM3-A astronomik gözlem aleti	41

		<b>Sayfa</b>
Şekil 7.1	Yıldızın 1. Düşey dairedeki yeri	52
Şekil 7.2	Yıldızın Meridyendeki yeri	54
Şekil 7.3	Simetrik gözlemlerde yıldız	57
Şekil 9.1	Referans yüzeyler	65
Şekil 9.2	Astro- jeodezik çekül sapması	67
Şekil 9.3	Astro- jeodezik bağıntılar	69



# 1. GİRİŞ

Astronomi, yunanca astron = yıldız ve nomos = kanun kelimelerinden çıkmış olup günümüzdeki anlamı ile gök cisimlerinin konumlarını, konumlarındaki değişimi, fiziksel yapılarını ve bu yapılarındaki değişimi, kısaca her yönü ile uzayda hakim olan kanunları araştıran bir bilimdir. (Aksoy 1987, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984)

Jeodezi, gök cisimlerinden biri olan dünyanın tümünü ya da bir parçasını şekil yönünden belirlemeyi amaç edinen bir bilimdir. Bu şeklin belirlenmesi, yani bir koordinatlar sisteminde ifade edilebilmesi için, dünyanın fiziksel yüzünde seçilecek, amaca uygun noktalarda amaca uygun bilgiler elde edilmelidir. Jeodezide amaca ulaşabilmek için astronomik gözlemler yapmak zorunluluğu vardır. Jeodezik amaçlarla yapılan astronomik gözlemler ve bu gözlemlerden gerekli bilgileri çıkarmak için yapılan hesaplamalar genellikle "Jeodezik Astronomi" adı altında özel bir bilim dalı olarak incelenebilir.

Jeodezik astronominin temelde iki ana konusu vardır.

- 1- Gök cisimlerine gözlem yaparak, yeryüzü noktalarının koordinatlarını hesaplamak
- 2- Gök cisimlerine gözlem yaparak yeryüzündeki iki noktaya göre astronomik semt hesaplamak

Gök cisimlerine gözlem yaparak enlem boylam ve azimutun astronomik yolla tayin edilmesinin amacı, yıldızlara yapılan gözlemler aracılığı ile uzayda değişmez (sabit) noktalar belirtmek ve bu noktalardan yararlanarak, gözlem yerinin tanımını yapabilmek için, yerin dönme eksenini ve gözlem yerindeki çekül doğrultusuna göre kesinlikle tanımlanabilen doğrultular bulmaktır.

Bu açıklamalardan da anlaşılacağı gibi, jeodezik astronomi, tecrübeye dayanan bir bilim olmaktan ziyade bir gözlem bilimidir. Yani bilim olduğu kadar sanattır da. Zira bilimlerin bu dalı, ölçü aletlerinin kullanılması, yöntemlerin geliştirilmesi ve ölçülerin değerlendirilmesi ile uğraşır.

Jeodezi ise, gök cisimlerinden biri olan dünyanın tümünün veya bir parçasının şeklini belirlemeye yönelik çalışmaların tümünün kapsayan bir bilim koludur. Çözümlerinde jeodezik astronomide belirlenen coğrafi enlem, boylam ve azimutun gerekli olduğu jeodezik problemler genel olarak şunlardır :

- 1- Astro - jeodezik yöntemle yerin biçiminin belirlenmesi,
  - a) Yer elipsoidinin yada yeryüzü ile en iyi uyuşan elipsoidin boyutlarının belirlenmesi
  - b) Astro - jeodezik çekül sapmaları yardımı ile jeoid profilinin belirlenmesi
- 2- İki boyutlu jeodezik ağların yerleştirilmesi ve yönlendirilmesi
- 3- Trigonometrik yükseklik ağlarının hesaplanması
- 4- Üç boyutlu jeodezik ağların teşkili
- 5- Kutup noktasının hareketi ile yerin dönme hızının belirlenmesi
- 6- Geniş alanları kapsayan topoğrafik yada fotogrametrik alımlarda sabit yada pas noktalarının belirlenmesi

## 2. ASTRONOMİK YÖNTEMLERLE ENLEM,BOYLAM VE AZİMUT BELİRLENMESİNİN AMAÇLARI

### 2.1. Jeodezik Astronomi ve Amacı

Gök cisimlerine yapılan gözlemlerle coğrafi konumların ve gözlem noktaları arasındaki doğrultuların(azimutların) belirlenmesi bilimi jeodezik astronomi olarak adlandırılır.

Astronomik yöntemle enlem, boylam ve azimutun belirlenmesinin amacı, yıldızlara yapılan gözlemler aracılığı ile, uzayda değişmez (sabit) noktalar belirtmek ve bu noktalardan yararlanarak, gözlem yerinin tanımını yapabilmek için, yerin dönme eksenini ve gözlem yerindeki çekül doğrultusuna göre kesinlikle tanımlanabilen doğrultular bulmaktır.

Bir yersel noktanın koordinatları jeopotansiyel yüzeylere bağlı olarak küresel, jeodezik (elipsoidal) ve astronomik koordinatlar olarak ayrılır (Müller 1973).

### 2.2. Koordinat Sistemleri

Astronomi deneysel bir bilim olmaktan çok gözlemlere dayanan bir bilimdir. Astronomide gök yüzünün her yönünde bulunan gök cisimlerine gözlem yapmak suretiyle bilgi edinilmesi zorunlu olduğundan, gök cisimlerinin konumlarını belirtmek, yerlerini ve gözlem sonuçlarını değerlendirmek amacı ile gök yüzüne yerleştirilmiş bir koordinat sistemi kullanılır. Bir nokta uzayda herhangi bir sistemdeki koordinatları ile belirlenir. Koordinat sistemleri genel olarak,

a) dik koordinat sistemi

b) kutupsal koordinat sistemi

olmak üzere iki özelliكتedir. Bir noktanın koordinat değerleri bu sistemlerden birinde verilmişse, aynı noktanın diğer sistemdeki değerleri hesaplanabilir. Başlangıç noktasının yerine göre koordinat sistemleri,



- 1) Toposentrik sistem ( başlangıç noktası gözlem yeri )
  - 2) Jeosentrik sistem ( başlangıç noktası dünyanın merkezi )
  - 3) Helyosentrik sistem ( başlangıç noktası güneş merkezi )
  - 4) Barisentrik sistem ( başlangıç noktası bir grup gök cisminin ağırlık merkezinde, örneğin gezegenlerin ya da dünya-ay sisteminin ağırlık merkezi)
  - 5) Galaktosentrik sistem ( başlangıç noktası Samanyolu sisteminin merkezinde)
- olmak üzere değişik durumlarda olabilir.

Jeodezik astronomide bizim için önemli olan 1. ve 2. sistemdir. Genellikle jeosentrik sistem kullanılır. Yarıçapı sonsuz kabul edilen birim küreye gök küresi denir. Buna göre gök küresi merkezi, dünyanın ağırlık merkezinde, yarıçapı sonsuz olan soyut bir küredir ve gök cisimlerinin kutupsal koordinatlarını tanımlamakta esas alınır. Gök küresi, doğrultuların belirlenmesine yarar. Gök cisimlerini gök küresinin merkezine bağlayan doğrultuların gök küresini deldikleri izdüşüm noktaları, gök küresi üzerinde gök cisimlerinin yerlerini belirler.

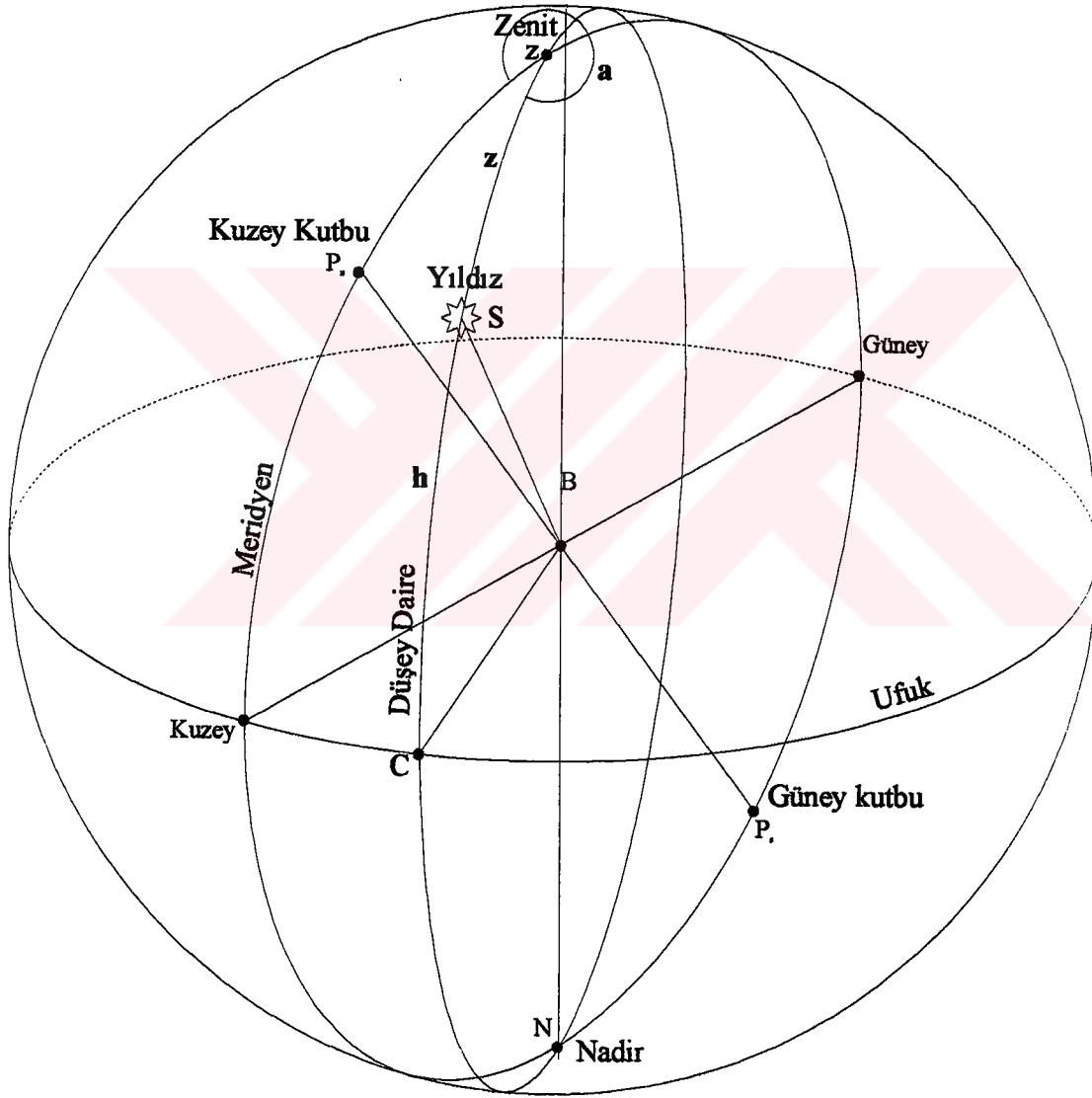
Yersel koordinat sistemlerinde yer yuvarı sabittir ve sistem yer yuvarı ile birlikte döner. Bu sistemler, yeryüzü üzerindeki noktaların koordinatlarını tanımlamak için kullanılır. Jeosentrik sistemler ve toposentrik sistemler olarak adlandırılan iki tür yersel sistem vardır.

Gök koordinat sistemleri dolanmazlar fakat yeryuvarı ile dönerler. Bu sistemler yıldızlar gibi gök cisimlerinin koordinatlarını tanımlamak için kullanılır ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Aksoy 1987, Turgut 1996).

### 2.2.1. Ufuk koordinat sistemi

Bir B gözlem noktasındaki çekül doğrultusunun her iki yönde uzantısı, gök küresini iki noktada, Zenit ve Nadir noktalarında deler ( Şekil 2.1 ). Burada, Zenit noktası görünen gök kubbenin ortası, Nadir ise, yer yüzünün kapatması nedeniyle

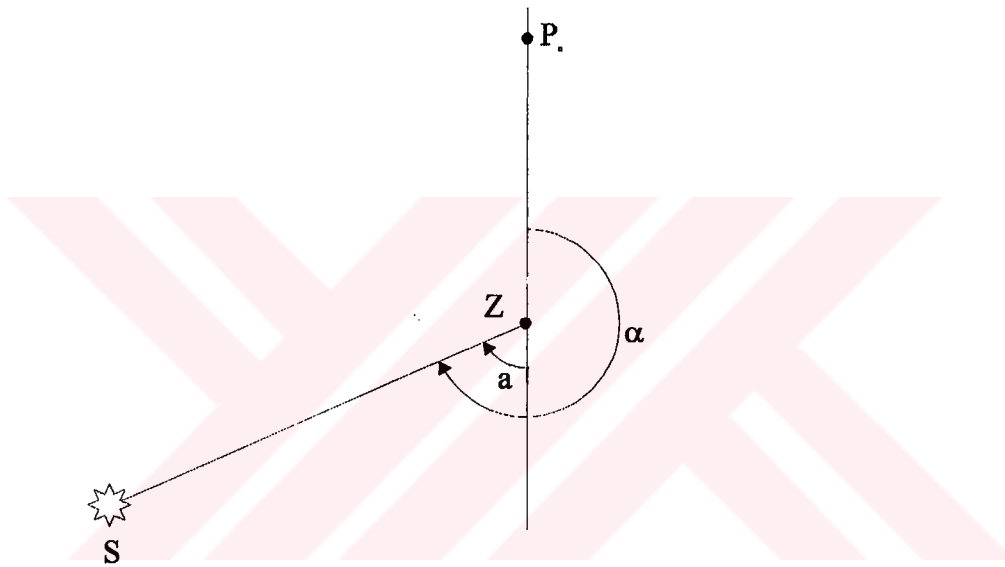
görülemeyen diğer gök yarı küresinin ortasıdır. B noktasında yer küresine teğet ve çekül doğrultusuna dik düzlem, gök küresini bir büyük daire boyunca keser. Bu büyük daire ufuktur ve yukarda adı geçen gök yarı kürelerini birbirinden ayırır. Çekül doğrultusunu içine alan bütün düzlemler, gök küresini büyük daireler boyunca keserler. Bunlara düşey daireler denir. Ufuk çekül doğrultusuna dik olduğu için, düşey daireler ufku dik açı altında keserler. Doğal bir sonuç olarak bütün düşey daireler Zenit ve Nadir noktalarında kesişirler. Tanımlanan ufuk sisteminde S yıldızının yeri, BS yıldız doğrultusu  $a$  ve  $z$  açıları ile belirlenir.



Şekil 2.1

Gözlem yeri olan B den, yerin dönme eksenine paralel olarak alınan doğru, Gök küresini, Kuzey Kutbu  $P_N$  ve Güney Kutbu  $P_S$  de olmak üzere iki noktada deler. Gök kutuplarından ve Zenit' ten geçen büyük daireye Meridyen denir. Meridyenin yarısı ufku Güney noktasında diğer yarısı ise Kuzey noktasında keser. Meridyen ile yıldızdan geçen düşey daire arasındaki açı, yani a "astronomik azimut" tur. Meridyenin güneyinden itibaren saat göstergesinin dönüş yönünde  $0^\circ$  ile  $360^\circ$  arasında değer alır.

Jeodezide ise azimut meridyenin kuzeyinden itibaren ölçülür ( Şekil 2.2 ) . Jeodezik azimut ile astronomik azimut a arasında



Şekil 2.2

$$\alpha = a \pm 180^\circ \quad (2.1)$$

bağıntısı vardır.

S yıldızına ait gözlem doğrultusu ile zenit doğrultusu arasındaki açı zenit uzaklığı  $z$  'dir. Diğer bir tarifile, zenit uzaklığı S den geçen düşey dairenin üzerindeki ZS yayıdır. Zenit uzaklığı  $0^\circ$  ile  $180^\circ$  arasında değişen değerler alır.  $h$  yükseklik açısı ise BS yıldız doğrultusunun ufuk düzlemi ile yaptığı açıdır (Şekil 2.1). Yükseklik açısı ufuktan başlayarak ufuk üstünde  $0^\circ$  ile  $+90^\circ$  arasında, ufkun altında ise  $0^\circ$  ile  $-90^\circ$

arasında değerler alır. O halde zenit için  $h = + 90^\circ$ , Nadir için  $h = - 90^\circ$ , ufukta bulunan bir nokta için  $h = 0^\circ$  olur.

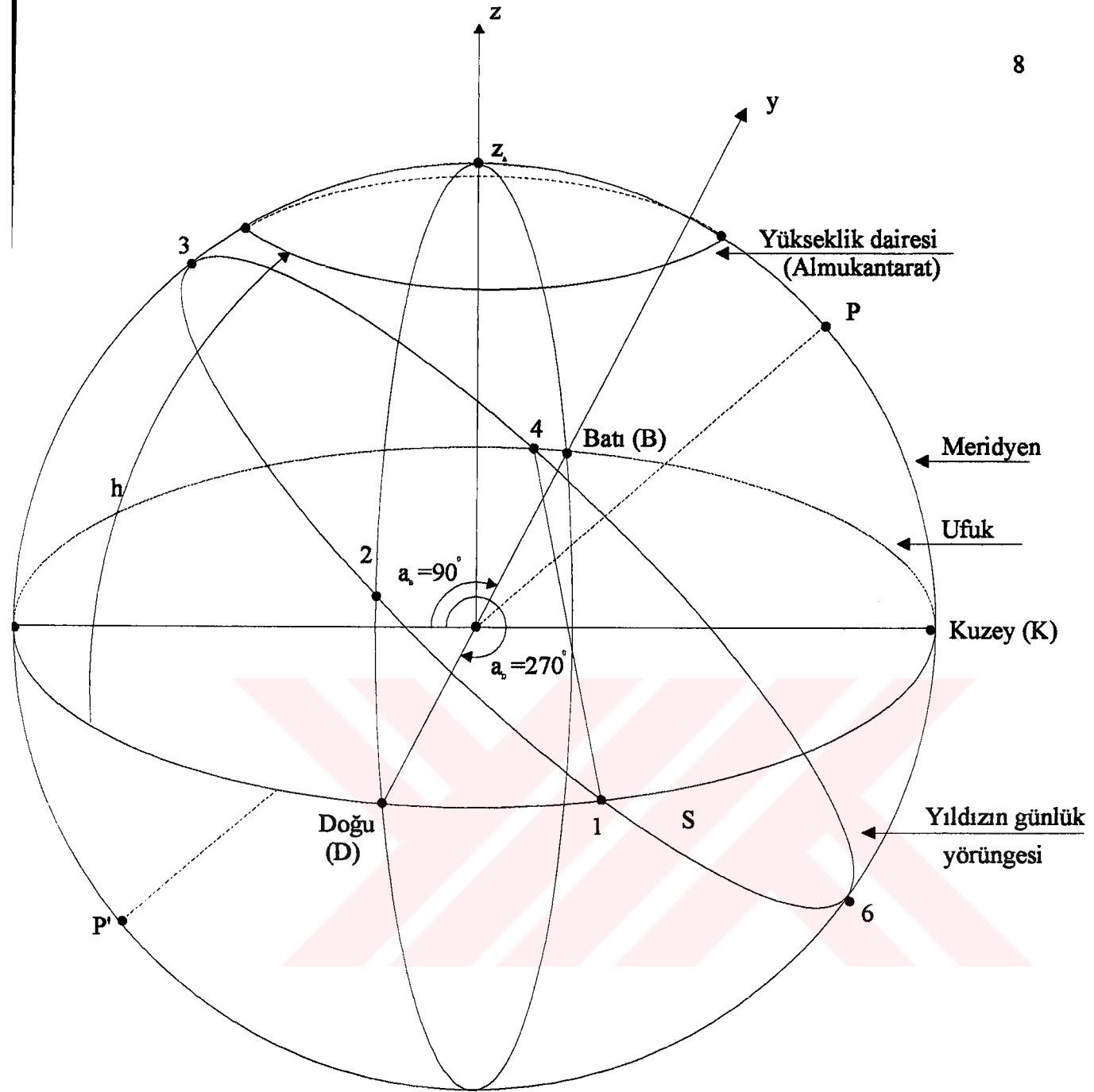
Zenit uzaklığı  $z$  yerine yıldızın yüksekliği  $h$  da alınabilir.  $z + h = 90^\circ$  bağıntısı vardır. Zenit uzaklığı ve azimut yıldızın ufuk koordinatları olup,  $z$  ve  $a$  ile gök küresinde yıldızın yeri bellidir. Bunlar teodolit ile ölçülebilen koordinatlardır. Zira teodolit çekül doğrultusuna göre yöneltilmektedir.

Ufuk koordinatlar sisteminde ufuk dairesi ve meridyen dairesi yanında başka özel dairelerinde tanımı yapılmıştır. Burada meridyene dik olan düşey dairenin de özel bir önemi olduğuna değinmek gerekir. Bu düşey daire 1. Düşey daire adını alır. 1. Düşey daire, gök küresinde meridyene dik büyük dairedir ve ufku bir tarafta azimutu  $90^\circ$  olan Batı noktasında, diğer tarafta azimutu  $270^\circ$  olan Doğu noktasında keser (Şekil 2.3).

Yükseklik daireleri (Almukantarat) : Ufuk dairesine paralel küçük dairelerdir. Bir yükseklik dairesinde bulunan tüm noktaların yükseklikleri (ya da zenit uzaklıkları) eşittir (Şekil 2.3).

Dünya batıdan doğuya kendi etrafında döndüğü için, bir yıldız görünümde doğudan batıya, dünya dönme eksenine dik bir paralel daire (yıldızın günlük hareket yörüngesi) üstünde dolanır. Yıldız bu dönüşünde özel konumlar alır. Bunlar ufuk dairesinin doğu kesiminde, yıldızın ufuk dairesi üstüne çıktığı an, yani görünmeye başladığı andır. Bu konuma yıldızın doğuşu denir. Yıldızın doğuşunda ve yüksekliği  $0^\circ$  ( $h = 0^\circ$ ), zenit uzaklığı  $z = 90^\circ$  olur. Bazı yıldızlar günlük hareketlerinde bir gözlem yeri ufuk dairesinin üstünde kalırlar. Bunlar batmayan yıldızlardır ve “Sirkumpolar yıldızlar” adını alırlar. Bazıları ise hiç doğmazlar.

Yıldızın ufuk dairesinin batı kesimine girdiği an yıldız batış anındadır. Ufuk altına girecektir. Batış anında  $h = 0^\circ$  ya da  $z = 90^\circ$  dir (Şekil 2.3) ( Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Aksoy 1987).



Şekil 2.3

### 2.2.2. 1. Ekvator koordinat sistemi

Yıldızların ufuk koordinatları olan zenit uzaklıkları ile azimutları, yerin kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu zamana bağlı olarak düzensiz bir şekilde değiştikleri için, başka bir koordinat sistemi olan ekvator koordinat sistemi alınmıştır.

Bu sistemde koordinat düzlemi gök ekvatoru, ufuk düzlemi yerine ekvator düzlemi, çekül doğrultusu yerine B gözlem noktasında yerin dönme eksenine paralel

doğrultu alınmaktadır. Ufuk sistemindeki düşey dairelere karşılık ekvator sisteminde saat daireleri vardır. Gök kutbundan geçen büyük dairelere “saat daireleri” ya da “deklınasyon daireleri” denir. Bunlar ekvatora dik olup  $P_N$  kuzey gök kutbu ile  $P_S$  güney gök kutbunda kesişirler (Şekil 2.4).

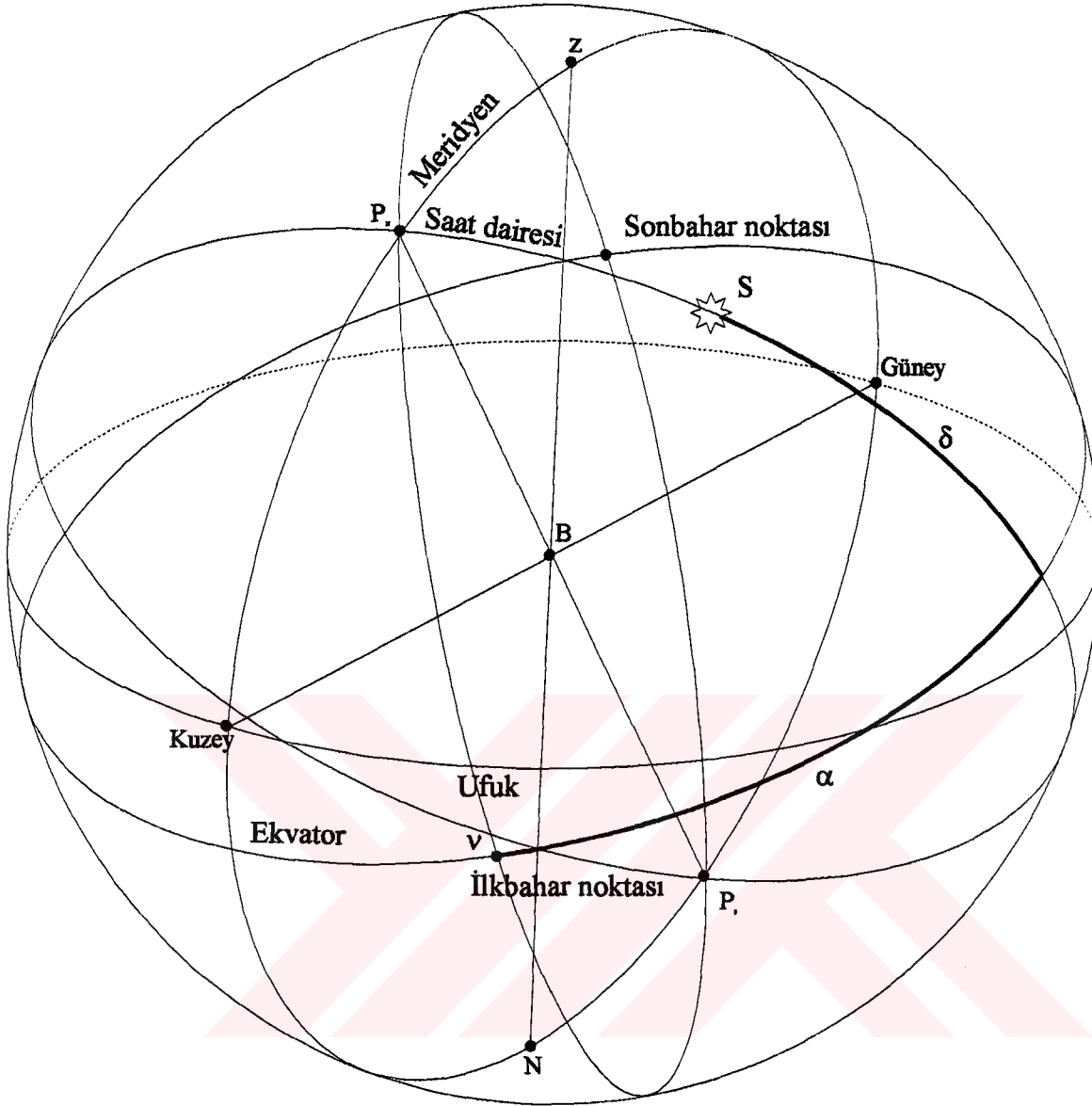
Koordinat sisteminde BS yıldız doğrultusu  $\alpha$  ve  $\delta$  açıları ile belirlenir.  $\alpha$  ya “rektesensiyon” (açılım),  $\delta$  ya “deklınasyon” (eğilim) denir. Bu koordinatlar bir noktanın boylam ve enlemine karşılıktır. Ekvator üzerindeki ilkbahar noktası ( $\gamma$ ), güneşin gök yüzünde yıllık dolanımın da ekvatoru güneyden kuzeye geçerken, ilkbahar başlangıcında bulunduğu noktadır. Güneşin gök yüzündeki bu görünüşteki yörüngesine ekliptik denir. İlkbahar noktası ekvatorla ekliptiğin kesişme noktalarından biri olarak da tanımlanır. Diğer kesişme noktası, ilkbahar noktasından  $180^\circ$  uzaklıkta olan sonbahar noktasıdır.

$\alpha$ , ilkbahar noktası  $\gamma$  ile yıldızdan geçen saat daireleri arasında kalan açıdır. Rektesensiyon ilkbahar noktasından başlar ve saat ibresi hareketinin ters yönünde  $0^\circ$  den  $360^\circ$  ye kadar değer alır (Şekil 2.4).

$\delta$ , BS yıldız doğrultusunun ekvatorundan olan açısal uzaklığıdır. Bir noktanın enlemi gibi ölçülür. Ekvatorundan başlayarak kuzey kutba doğru  $0^\circ$  den  $+90^\circ$  ye, güney kutba doğru  $0^\circ$  den  $-90^\circ$  ye kadar değer alır (Şekil 2.4).

Rektesensiyon ve deklınasyon yıldızların gök küresinde değişmez koordinatlarıdır. Dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu zamana bağlı olarak değişmezler. Bunlar bir yer noktasının, yer küresinde belirtilmesi için kullanılan coğrafi enlem ve coğrafi boylama karşılıktır. İlkbahar noktasından geçen saat dairesine karşılık yer küresinde Greenwich’ ten geçen meridyen alınmıştır.

Enlem, boylam ve azimutun astronomik olarak tayin edilmesi için yıldızların rektesensiyonları ve deklınasyonlarının bilinen büyüklükler olduğu ön şart koşulur. Bunlar, yıldız almanaklarından veya özel astronomik almanaklardan alınır ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Aksoy 1987, Turgut 1996).



Şekil 2.4

### 2.2.3. 2. Ekvator koordinat sistemi

Bu sistemde  $\alpha$  rektansiyonu yerine t saat açısı alınır. Saat açısı, gözlem yerinin meridyeni ile yıldızın saat dairesi arasında kalan açıya denir (Şekil 2.4). Meridyenden başlar, saat ibresi hareketi yönünde  $0^\circ$  den  $360^\circ$  ye kadar, ya da zaman biriminde  $0^h$  ile  $24^h$  arasında değer alır. (h) saatin simgesidir. (m) saat dakikası ve (s) ile de saat saniyesi gösterilir. Astronomide açı birimi yanında zaman birimi de çok kullanılır. Açı ile zaman birimleri arasında,

$$24^h \text{ veya } 1^h = 15^o, 1^m = 15', 1^s = 15''$$

$$1^o = 4^m, 1' = 4^s, 1'' = 1/15^s$$

Bu sistemdeki diğer koordinat değeri  $\delta$  dır. Yıldızlar gün boyunca doğudan batıya dolandıkları için bir yıldızın saat açısı  $t$ , zamana bağlı olarak değişir. Buna karşılık yıldızların görünen günlük hareketleri nedeniyle deklinasyonlarında bir değişme olmaz.

Yıldızın  $t$  saat açısı, zamana bağlı olarak büyüyen bir değişken olup ufuk sistemi ile 2. Ekvator koordinat sistemi arasındaki bağlantıyı sağlar ( Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Aksoy 1987).

#### 2.2.4. Ekliptik koordinat sistemi

$\gamma$  : İlbahar noktası

$\alpha$  : Yıldızın rektasansiyonu

$\delta$  : Yıldızın deklinasyonu

$\lambda$  : Ekliptik boylam

$\beta$  : Ekliptik enlem

$\varepsilon$  : Ekliptik eğimi

Koordinat sisteminde koordinat düzlemi olarak gök ekvatoru yerine ekliptik dairesi alınır. Başlangıç noktası  $\gamma$  ilkbahar noktası olmak üzere ES yıldız doğrultusunu belirlemek için  $(\alpha, \delta)$  açıları yerine  $(\lambda, \beta)$  göksel boylam ve enlem açıları alınır (Şekil 2.5). Bu açıların artış yönü ve aldığı değerler  $\alpha$  ve  $\delta$  açılarında olduğu gibidir.







şeklinin küre olmaması ve kitle dağılımındaki düzensizlikler nedeni ile bir noktada, özellikle dünyanın ağırlık merkezinde, birleşmezler. Yer bir küre olmayıp iyi bir yaklaşıkla gelişigüzel kitle dağılımı gösteren bir dönel elipsoid dir.

Enlemleri eşit olan noktalar, ekvatora paralel bir küçük daire üzerinde bulunurlar. Bu daireye “paralel veya enlem dairesi” denir.

Coğrafi enlem  $\phi$ , dönme eksenine dik düzlemden başlayarak saat ibresi ters yönünde  $0^\circ$  ile  $+90^\circ$  arasında kuzey enlem, bunun karşısı güney enlem adını alır. Ekvator üzerindeki enlemler  $0^\circ$  dir. Güney yarım küre üzerinde bulunan noktaların enlemleri negatiftir.

Yeryüzünün bir noktasından geçen meridyenle, sıfır meridyeni olarak kabul edilen Greenwich meridyeni arasındaki açıya o “noktanın” boylamı denir. Boylam, Greenwich meridyeninden itibaren doğu ve batıya  $0^\circ - 180^\circ$  arasında değişir. Greenwich meridyeninin doğusundaki noktaların boylamı  $\lambda_E$  ve batısındaki noktaların boylamı  $\lambda_W$  ile gösterilerek doğu ve batı boylam olarak tanımlanır ( Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Aksoy 1987).

### 3.YILDIZLARIN GENEL ÖZELLİKLERİ

Herhangi bir bireyler grubunda büyük farklar bulunduğu gibi yıldızların arasında da farklar görülür. Yıldızdan yıldıza değişen muhtelif yıldız karakteristiklerini tanımak ve yıldızların mümkün olduğu kadar tam bir tasvirini elde etmek için şu yıldız özelliklerinin bilinmesi gerekir.

- 1- Uzaklıklar
- 2- Görünen ve mutlak parlaklıklar(kadirler)
- 3- Renkler-Renk indisi
- 4- Yüzey sıcaklıkları
- 5- Spektral sınıflar
- 6- Atmosferleri
- 7- Yarıçapları
- 8- Kütleler ve yoğunlukları
- 9- İç yapı ve kimya
- 10- Yıldızların gelişimi
- 11- Değişen yıldızların özellikleri

#### 3.1. Yıldızların Tanımı

Gökyüzüne bakıldığında bazı yıldız gruplarının bir şekil veya resme benzediği dikkati çeker. Yunanlılar ve Araplar gözle görülebilen yıldızların gösterdiği şekilleri hayal dünyasında benzetme ile değişik isimlerde tanımlamışlardır. Bu tür yıldız şekillerine burç denir.

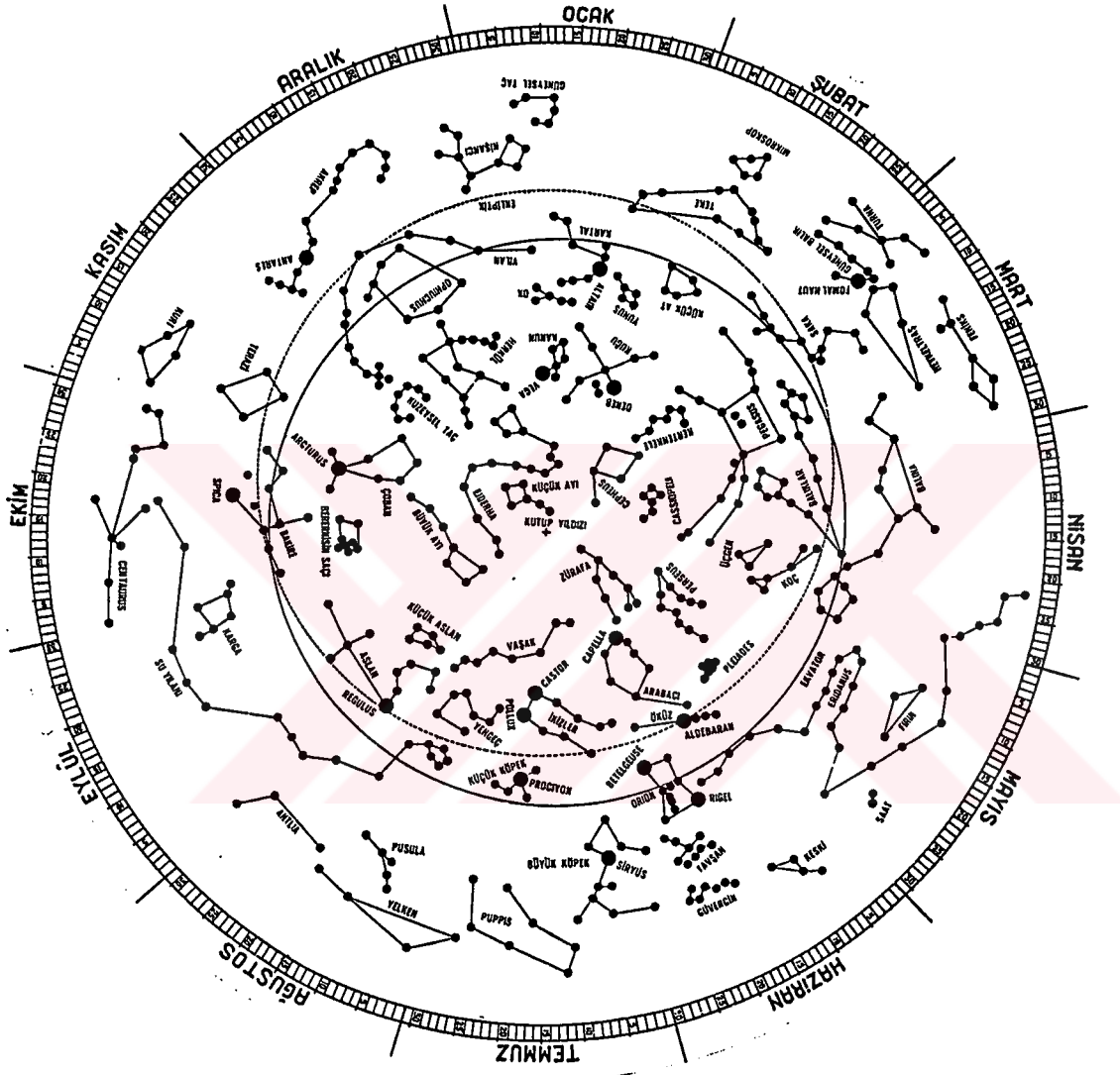
Günümüzde yıldızların yerleri bir koordinatlar sisteminde belirlenebilen koordinat değerleri ile verilir. Yine de bunların burçlara göre tanımındaki önem kaybolmamıştır. Tüm gök küresinde toplam 88 burç vardır ve isimleri astronomi biliminde latince dir. Ancak her ulus kendi dilinde da isimlendirme yapmıştır. Bazı burçlar :

Pisces (Balık)	Libra (Terazi)
Leon (Aslan)	Scorpius(Akrep)
Aries (Koç)	Draco (Ejderha)
Gemini (İkizler)	Ursa Major (Büyük ayı)
Cancer (Yengeç)	Ursa Minör (Küçük ayı)
Capricornus (Oğlak)	Auriga (Arabacı)

Burçlar ve burçlardaki isim ve harflerle tanımı yapılan yıldızlar genellikle görülebilen yıldızlardır. Burçların yıldızlarına her burç için ayrı ayrı Yunan harfleri verilmiştir. Genellikle harflerin sırası yıldızların büyüklüklerine uyar. Örnekler :

$\alpha$ Ursa Minör	Polaris (Kutup yıldızı)
$\beta$ Ursa Majör	Kochab
$\alpha$ Ursa Majör	Dubhe
$\beta$ Ursa Majör	Merak
$\gamma$ Ursa Majör	Phegda
$\delta$ Ursa Majör	Megrez
$\epsilon$ Ursa Majör	Alioth
$\zeta$ Ursa Majör	Mizar

Değişik mevsimlerde ülkemizde görülebilen yıldızlar Şekil 3.1 de gösterilmektedir.

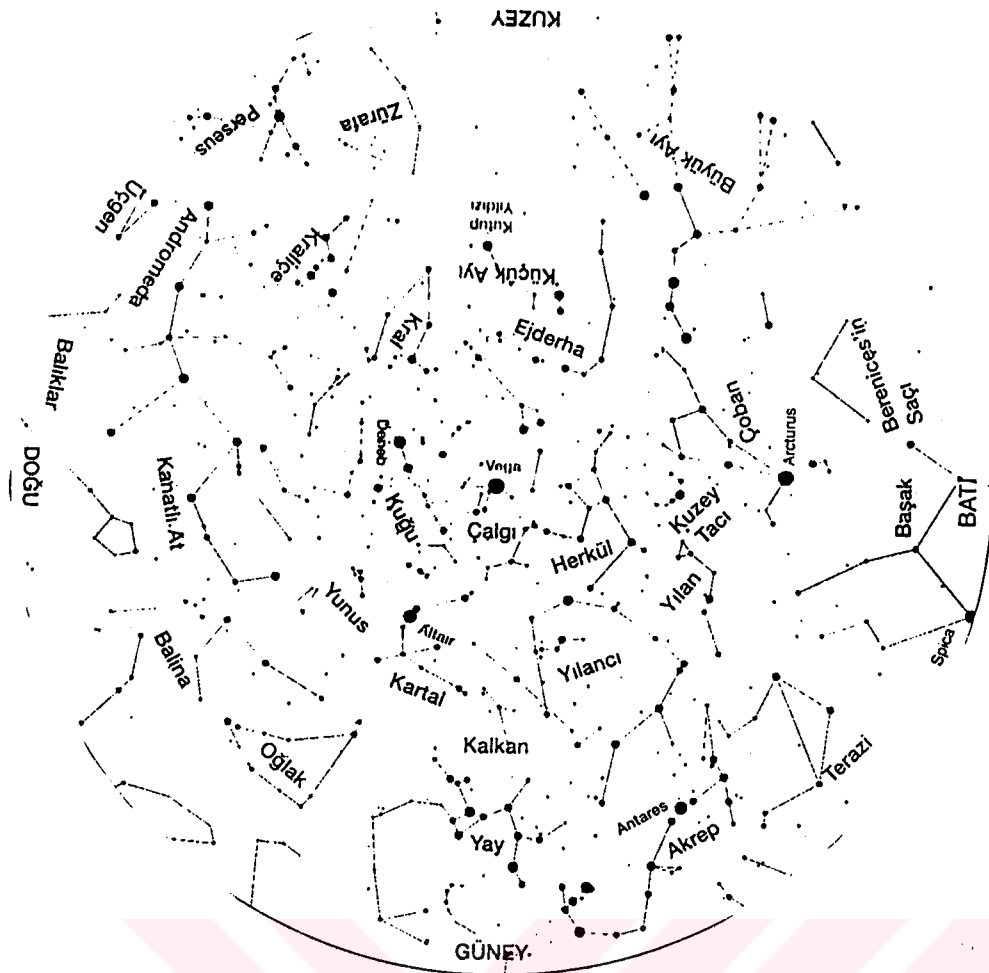


Şekil 3.1

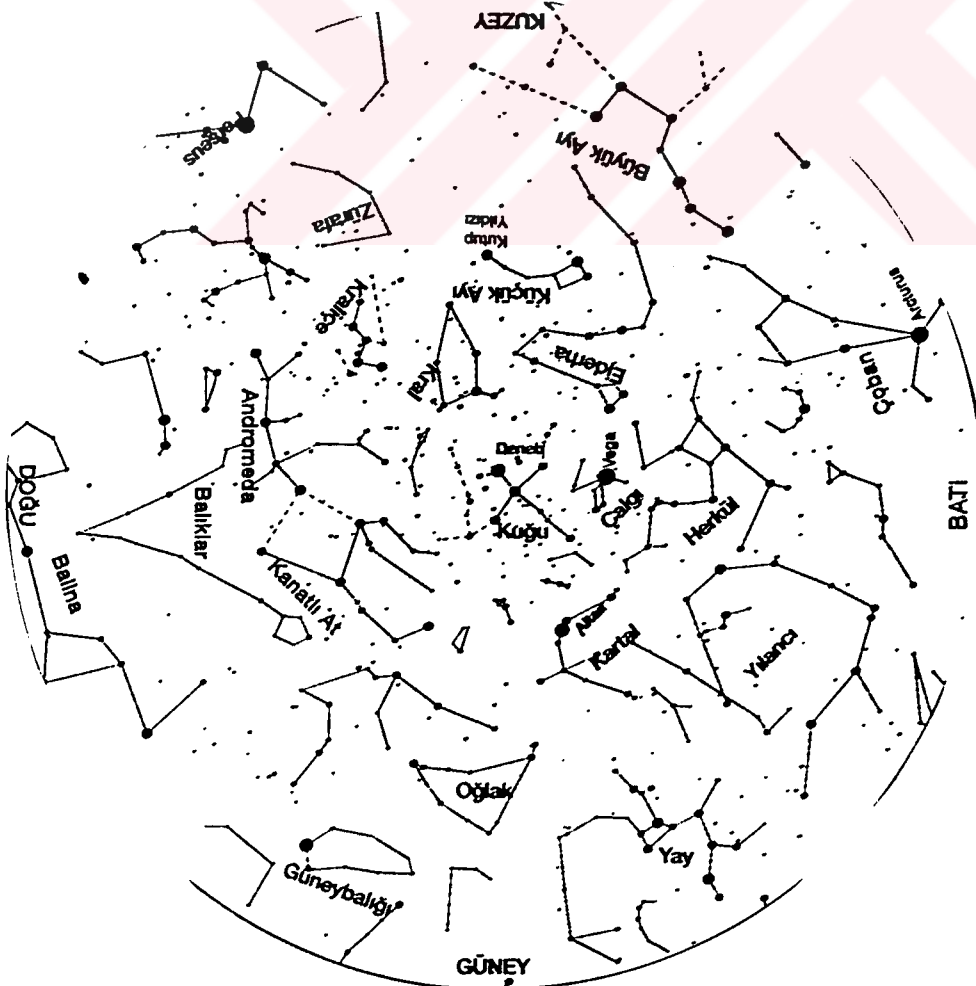
### 3.2. Yıldızların Günlük Hareketleri

Yer küresinin kendi eksenini etrafında döndüğünü hissedemediğimiz için yer küresini duruyor ve gök küresini etrafımızda dönüyormuş gibi görürüz. Gök küresi ile





15 Ağustos 1998 Saat 22'de gökyüzünün genel görünüşü



15 Eylül 1998 Saat 22'de gökyüzünün genel görünüşü

Şekil 3.2

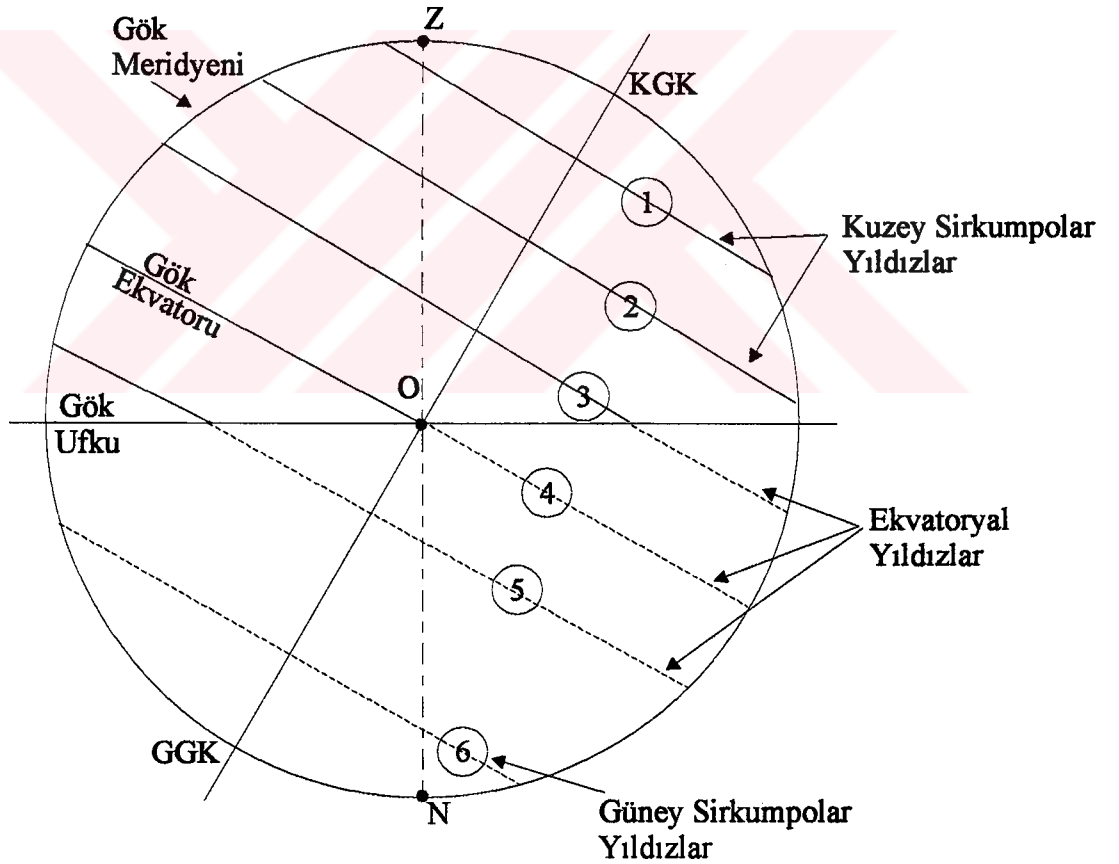


### 3.3. Yıldızların Özel Konumları

#### 3.3.1 Sirkumpolar ve ekvatoryal yıldızlar

Eğer bir gözleyici, ekvatorla kuzey kutup arasında bir yerde bulunuyorsa bir yıldızın hareketi ona altı durumdan biri olarak görülebilir (Şekil 3.3)

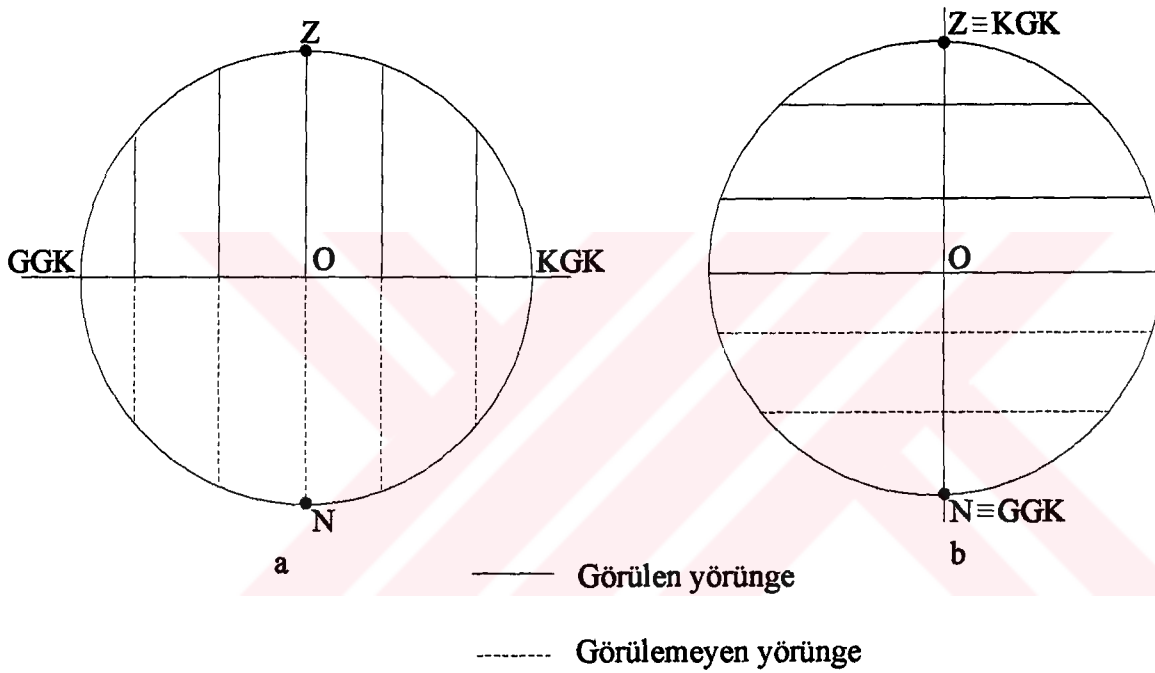
Birinci durumda yıldızlar daima ufku üstündedirler ve 1. Düşeyi asla kesmezler. Gözleyicinin  $45^\circ$  den daha büyük enlemlerde bulunduğu durumlarda ikinci durumdaki yıldızlarda daima ufku üstünde kalırlar ancak birinci düşeyi keserler. Bu iki grup yıldız bulutsuz gökyüzünde sürekli olarak görülürler. Bu yıldızlar kuzey sirkumpolar yıldızlar olarak adlandırılırlar.



Şekil 3.3

Üçüncü, dördüncü ve beşinci grup yıldızlar doğarlar ve batarlar. Bu yıldızlar ekvatoryal yıldızlar olarak adlandırılırlar. Asla doğmayan yıldızlar doğmayan yıldızlardır ve güney sirkumpolar yıldızlar olarak adlandırılır.

Eğer gözleyici ekvatorunda olursa, o tüm yıldızların yollarının yarısını görür (Şekil 3.4.a). Her yıldız ufku üstünde ve altında eşit zaman kalır. Eğer gözleyici kuzey (güney) kutupta olursa kuzey yarıküresindeki (güney yarıküresindeki) yıldızlar daima ufku üstünde olurlar. Onlar zenit etrafında dairesel hareket yaparlar(Şekil 3.4.b) (Arslan 1997)



Şekil 3.4

### 3.3.2 Kulminasyon veya geçiş

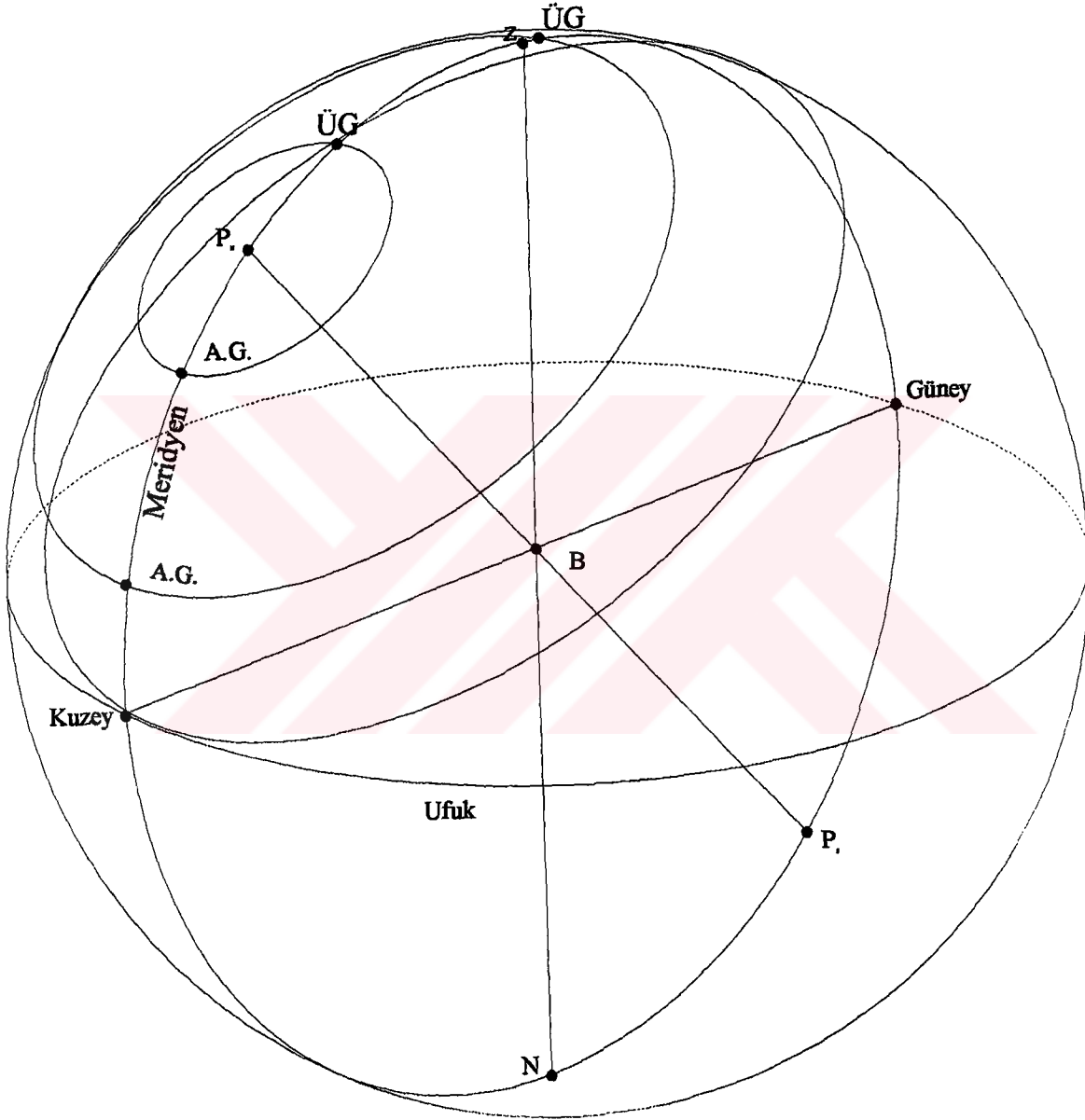
Bir yıldız bir yerin meridyenine vardığında bu duruma kulminasyon veya geçiş denir. Üst geçiş (Ü.G) meridyenin zenit tarafındadır. Bu meridyende zenitin güneyinde veya kuzeyinde olabilir. Alt geçiş(A.G) saat dairesinin nadir tarafındadır ve bu daima zenitin kuzeyinde olur (Şekil 3.5)

Değişik geçiş durumları için yıldızın zenit uzaklıkları aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

Güney yıldızı  $S_1$  üst geçişte  $z_1 = \phi - \delta_1$  ,  $\phi = \delta_1 + z_1$

Kuzey yıldızı  $S_2$  üst geçişte  $z_2 = \delta_2 - \phi$  ,  $\phi = \delta_2 - z_2$  (3.1)

Kuzey yıldızı  $S_3$  alt geçişte  $z_3 = 180^\circ - (\delta_3 + \phi)$  ,  $\phi = 180^\circ - (\delta_3 + z_3)$



Şekil 3.5

Geçişin lokal yıldız zamanı (gözlem yeri yıldız zamanı) üst geçiş için  $t = 0^h$  ve alt geçiş için  $t = 12^h$  alınarak

$$\begin{aligned}\theta_{UG} (ST_{UG}) &= \alpha \\ \theta_{AG} (ST_{AG}) &= \alpha + 12^h\end{aligned}\quad (3.2)$$

bulunur. Zamani belirlemenin esasını oluşturduğundan bu bağıntı önemli bir bağıntıdır (Müller 1973, Arslan 1997).

### 3.3.3. Yıldızların birinci düşey daireden geçişleri

Bir yıldız birinci düşey daire üzerinde iken azimutu  $90^\circ$  dir.

$$\sin z \cos a = -\sin \delta \cos \phi + \sin \phi \cos t \cos \delta \quad (3.3)$$

bağıntısında  $a = 90^\circ$  konulursa

$$\cos t = \frac{\tan \delta}{\tan \phi} \quad (3.4)$$

bulunarak

$$\cos z = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos t$$

bağıntısında yerine konulursa

$$\cos z = \frac{\sin \delta}{\sin \phi} \quad (3.5)$$

birinci düşey daire üzerindeki bir yıldızın saat açısı ve zenit uzaklığını veren bağıntılar elde edilir.

$\delta < 0$  ise  $z > 90^\circ$  olur ve dolayısı ile yıldız ufuk düzleminin altında olacağından birinci düşey daire üzerinde gözlenemez.  $\delta > \phi$  ise, yıldız birinci düşey daireden hiç geçmez (Arslan 1997).

### 3.4. Yıldızların Parlaklıkları

$m$  : Yıldızın parlaklığı (kadir olarak)

$p$  : parsek

I : Yıldızın ışık gücü

M : Mutlak parlaklık

Gökyüzüne bakıldığında yıldızlar irili ufaklı görünürler. Yıldızların büyük veya küçük görünmeleri aslında onların şekil yönünden büyüklüklerinden ileri gelmez. Yıldızların ışık güçlerinin değişik olmasından bu görünüm doğar.

Bir yıldızın uzaklığı bilindikten sonra parlaklığını, yani radyasyon (ışınım) şeklinde saniyede her doğrultuda yayınladığı enerji ölçülebilir. Yıldızların parlaklığı; bize görünüşüne bağlı olup, uzaklığını hesaba katmayan görünen parlaklık ve yıldız bir standart uzaklıkta bulunduğu takdirde görüleceği öz veya mutlak parlaklıktan söz edilebilir.

Görünen parlaklık, yıldızdan gelen ve yıldız doğrultusuna dikey tutulan hassas yüzeyin (göz retinası, fotoelektrik hücre, bir fotoğraf plağı, vs.) saniyede santimetre karesine gelen radyasyon enerjisidir.

Bir yıldızın ne kadar parlak görüldüğünü ifade etmek için kadir kelimesi kullanılmaktadır. Göze göre büyüklükleri esas alınarak daha eski çağlarda yıldızlar büyüklük derecelerine ayrılmıştır. En parlak yıldız 1. Dereceden (parlaklığı 1 kadir) denilmekte 2., 3. dereceden büyüklüklü yıldızlar olarak sınıflandırılmıştır. Büyüklük simgesi mag = (Magnitud) veya  $m_v$  ( $v =$  vizüel, göze göre ) dir. Bu sınıflandırma gözün ayırabildiği ışık gücü farklarına göre olduğu için her göze göre değişir ve bir kesinlik taşımaz.

Yıldızların ışık güçleri modern aletlerle ölçülebilmeye başladıktan sonra, kadirleri ile parlaklıkları arasında bir bağıntı kurulabilmiştir. Parlaklıkla kadir sayısı ters orantılıdır. Parlaklık büyüdükçe kadir küçülür ( $m$ ). Kadir ile parlaklık ( $I$ ) arasındaki bağıntı

$$m_2 - m_1 = 2.512 \log \frac{I_1}{I_2} \quad (3.6)$$

formülü ile ifade edilir.

Yıldız almanakları, dünyadan belirli bir standart uzaklıkta tasavur etmek suretiyle uzaklık etkisi yok edilebilir. Eğer bu yapılabilirse ve bütün yıldız kadirleri yeniden ölçülebilirse, herhangi iki yıldızın bu yeni kadirlerinin karşılaştırılması, gerçek parlaklıkların karşılaştırılmasını verecektir. Bu nedenle bu yeni kadirler mutlak kadir denir. Tüm yıldızların buldukları uzaklık 10 parsek olarak alınmış ve buna göre mutlak kadir  $M$ , yıldızlar 10 parsek uzakta bulunduğu yer görünen kadir olarak tanımlanmıştır. Bir yıldızın görünen kadiri  $m$ , paralaksı  $p$  bilindiği takdirde, mutlak kadiri  $M$ ,

$$M = m + 5 + 5 \log p'' \quad (3.7)$$

bağıntısı ile hesaplanır (Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Aksoy 1987).

### 3.5. Yıldız Zamanı

- $\theta$  : Yıldız zamanı
- $t$  : Yıldızın saat açısı (Meridyen ile saat dairesi arasındaki açı)
- $\alpha$  : Rektensiyon (İlkbahar noktasından geçen saat dairesi ile yıldızdan geçen saat dairesi arasındaki açı)
- $\lambda$  : Boylam değeri

Ufuk sistemi ile ekvator sistemi arasındaki bağlantıyı sağlamak için zaman kavramının saptanması gerekir.

Dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu yıldızlarda doğudan batıya doğru görünen günlük hareketlerde bulunurlar. Bir yıldızın bir gözlem yerinin iki üst geçişi arasındaki süre zaman birimi olarak alınabileceği gibi, uzayda konumu değişen bir gök cisminin, yerin günlük hareketi sonucu bir gözlem yeri meridyeninden iki üst veya iki alt geçişi arasında geçen sürede zaman birimi olarak alınabilir.

İlkbahar noktası bir gök cismiymiş gibi düşünülürse, gök ekvatoru ile ekliptik dairesinin kesişme noktalarından birisi olan bu nokta da, yerin günlük hareketi sonucu

görünüşte kendi eksenini etrafında döner ve bir gözlem yerinin meridyenden geçişini tekrarlar.

İlkbahar noktasının bir gözlem yerinin meridyeninden iki üst geçişi arasında geçen süreye bir yıldız günü denir ve zaman birimi olarak alınır. Presesyon ve nutasyon nedeni ile ilkbahar noktasının yer değiştirmesi düzgün bir hareket olmadığı için yıldız günü değişik sürelidir ve ideal bir zaman birimi değildir.

İlkbahar noktası gök cismiymiş gibi düşünülürse, bir yerin meridyeninden üst geçişinde saat açısı sıfır olur. İlkbahar noktası yer eksenini etrafında dönmeye devamla bir yıldız günü sonra tekrar o yerde üst geçiş girer. Bu süre içinde ilkbahar noktasının saat açısı  $0^{\circ}$  den  $360^{\circ}$  ye kadar bütün değerleri alır. Yani ilkbahar noktasının saat açısı bir yıldız gününde zaman biriminde  $0^h$  ile  $24^h$  arasındaki tüm değerleri almaktadır. Bu nedenle, bir gözlem yerinde yıldız zamanı, o yerde ilkbahar noktasının görünen yerinin saat açısı ( $\theta$ ) dır (Şekil 3.6).

Şekil 6.3' ten genel olarak şu bağıntıların geçerli olduğu görülür.

$$\theta = t + \alpha \quad , \quad t = \theta - \alpha \quad (3.8)$$

Yıldız zamanı gözlem yerine bağlıdır. Dünya üzerinde aynı meridyende bulunan bütün noktalar için ilkbahar noktası aynı anda noktaların ortak meridyeninden geçer. Dünya üzerinde başka bir noktanın meridyeninden ise başka bir anda geçer.

Bir gözlem yerinin boylamı  $\lambda$  ise, gözlem yerinin Greenwich meridyeninin doğusunda veya batısında bulunduğuna göre Şekil 3.7 ten de kolayca anlaşılacağı gibi

$$\theta = \theta_{Gr} + \lambda_E \quad , \quad \theta = \theta_{Gr} - \lambda_W \quad (3.9)$$

bağıntıları yazılır (Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).





## 4. ZAMAN VE ZAMAN KAYDI

Çeşitli koordinat sistemlerinden biri kullanılarak, herhangi bir anda gök cisimlerinin gök küresi üzerindeki yerleri belirlenebilir.

Yıldızlar zamanla yerlerini değiştirdikleri için, astronomik gözlemlerin önemli bir problemi, yıldız doğrultusunu ölçmek yanında bu doğrultu ölçmesinin zamanını tam olarak bilmektir. Zaman ölçümü için değişim yada hareket şarttır.

Astronomide zaman anlamını tarif etmeye değil de, zaman ölçmeye yarayan bir sistemi tasarlayıp, bir zaman birimi tanımlanmaya çalışılır. Zaman birimi olarak, aynı anda meydana gelmeyen iki olay arasındaki aralık alınabilir. Buna göre zaman birimi düzgün değişen bir hareketin periyodu ( devir süresi) olarak tanımlanabilir.

Doğada en sürekli periyodik hareket, dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi sonucu gök cisimlerinin dünya etrafındaki görünen günlük dönüşleri ile yine dünyanın güneş etrafında dolanımı sonucu güneşin yıllık hareketi ya da ayın dünya etrafındaki dolanımıdır.

Zaman birimi olarak alınan sürenin bir de başlangıç anının saptanması gerekmektedir. Dünyanın kendi eksenini etrafındaki dönüşüne bağlı olarak tanımlanan “yıldız zamanı” ve “güneş zamanı” zaman sistemi olarak kullanılmaktadır. Yıldız zamanı astronomide kullanılmakta, güneş zamanı ise günlük yaşantımızda kullanılan zamanın bazını oluşturmaktadır. Her iki zaman arasında kesin bağıntılar bulunmakta, yani birinden diğerine dönüşüm yapılabilmektedir.

İdeal bir zaman biriminin tanımı için, birim olarak alınan aralığın değişmez olması, örneğin dünyanın güneş etrafındaki tam devir süresinin veya ayın dünya etrafındaki dolanım süresinin sonsuz zaman içerisinde değişmez olmaları gerekir. Gök cisimlerinin periyodik hareketlerine dayalı olarak tanımlanabilen ideal bir zaman birimi yoktur. Gök cisimlerinin hareketlerinin periyotları zamanla değişmektedir. Bu nedenle değişmez zaman birimi olarak “efemerid zamanı” ve “atom zamanı” tanımlanmıştır. Efemerid zaman yıldızların yörünge araştırmalarında ve yapay uydu gözlemlerinde , atom zamanı ise çok yüksek incelik isteyen zaman aralıklarının ölçüsünde kullanılır.

Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde GPS ölçme aletlerinde de atom zamanı kullanılmaktadır ( Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Aksoy 1987).

#### 4.1. Astronomide Zaman Tanımları

UT	: Universal Zaman (Universal Time)
GMT	: Greenwich Ortalama Zamanı (Greenwich Mean Time)
GMST	: Greenwich Ortalama Yıldız Zamanı (Greenwich Mean Star Time)
ST ( $\theta_0$ )	: Sideral Zaman (Sideral Time)
JD	: Jülyen Yılı (Julian Day)
UT1, UT2, UTC	: Astronomik Dünya Zamanları

##### 4.1.1. Bölge ve dünya zamanı

Yıldız ve güneşin saat açısı bir yerin meridyeninden itibaren ölçüldüğü için şimdiye kadar ki tanımlanan yıldız zamanı ve güneş zamanı yerel zamanlardır veya başka bir deyişle meridyen zamanıdır.

Günlük yaşantımız güneşe göre düzenlendiğine göre, güneşin günlük hareketini yansıtan yerel zaman olmaktadır. Ancak bu zaman ilgili meridyen için geçerlidir. Değişik meridyenlerde bulunan insanların ulaşım, haberleşme ve benzeri ilişkilerin yürütülmesinde karışıklık yaratır. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak için bölge zamanları (standart zaman) uygulanmaktadır.

Zaman bölgeleri, orta meridyenleri boylamları  $\lambda = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, \dots$  olacak şekilde  $15^\circ = 1^h$  genişliğindeki dilimler olarak alınmıştır. Dilimin bölge zamanı, dilim orta meridyeni zamanına eşittir.

Bölge zamanları astronomik gözlemlerde önemli bir yer tutmaz. Sadece özel konumlarında (örneğin meridyenden geçişlerinde yada 1. Düşey daireden geçişlerinde)

gözlenecek yıldızların gözlem anlarının gözlem yeri için geçerli olan bölge zamanında bilinmesi istenebilir. En azından yıldızların bu konumlarında gün ışığı nedeniyle gözlenip gözlenemeyecekleri saptanabilir.

Ayrıca kutup yıldızı ile azimut tayini gibi zamanın çok prezisyonlu bilinmesine gerek olmayan hallerde, her ülkenin kendi zamanını veren radyo zamanına göre ayarlanmış saatler kullanılabilir.

Ülkemizde boylamı bilinen P noktasındaki yerel ortalama zamanı bulabilmek için Türkiye saatinden bölge farkı olan  $2^h$  çıkarılarak UT zamanı bulunur ve elde edilen sonuca P' nin boylamı eklenerek yerel zaman bulunur. Veya tersi, P noktasının yerel ortalama zamanı biliniyor ve Türkiye saati bulunmak isteniyorsa verilen yerel zamandan P noktasının boylamı çıkarılarak UT bulunur ve sonuca bölge farkı  $2^h$  eklenir. Eğer ülkemizde yaz saati uygulanıyorsa  $2^h$  yerine  $3^h$  eklenmelidir( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).

#### 4.1.2. Efemerid zamanı ve atom zamanı

Yıldız zamanı ve güneş zamanı dünyanın kendi eksenini etrafındaki hızının sürekli değişmesi nedeni ile düzgün zaman birimi değildirler. Uzayda hızlı konum değiştiren gök cisimlerinin koordinatlarının önceden hesaplanmaları için düzgün (üniform) bir zaman birimine ihtiyaç vardır. Bu amaçla 1958 yılında efemerid zamanı tanımlanmıştır.

Efemerid zamanı, gezegenlerin ve özellikle Ay' ın yörüngelerindeki hareketlerinden tespit edilen Dinamik Hareket Kanunlarına göre tanımlanan zaman birimidir. Kepler Kanununa göre Dünya' nın Güneş etrafındaki dönüşü sabit olmayıp yörüngesi üzerindeki yıllık hareketiyle de yıldızlara göre Güneşin konumunun sürekli değişmesine sebep olur.

Efemerid zaman başlangıcı olarak, güneşin geometrik ortalama boylamının  $279^{\circ}41'48'',04$  değerinde olduğu 1900 yılı başı alınmıştır. Bu an 1900 yılı Ocak  $0.5^d$  efemerid zamanına karşılıktır. Tanım olarak efemerid saniyesi , Greenwich' te 1900 yılı Ocak  $0.12^h$  efemerid zamanında tropik yıl süresinin

$$1/31556925.9747 = 1/(365.2422.24.60.60) \quad (4.1)$$

de biridir. Efemerid zamanı kısaca (Ephemeris Time) ile gösterilir.

Efemerid günü değişmez süreli bir zaman birimi olduğu halde, dünyanın dönmüş hızına ortalama güneş günü, bu hızın değişimi nedeniyle değişken sürelidir.

Gelişen teknoloji ile birlikte birçok fiziksel ve teknik problemlerde gerekli yüksek frekans inceliği doğrudan doğruya zaman tanımına bağlı olduğundan 1967 yılında atom zamanı tanımı yapılmıştır. Atom zaman bazına göre 1 saniye = Sezyum 133 nüklidinin iki ince enerji seviyesi arasındaki geçişe karşılık olan radyasyon periyodunun 9,192,631,770 katıdır.

Periyot sayısı, bir atom zamanı saniyesinin efemerid zaman saniyesinin tam karşılığı olacak şekilde belirlenmiştir( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).

#### 4.1.3. Jülyen yılı ve Greenwich sideral zamanı

y : yıl

m : ay

DD . dd : günün ay ile olan ondalığı

Jülyen yılı 365.25 ortalama güneş günü, bir Jülyen yüz yılı ise 36525 ortalama güneş günüdür. Genellikle efemerid zamanı hesaplamalarında kullanılır ve

$$JD = INT(365.25y) + INT(30.6001(m+1)) + DD.dd + 1720994.5 \quad (4.2)$$

formülü ile hesaplanır.

Verilen bir tarihin 0<sup>h</sup> UT zamanında Greenwich' teki Sideral zamanı şöyle hesaplanır.

0<sup>h</sup> UT' de karşılık tarihe gelen JD hesaplanır. Sonra 4.3 formülü ile T bulunur.

$$T = \frac{JD - 2415020.0}{36525} \quad (4.3)$$

saat ve dakikalarla ifade edilmiş  $0^h$  UT' de Greenwich' teki Sideral zaman şu formülle

$$\theta_0 = 6.6460656 + 2400.051262T + 0.0000258T^2 \quad (4.4)$$

elde edilir.

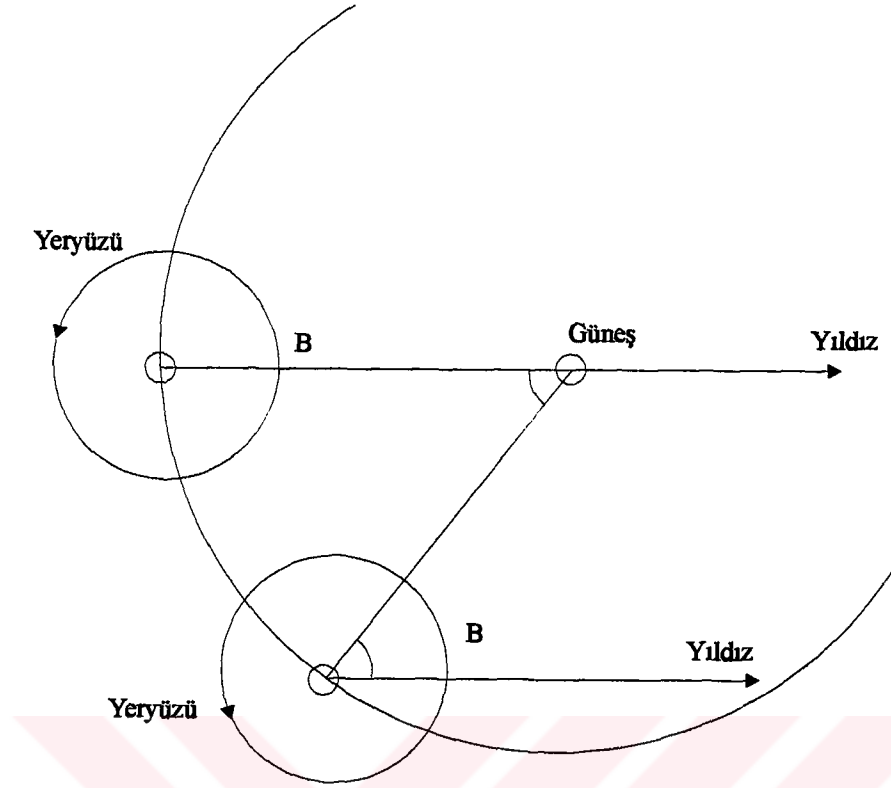
Eğer gerekli ise sonuç 0 – 24 saat aralığına indirgenmelidir. Daha sonra saatleri, dakikaları ve saniyeleri dönüştürülmelidir. 0 – 24 saat aralığına  $\theta_0$  indirmek için 24 yardımı ile 4.4 formülündeki sayısal değerleri bölmek kolay olabilir. Bu 4.5 formülünü verir.

$$\theta_0 = 0.276919398 + 100.0021359T + 0.000001075T^2 \quad (4.5)$$

Bu tam devirdekiler sideral zamanı verir. Saatlerdeki  $\theta_0$  ' ı elde etmek için, bulunan değer  $24^h$  ile çarpılır (Meeus 1982).

#### 4.1.4. Ortalama zaman (GMT) , Üniversal zaman (dünya zamanı)

Dünya bir yılda saat ibresi hareketinin aksi yönünde, güneş etrafında dolaşır (Şekil 4.1). Herhangi bir gün, güneş ve yıldız bir yerin meridyeninden aynı anda geçmiş olsalardı, bir yıldız günü sonra aynı yıldız tekrar meridyene girerdi. Çünkü yıldızlar dünyanın bir gündeki hareketi hiç önem taşımayacak kadar sonsuz uzaklıktadır. Bu nedenle bir yıldız günü sonra yıldız doğrultusu pratik olarak bir gün öncekine paraleldir. Buna karşılık güneş doğrultusu, dünyanın yörüngesindeki dönme açısı kadar değişmiş olacaktır. Yıldız ikinci kez meridyene girdiği halde güneş henüz meridyenin doğusunda bulunacaktır. Güneşin tekrar meridyene girmesi, yani bir güneş gününün tamamlanması için, dünyanın söz konusu açı kadar dönmeye devam etmesi gerekmektedir. Güneş günü yaklaşık olarak yıldız gününden 4 dakika kadar daha uzundur. Günlük yaşantıda güneşin durumu önem taşıdığından, güneş günü zaman sayımı için esas alınmıştır. Bu da yıldız günü gibi 24 saate ve benzer şekilde dakika ve saniyelere bölünür.



Şekil 4.1

Güneşin meridyenden birbirini izleyen iki geçişi arasında geçen zaman olan gerçek güneş günü, bir yıl boyunca aynı uzunlukta değildir. Bunun iki nedeni vardır. Önce gök küresini ekliptik te kesen dünya yörünge düzlemi ve bu düzlem ile gök küresinde gök ekvatorunu meydana getiren ve dünyanın dönme eksenine dik durumdaki ekvator düzlemi birbirine göre  $\epsilon = 23^{\circ}.5$ , yani ekliptik eğimi kadar yatık olmalarıdır.

Zaman, dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesine göre sayılmaktadır. Halbuki ekvator üzerindeki eşit yay boyları, ekliptiğin eğimi yüzünden ekliptik üstünde de eşit yay boylarına karşılık gelmezler. Ayrıca dünya elips biçimindeki yörüngesinde, planet (uydu) hareketine ait Kepler kanunlarına uyarak tam üniform bir hızla hareket etmez ve bu durum gökyüzünde güneşin görünen hareketi için de aynıdır. Bu yüzden bir güneş saatinin gösterdiği gerçek güneş zamanı yerine, ortalama

zaman denilen üniform ortalama güneş zamanı kullanılmaktadır. Bu ortalama zaman günlük yaşantımızda kullanılan zamandır.

Ortalama zaman da, yıldız zamanı gibi gözlem yeri meridyeninden geçiş anından başlayarak sayıldığı için, yıldız zamanı gibi yere bağlıdır. O halde yıldız zamanı için söylenenler ortalama zaman için de geçerlidir. Greenwich meridyenine göre ortalama zaman, dünya zamanı(Universal Time – UT ) adını alır (Müller1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).

#### 4.1.5 GMST, UT1, UT2, UTC Astronomik dünya zamanları

GMST : Dünyanın kendi eksenini etrafında yıldızlara göre dönüşü ile tanımlanan Greenwich' teki ortalama yıldız zamanı

UT1 : Kutup hareketi nedeni ile düzeltilen dünya zamanı

UT2 : Yavaşlama, düzensiz hız değişimi, mevsimlik periyodik değişimler düzeltilmiş dünya zamanı

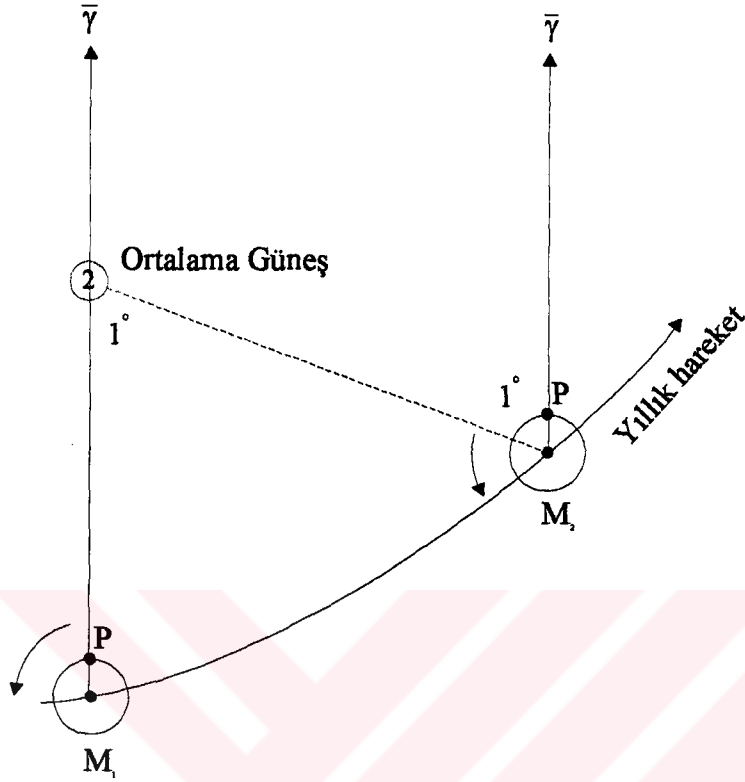
UTC : Koordinatlandırılmış dünya zamanı

#### 4.1.6 Zaman dönüştürmeleri

Yıldızlara uygulama yapmak, gözlemleri indirgemek ve jeodezik astronomi problemlerinin çözümünde ortalama zamanın yıldız zamanına ve tersi, yıldız zamanının ortalama zamana dönüştürülmesi gerekmektedir.

Bir ortalama yıldız günü, ortalama ilkbahar  $\bar{\gamma}$  nın bir gözlem yeri meridyeninden iki üst geçişi arasında geçen zamandır. Bir ortalama güneş günü ise, ikinci ortalama güneş 2 nin bir gözlem yeri meridyeninden iki alt geçişi arasında geçen zamandır. Ortalama ilkbahar noktası  $\bar{\gamma}$  ile ortalama güneş 2 nin aynı anda bir P gözlem yeri meridyeninden yola çıktıkları düşünülürse, dünyanın kendi eksenini etrafında bir tam dönüşü sonucu  $\bar{\gamma}$  nın tekrar gözlem yeri meridyeninden geçişi ile bir ortalama yıldız günü geçmiştir. Dünyanın güneş etrafında yıllık hareketi sonucu ise, geçen bu

ortalama yıldız gününde dünya yörüngesi üzerinde yaklaşık  $360^{\circ} / 365 \approx 1^{\circ}$  lik bir yol almıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2

Bölüm 4.1.5 te konu edildiği gibi Güneş günü yaklaşık olarak yıldız gününden 4 dakika kadar daha uzundur. Ortalama güneş, bir ortalama güneş gününde  $3548,19280''$  lik yıllık harekette bulunur. Ortalama ilkbahar noktası ise presesyon nedeni ile bir ortalama güneş gününde  $0,13757''$  hareket eder. Bu iki hareket daha önce de açıklandığı gibi ters yönlüdür. Ortalama güneş görünen yıllık hareketini saat göstergesi dönüşünün ters yönünde, ilkbahar noktası ise presesyon hareketini saat göstergesi dönüşü ile aynı yönde yapar. Ortalama güneş ile ortalama ilkbahar noktası birbirinden bir ortalama güneş gününde

$$\Delta'' = 3548,19280'' + 0,13757'' = 3548,33037'' \quad (4.6)$$

yay saniyesi kadar uzaklaşır.  $\Delta''$  nin zaman karşılığı  $3^m 56^s,555$  dir. Ortalama ilkbahar noktası ile ortalama güneş ekvator üzerinde aynı anda yola çıkarlarsa  $365.2422$  ortalama güneş günü sonra tekrar çakışır ve buna "tropik yıl" denir. O halde



$$1 \text{ Tropik yıl} = 365.2422 \text{ ort.güneş günü} = 366.2422 \text{ ort.yıldız günü} \quad (4.7)$$

dür. Buradan ortalama güneş günü ile ortalama yıldız zamanı arasında

$$\begin{aligned} 1 \text{ ort.güneş günü} &= 1 + \frac{1}{365.2422} = 1.002737909 \\ &= 24^{\text{h}} 03^{\text{m}} 56^{\text{s}}.555 \text{ ort.yıldız günü} \end{aligned} \quad (4.8)$$

$$\begin{aligned} 1 \text{ ort.yıldız günü} &= 1 - \frac{1}{366.2422} = 0.997269566 \\ &= 23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 04^{\text{s}}.091 \text{ ort.güneş günü} \end{aligned} \quad (4.9)$$

dönüşüm bağıntıları elde edilir. Buna göre gün (d) , saat (h) , dakika (m) ve saniye (s) olarak dönüşüm bağıntıları için

Ortalama Güneş Zamanı (MT)	Ortalama Yıldız Zamanı (ST)	Ortalama Yıldız Zamanı (ST)	Ortalama Güneş Zamanı (MT)
1 <sup>d</sup>	1 <sup>d</sup> + 3 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> .555	1 <sup>d</sup>	1 <sup>d</sup> - 3 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> .909
1 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup> + 9 <sup>s</sup> .856	1 <sup>h</sup>	1 <sup>h</sup> - 9 <sup>s</sup> .830
1 <sup>m</sup>	1 <sup>m</sup> + 0 <sup>s</sup> .164	1 <sup>m</sup>	1 <sup>m</sup> - 0 <sup>s</sup> .164
1 <sup>s</sup>	1 <sup>s</sup> + 0 <sup>s</sup> .003	1 <sup>s</sup>	1 <sup>s</sup> - 0 <sup>s</sup> .003

Şekil 4.3

elde edilir ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).

## 4.2. Saatler

Yıldızların yerleri, bir yıldız günü periyodunda tekrarlandığından yıldız uygulama yapabilmek için, yıldız zamanına göre işleyen ve ayarlanmış saatlere ihtiyaç vardır. Gözlemin kendisi için amaç, gözlem anını kesin olarak tayin etmek olduğuna göre, yıldız zamanı saati veya ortalama zamana göre işleyen bir saat kullanılabilir.

Çünkü bu iki zaman kolayca birbirine dönüştürülebilmektedir. Her iki halde de gerekli olan, saatin çok doğru gitmesi ve günümüzde zaman sinyali vericilerinin verdiği gibi, tam doğru bir zamanla, gözlemlerde kullanılan saat karşılaştırılarak, bunun durum ve gidişinin belirlenmesidir. Bu gün uygun bir vericinin zaman sinyallerinin doğrudan doğruya gözlem saati olarak kullanılması hem olanak içindedir ve hem de çok uygundur. Bunun dışında bu iş için günümüzde oldukça küçük boyutlarda yapılabilen taşınabilir kuvars saatleri, yüksek prezisyonlu zemberekli saatler olan gemi kronometreleri veya daha küçük bir cep kronometresi büyüklüğündeki güverte kronometreleri kullanılabilir. Eğer saat pek hassas değilse, gözlemlerin başında, ortasında ve sonunda zaman karşılaştırması yapılmalı ve zaman durumu tespit edilmelidir(Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984 ).

### 4.3. Zaman İşaret Vericileri

Bir saat ayarı için özel bir zaman sinyali vericisinin işaretleri kullanılır. Bugün dünyanın her yerine yayılmış çok sayıda zaman sinyali vericisi vardır. Bu nedenle sadece her defasında ilgili vericinin yayın frekansına ayarlanabilen bir alıcıya gerek vardır.

Günümüzde zaman sinyali yayını yapan frekanslar ve yayın saatlerinden bazıları şunlardır.

692, 809, 881, 908, 1052, 1088, 1151, 1457 ve 1484 kc/s frekansında (Greenwich saatine göre) hafta içi 07:00, 08:00, 11:00, 13:00, 18:00 ve 23:00 saatlerinde, Pazar günü 08:00, 11:00, 18:00 ve 23:00 saatlerinde yayın vardır.

200 veya 1214 kc/s frekansında hafta içi 10:00, 14:00, 15:00, 19:00 ve 22:00, saatlerinde, Pazar gününde 09:00, 19:00 ve 22:00 de yayın vardır.

Bunlardan başka; 19640, 8640, 13355, 17685 ve 12455 kc/s frekanslarında saat başına 6 dakika, 5 saniye kala yada saat başını 45 saniye geçe gibi farklı tonlarda sinyal veren (bunun dışında sürekli aynı ritimde sinyal yayınlayan) istasyonlarda mevcuttur.

Gelişen teknoloji ile birlikte artık internetten de zaman sinyali yayınlayan istasyonlarda vardır. Bunlardan bazılarının adresleri şöyle :

clock.isc.org (192.5.5.250)

norad.arc.nasa.gov (192.203.230.10)

tick.usno.navy.mil (192.5.41.40)

tock.usno.navy.mil (192.5.41.41)

metu (144.122.130.9)

nss.unet.umn.edu (134.84.84.84)

ntp.ctr.columbia.edu (128.59.64.60)

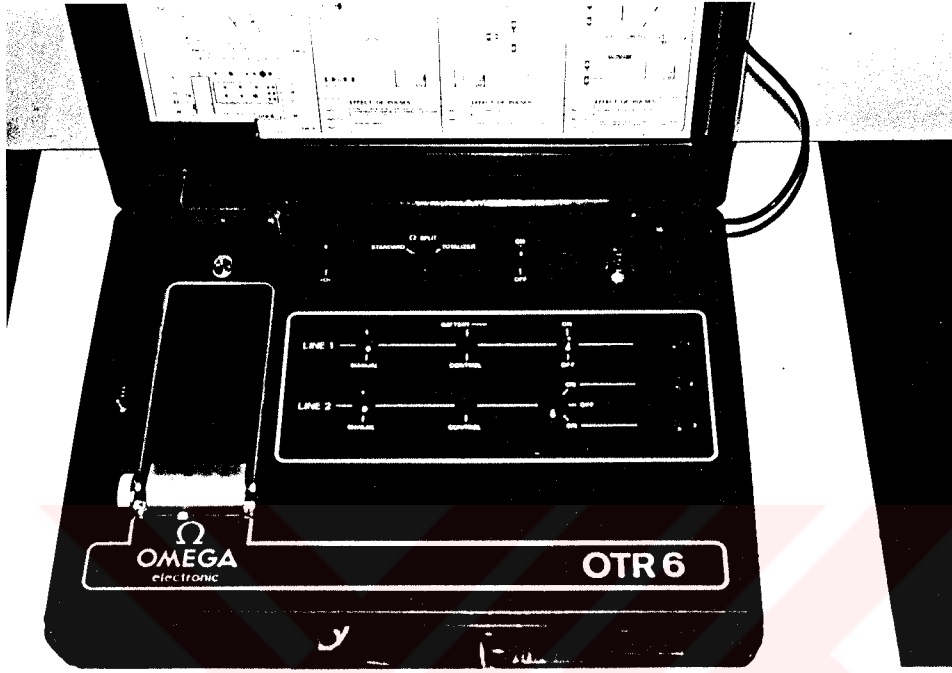
dir.

Birçok radyolarda saat ayarlarını sinyaller şeklinde verirler. Uluslar arası kabul edilmiş saat sinyali beş dakika devam eder. Türkiye radyoları ise her haber saatinde tam saatten beş saniye önce başlayan, yani 55 inci saniyeden 60 ıncı saniyeye kadar her saniye başında bir sinyal veren saat sinyalleri yaymaktadır ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).

Şu anda ülkemizde zaman sinyali yayın istasyon yoktur fakat Ortadoğu Teknik Üniversitesi' nin ve ayrıca TÜBİTAK' ın ise Antalya ilindeki rasathanede buna dayalı çalışmalarını sürdürmektedirler.

Zaman sinyallerinin  $0^s,01$  ve daha yüksek hassasiyette alınabilmesi için bir kronografa (zaman kaydedici) ihtiyaç vardır. Kronograflar genel olarak saatlerin saniye vuruşları, zaman sinyalleri ve mikrometre kontaklarının kaydedilmesinde kullanılır(Şekil 4.4).

Kaydedici düzenlerine göre kronograflar, bantlı, kağıt şeritli, trommelli ve silindirli kronograf tipleri vardır.



Şekil 4.4

Çok sayıda sinyal işaretinin okuma şablonu yardımı ile ölçülmesi yorucu ve hata yapma olasılığı fazladır. Bu nedenle, gözleyiciden , saatten ve zaman işaretinden gelen sinyalleri o anda yürüyen bir kağıt şerit üzerine basan baskı kronografları imal edilmiştir. Son yıllarda saniyenin takriben  $1.10^{-4}$  nü kaydeden baskı kronografları (örneğin Chronocord, Newtek-Chrofax) yapılmıştır. Bunlar daha çok jeodezik yapay uydu gözlemlerinde kullanılmaktadır.

## 5. ASTRONOMİK GÖZLEM ALETLERİ

Astronomik aletler genellikle enlem, boylam ve azimut belirlemelerinde kullanılır. Aletler ya uzun süreli olarak kurulur (gözlem evlerinde) yada açık alanlara kurulur.

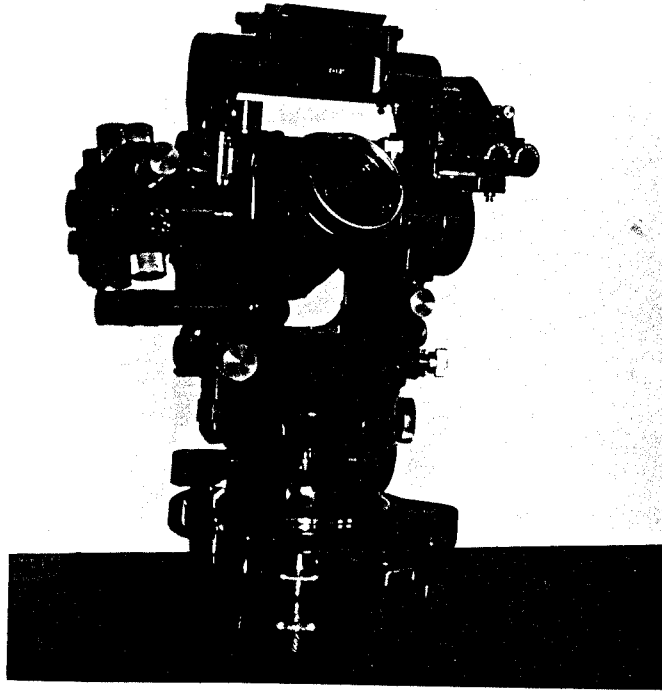
Astronomik ölçmelerde kullanılan aletlerin ufuk sistemine uygun olarak çalışmaları için, aletlerin eksenleri bu sisteme göre yöneltilirler. Bu aletlere teodolitler veya üniversal aletler denir. Teodolitler ufuk sistemine uygun olarak kurabilmek için, alete düzeçler yerleştirilmiştir. Bu düzeçlerin, teodolitin istenen konumdan ayrılmasını da yeterli prezisyonda ölçmeyi sağlamaları şarttır.

Astronomik bir teodolitin dürbünü, yeter sayıda yıldızı gözlemeye elverişli ve bu yıldızların görüş alanının her yerinde kusursuz yani nokta şeklinde keskin ve net görüntülerini sağlayacak iyi ve aydınlık bir optik sistem ile donatılmalıdır. Ayrıca dürbünün görüş alanında, yıldızlara gözlemi sağlayacak, birbirine dik ince gözlem çizgilerinden oluşan ölçme işaretleri bulunmalı ve çizgilerin gecede yıldızlarla birlikte görülebilmesi için görüş alanı aydınlatma olanağı sağlanmış olmalıdır. Açık dairelerinin ve düzeçlerin okunabilmesi için de ışıklandırma gerekir (Müller 1973).

Bu özellikleri içeren astronomik ölçme aletleri , astronomik DKM3 – A üniversal teodolit (Kern, Arau, Switzerland) , Wild T4 üniversal teodolit (Wild, Heerbrugg, Switzerland) , jeodezik- astronomik Theo 002 üniversal teodolit (Jenoptik, Jena, DDR) , Wild T3 astrolob, Zeidd Ni2 Level with Prism Astrolob (Carl Zeiss, Oberkochen) ve son zamanlarda kullanılan Portable zenit Kameraları (Inst. f. Theor. Geod. Univ. Hannover) örneklerdir ( Torge 1980).

### 5.1. DKM3 – A Teodolitin Tanıtılması

Bölüm 5 te anlatılan özelliklere sahip olan DKM3 - A teodoliti (Şekil 5.1) hassas astronomik ölçmelerde yer, zaman ve azimut un tayin edilmesi için ve ayrıca, dağlık arazilerde güç şartlar altında yanına varılabilen istasyonlarda başarılı bir şekilde kullanılmıştır.



Şekil 5.1

DKM3-A aletinin diğer özelliklerini şöyle sıralayabiliriz. Aletin kendinde, tesviye için sınırlı bir hareket olanağı olduğu için , alet kurulurken ilk olarak sehpanın veya altlığın küresel eklem başlığı, küresel düzeç kabarcığı ortalanıncaya kadar kaydırılır.

Tesviye düğmeleri, amaç dışı hareketlerle herhangi bir şekilde döndürülmemesi için, üstleri bir kapakla (emniyet kapağı) korunmuştur. Yaklaşık olarak aynı yükseklikte bir koruyucu kapak altında da bölümlü dairenin hareket düzeni bulunmaktadır. Bu düzenin istenmeyen şekilde çalışmasını önleyen bir emniyet kapağı açıldıktan sonra, yatay daire, genel az hareket vidaları ile yöneltme yapılabilir. Yani, tam istenen bir okuma değeri üzerine getirilebilir.

Alidat genel bağlama ve az hareket vidaları yanyana ve birbirlerine yakın olarak bulunmaktadır. Bunlar büyüklük ve şekil yönünden birbirlerinden kolayca ayırt edilebilmekte ve sağ elle kolayca çalıştırılabilmektedir.

Muylu eksenin diğer ucuna Horrebow düzeci yerleştirilebilir. Bu düzeç, bölüm çizgileri okülerin ucundan kolayca okunabilen, birbirine paralel iki düzeçten oluşmaktadır.

Muylu ekseni üzerine, gerektiğinde, doğrudan doğruya aldat üstüne oturtulan bacaklı düzeç konulabilir. Bu düzeç yalnız bir doğrultuda yerleştirilebilmekte ve bu durumda, sıfır çizgisi okülere dönük tarafta bulunmaktadır. Bu da bir üstünlük sağlar, zira düzecin sıfır çizgisi yerinin not edilmemesi halinde asal eksen eğikliğinin ölçülmesinde kolayca doğabilecek artı eksi işaret yanlışlığının önüne geçilmiş olmaktadır.

Her durumda yıldızın kolaylıkla izlenebilmesi için özellikle ışıklandırma düzenine dikkat edilmiştir. Işıklandırma için ihtiyaç duyulan 3 voltluk gerilim, ya kullanışlı kuru pilli batarya kutularından yada akümülatörlerden sağlanabilir. Bölümlü daireler için ışıklandırma düzeni, 2.5 V/ 0.2 A lik bir priz ile bir ayarlı dirençten oluşur (Müller 1973).



## 6. ENLEM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

Astronomik gözlem yöntemlerinin amaca en uygun ayrımları, enlem tayini, boylam tayini ve azimut ölçmeleri olmak üzere çözümü istenen üç probleme göre yapılır. Her ne kadar ustaca bir düzenleme yapılsa bile, örneğin durak çizgileri yöntemi ve bunun farklı şekillerinde olduğu gibi, boylam ve enlem, iki bilinmeyenin birlikte tayin edildiği yöntemler olarak düşünülmüştür. Fakat bilinmeyenlerin mümkün olduğu kadar yüksek hassasiyetle elde edilmesi istendiğinden, genellikle yalnız bir bilinmeyenin tayinini sağlayabilecek yöntemlerin uygulanması ve bu yöntemlerde kaçınılmaz hataların bu bilinmeyene etkilerinin çok küçük olmasının sağlanmasına çalışılır.

Enlem tayini yöntemleri olarak ; Meridyen zenit uzaklıkları (Sterneck) yöntemi, Horrebow-Talcott yöntemi, Sirkum-Meridyen zenit uzaklıkları yöntemi, Polaris yöntemi, Pewzow yöntemi, Struwe yöntemi, Polarisin ve bir güney yıldızının zenit uzaklığı ile enlem belirleme yöntemi, İki yıldızın eşit zenit uzunluklarıyla enlem belirleme yöntemi, Yakın elengasyondaki bir yıldız çiftinin azimutları ile enlem belirleme yöntemi, Wayfinder' a göre enlem belirleme yöntemi olarak sayılabilir.

Bu bölümde Sirkum-Meridyen zenit uzaklıkları ile enlem belirleme yönteminden bahsedilecek, diğer yöntemlerin bazıları hakkında yeri geldikçe kısa açıklamalar yapılacaktır.

### 6.1. Sirkum- Meridyen Zenit Uzaklıkları ile Enlem Belirleme

Eksiksiz bir enlem tayini için her zaman iki yıldız gözlem yapma gereğinin güçlüğü, bir yıldız meridyen dolaylarında dürbünün iki durumunda gözlem yapmak suretiyle giderilebilir. Bu durumda yıldız her iki gözlemde tam meridyende bulunamaz, meridyen geçişinden biraz önce veya biraz daha sonraki bir konumdadır. Bu yüzden buna Sirkum- Meridyen Zenit Uzaklığı yöntemi denir.

Meridyen yakınında yıldızın zenit uzaklığı, meridyen geçişine kıyasla biraz büyük olacaktır. Bu durumda ölçülen zenit uzaklığından meridyen zenit



uzaklığını bulmak için gözlem zamanının bilinmesine gerek vardır. Gözlem anındaki yıldız zamanından yıldızın saat açısı bulunur. Gözlem saat açısı yardımı ile, ölçülen zenit uzaklığından, meridyen zenit uzaklığını hesaplamak için kolay formüller geliştirilmiştir. Meridyen zenit uzaklığından daha evvel verilmiş olan basit bağıntılar ile kutup yüksekliği bulunur. Yıldız meridyene ne kadar yakınsa, meridyen zenit uzaklığına indirgeme işlemi o kadar kolay olur. Ayrıca indirgeme işlemlerini kolaylaştırmak için uygun yardımcı tablolar da düzenlenmiştir.

Gözlemin yapılışı şöyledir : Yıldız meridyen geçişinden önce bir süre (belki on dakika) önce uygulama yapmaya başlanır, yani yatay orta çizgiden geçişinden biraz öncesine getirilerek beklenir. Yıldız yatay çizgi üstüne getirilerek kısa bir işaret verilir ve yazıcı bu işaretle saati  $0.1^s$  ye kadar okur ve kaydeder. Sonra daire okumaları yapılır. Eğer yeterli zaman varsa aynı dürbün durumunda okumalara devam edilir (yaklaşık 1'er dakika aralıkla). Yıldızın meridyen geçişinden sonra da aynı aralıklarla gözlemlere devam edilir. Refraksiyonun hesaplanması için ısı ve basınç ölçülür.

Gözlemler meridyenden çok açıkta yapılmamalı ve ayrıca yıldızlarında zenite çok yakın olmasından sakınılmalıdır. Çünkü bu durumlarda sözü edilen indirgeme formüllerine göre düzeltmeler çok büyük çıkarlar. Orjinal yönteme karşılık burada ölçülerin kendileri için saate gerek vardır. Değerlendirme için de yıldızın rektasansiyonu yıldız cildinden alınmalıdır. Ancak bu değerde, saatin okunması için ön koşulan hassasiyet  $0.1^s$  yeterlidir. O halde  $\alpha$  için doğrusal enterpolasyon yapılır ve kısa periyotlu nutasyon dikkate alınmaz. Bu yöntem gözlemlerde ve değerlendirmede daha fazla işlemi gerektirir. Ancak dolunay, az kapalı gökyüzü ve benzeri gözleme uygun olmayan şartlarda çok az sayıda yıldız gözlem yapma imkanı bulunuyorsa yapılabilir.

Yıldızın meridyen dolaylarında ölçülen ve refraksiyon dolayısı ile düzeltilen zenit uzaklığı  $z$  ve gözlem anı  $T$  den hesaplanacak saat açısı  $t$  den

$$\tan M = \frac{\tan \delta}{\cos t} \quad (6.1)$$

olmak üzere durak nokrasının enlemi,  $\delta < \phi$  ise yani yıldız baş ucu noktasının güneyinde ise

$$\cos(\phi - M) = \frac{\cos z \sin M}{\sin \delta}, \quad \phi = (\phi - M) + M \quad (6.2)$$

veya  $\delta > \phi$  ise, yani yıldız başucu noktasının kuzeyinde ise

$$\cos(M - \phi) = \frac{\cos z \sin M}{\sin \delta}, \quad \phi = M - (M - \phi) \quad (6.3)$$

bağıntıları ile bulunur.

Yıldızın meridyen dolaylarında ölçülen ve refraksiyon dolayısı ile düzeltilen yüksekliği  $h$ , meridyendeki yüksekliği  $h_0$  ise

$$h + \Delta h = h_0 \quad (6.4)$$

yazılabilir.  $\Delta h$  meridyen dolaylarında küçük olduğundan

$$A = \frac{\cos \phi \cos \delta}{\cosh_0}, \quad a = 2\rho \sin^2 \frac{t}{2} \quad (6.5)$$

gösterilişi ile

$$\Delta h = Aa - \frac{\Delta h^2}{2\rho} \tanh_0 \quad (6.6)$$

yazılır. İlk yaklaşıkla  $\Delta h \approx Aa$  kabul edilirse

$$B = A^2 \tanh_0, \quad b = 2\rho \sin^4 \frac{t}{2} \quad (6.7)$$

gösterilişi ile

$$\Delta h = Aa - Bb \quad (6.8)$$

elde edilerek  $\phi$  enlemi, c olmak üzere

$$\phi = \delta + 90^\circ - h - \Delta h = \delta + z - \Delta h \quad (6.9)$$

bağıntısı ile hesaplanır.  $\delta > \phi$  ise, yani yıldız başucu noktasının kuzeyinde ise, bu takdirde

$$\phi = \delta - z + \Delta h \quad (6.10)$$

şeklini alır.

Türkiye’de enlem tayini için, deklinasyonu  $-35^\circ$  ile  $20^\circ$  arasında olan yıldızlar seçilmelidir ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).

## 6.2. Meridyen Zenit Uzaklıkları (Sterneck) Yöntemi

1870 yılında Avusturyalı Albay Sterneck, çok kolay ve uygulamada önem kazanan bu yöntemi, askeri coğrafya enstitüsü yayınları ile ortaya koymuştur.

İsminden de anlaşılacağı gibi, bu yöntemin prensibi, yıldızların meridyenden geçişlerinde zenit uzaklıklarının ölçülmesine dayanır. Bu yöntemin ilk üstünlüğü, meridyen zenit uzaklığı, kutup yüksekliği ve yıldızın deklinasyonu arasında basit bağıntılar olduğu için, gözlemlerin değerlendirilmelerinin çok kolay olmasıdır. Bu bağıntılar Şekil 3.5 ten kolayca çıkartılabilir. Kolaylık sağlamak için zenitin güneyinden meridyeni geçen yıldızlara güney yıldızları ve zenitin kuzeyinden geçen yıldızlara da kuzey yıldızları denilecektir. Yerin kuzey yarıküresinde (güney yarıkürede kuzeyle güney yer değiştireceklerdir)  $45^\circ$  nin üstündeki kutup yüksekliklerinde, bütün kuzey yıldızları ile güney yıldızlarının bir kısmı alt geçişlerinde de ufkun üstünde bulunurlar. Meridyen geçişlerinde genel olarak aşağıdaki eşitlikler geçerlidir.

$$\text{Güney yıldızı } S_1 \text{ üst geçişte } z_1 = \phi - \delta_1 \quad , \quad \phi = \delta_1 + z_1$$

$$\text{Kuzey yıldızı } S_2 \text{ üst geçişte } z_2 = \delta_2 - \phi \quad , \quad \phi = \delta_2 - z_2 \quad (6.11)$$

$$\text{Kuzey yıldızı } S_3 \text{ alt geçişte } z_3 = 180^\circ - (\delta_3 + \phi) \quad , \quad \phi = 180^\circ - (\delta_3 + z_3)$$

Bu eşitlikler kuzey yarıkürede geçerlidir. Güney yarıkürede de aynı düşünceler geçerlidir fakat  $\phi$  nin negatif sayıldığına ve gök küresinde, ekvatorun güneyinde deklinasyonlarında negatif alındığına dikkat etmelidir.

Bu yöntemin ikinci üstünlüğü hesap için bağıntıların basit olması, diğeri ise meridyen konumunun çok kesin bilinmesinin zorunlu olmamasıdır. Zira yıldızların zenit uzaklıkları meridyen yakınlarında çok az değişirler, hatta pratik olarak hiç değişmezler. Ayrıca alet hataları, alet kurma hataları, kolimasyon hatası, asal eksen eğikliği gibi hatalar yeterli derecede küçük iseler sonucu pratik olarak etkilemezler. Kaçınılmaz tek hata düşey dairenin indeks hatasıdır o da bir güney yıldızına aletin birinci durumunda ve kuzey yıldızına aletin ikinci durumunda gözlem yapılarak giderilir.

Bu yöntemde çok hassas sonuçlar almak için dikkatli seçilmiş gözlem programı ve jeodezik teodolitin yerine üniversal teodolitin kullanılmasıyla elde edilebilir ( Yaşar 1972, Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Arslan 1997).

### 6.3. Horrebow - Talcott Yöntemi

Bu yöntem, bunu daha 18. Yüzyılda öneren Kopenhag Rasathanesi'nin ünlü bilgini Peter Horrebow ile 19. Yüzyılda yöntemi geliştirmek üzere çaba harcayan Amerikalı astronom Talcott'un adlarını taşımaktadır.

Bu yöntemin prensibi, kısa sürelerle, birisi zenitin güneyinden, diğeri zenitin kuzeyinden meridyeni geçen ve yaklaşık aynı zenit uzaklıklı iki yıldızın gözlenerek zenit uzaklıkları farkının ölçülmesidir. Yıldızlardan biri dürbünün birinci durumunda diğeri ise dürbünün ikinci durumunda gözlenir.

Enlem tayininde hiçbir daire bölümü okumasının gerekli olmadığı, dairelerin yalnız yıldız yöneltme için kullanıldığı yöntemlerden biri olan bu yöntem de sadece görüş alanındaki düşey veya yatay çizgi işaretlerinden yıldız geçişleri gözlenir ve bunlara ait zaman okunur. Bu yöntemde en önemli yardımcı aletler, özel düzeçler (Horrebow düzeci) ile hareketli ölçme çizgileri, yani mikrometrelerdir. Bu yöntemde mutlaka iki yıldız gözlenmelidir. Çünkü bu yıldızın herhangi iki değerinin farkı

ölçülecektir. Bu yüzden yıldızlar ayrıca bazı ön şartlara uygun olarak seçilmeli, gökyüzünde öngörülen konumlarda bulunmalıdırlar. Ancak o zaman yöntem faydalı olabilir ( Yaşar 1972, Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Arslan 1997).

#### 6.4. Struwe Yöntemi

İki yıldızın düşey orta çizgiden geçiş zamanları okunmuşsa, her iki yıldızda gözlemlerde birinci düşeyde, yani meridyene dik düşey dairede fakat birisi doğuda, diğeri batıda ise, o zaman okunan geçiş zamanlarından çok uygun bir yolla enlem hesaplanabilir. En uygunu, her iki yıldızın bu geçişlerinin kısa zaman aralığında birbirini izlemesidir. Bu yöntem veya bunun özel hali olan, aynı yıldızın daha uzun zaman aralığında yapılabilen, birinci düşeyin önce doğu sonra batı yarısından geçişinin gözlemlendiği yöntem Struwe yöntemi denir ( Müller 1973, Arslan 1997).

#### 6.5. Pewzow Yöntemi

Pewzow yöntemi, iki yıldızın kısa zamanda birbiri ardına aynı almukantarattan geçişlerinde, yani eşit zenit uzaklıklarında zamanların ölçülmesine dayanır. Bu yöntemde, böyle bir yıldız çiftinin her iki yıldızı birinci düşeye göre simetrik ve meridyene çok uzak olmamak üzere aynı zenit uzaklığına ulaşıyorlarsa enlem özellikle iyi tayin edilir. Burada yıldızlardan birisi kuzey yıldızı diğeri ise güney yıldızı olacaktır ( Müller 1973, Arslan 1997).

#### 6.6. Kutup Yıldızı Yöntemi

Polaris (Kutup yıldızı) yöntemi Sirkum- Meridyen zenit uzaklığı yöntemine belli bir ölçüde yakın olan bir yöntemdir. Polaris kuzey gök kutbunda bulunmaktadır, o halde her zaman meridyenin yanındadır. Polaris in yükseklik açısı kutup yüksekliğinden en çok  $1^{\circ}$  farklıdır. Bu yöntemin üstün yönü, yerin kuzey yarıküresinde Polaris in her zaman görülebilmesidir. Hava kapalı değilse her zaman hatta gün ışığında bile gözlenebilir. Gözlemlerde Polaris çok yavaş hareket ettiğinden devamlı görüş alanında kalacağından dürbünün her iki durumunda birkaç gözlem yapılabilir. Yöntem özellikle kuzey enlemlerde, yani kutup yıldızının çok yüksekte

görüldüğü yerlerde tavsiye edilir. Ancak çok yüksek prezisyona ulaşmak isteniyorsa orta enlemlerde bile artık uygun değildir. Çünkü büyük zenit uzaklıklarında refraksiyon etkileri oldukça kuvvetlidir ve bu sakınca enlemin küçülmesi ile çok çabuk artar. Güney yarıkürede benzer olarak  $\sigma$  Octantis söz konusu olmakta ise de bu yıldız çok daha sönüktür ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).



## 7. BOYLAM TAYİNİ

Boylam ile zaman tayini eş anlamlıdır. Önceleri saatin durum ve gidişini belirtmek için astronomik zaman tayini yapılıyordu. İlk defa yüzyılımızda saptanmış olduğu üzere dünyanın dönüşü düzenli olmadığı için çalışmalar yer saatinin durum ve gidişini saptama amacına yönelmiştir. Düzenli zaman bugün atom saatleri ile sağlanmaktadır. Ancak yeryüzünde bulunulduğu için, eskiden olduğu gibi şimdide dünyanın dönüşüne dayanılarak tanımlanan zaman esas olmakta ve yıldızlar yardımı ile doğrultular ölçülecekse, yine bu zaman kullanılmaktadır.

Herhangi bir yerde o yerin yıldız zamanı astronomik yoldan tayin edilmişse, bununla o yerin boylamını bulmak mümkündür, çünkü;

$$\theta_{Gr} = \theta_{\lambda} + \lambda \quad \text{veya} \quad \lambda = \theta_{Gr} - \theta_{\lambda} \quad (7.1)$$

dır ( $\lambda$  batıya doğru pozitif sayılır).

Prensip olarak, gözlenen yıldız ne kadar hızlı hareket ederse, yani görüş alanında ölçü çizgisinden ne kadar çabuk geçerse, zaman o kadar hassas tayin edilir. Bu arada tekrar yıldızın düşey daire veya almukantarattan geçişinin gözlenebileceği olanaklar vardır.

Boylam veya zaman tayini yöntemleri olarak, Meridyen yöntemi, Birinci düşeyde zenit uzaklıkları ile zaman tayini, Zinger yöntemi, Döllén yöntemi, Simetrik gözlemlerle zaman tayini, Yatay açılarla boylam belirleme, Mayer yöntemi, Kwee Van Woerden yöntemi sayılabilir (Müller 1973).

### 7.1. Birinci Düşeyde Zenit uzaklıkları ile Zaman Tayini

Zaman tayini problemi, belli bir saat zamanına karşılık olan yerel zamanı ( yıldız zamanı, ortalama veya gerçek zamanı) veya diğer bir deyişle belli bir saat zamanına karşılık olan yerel zaman ile bilinen saat zaman farkı  $\Delta T$  saat düzeltmesinin belirlenmesidir.  $S(\alpha, \delta)$  yıldızının gözlenmesinde kullanılan saat yıldız zamanına göre işliyor ve  $T$  anını gösteriyor ve hatası da  $\Delta T$  ile

$$T + \Delta T = \theta = t + \alpha \quad \text{veya}$$

$$\Delta T = t + \alpha - T \quad (7.2)$$

olur. Eğer gözlemede kullanılan saat ortalama zamana göre işleyen bir saat ise,  $T$  ortalama zamanı gösterir ve  $\theta = \alpha + t$  yıldız zamanı bu durumda zaman bahsinde anlatıldığı şekilde ortalama zamana dönüştürülmelidir.

(7.2) ye göre  $\Delta T$  saat düzeltmesinin belirlenmesi için konumu bilinen bir yıldız gözlem yaparak  $t$  saat açısının hesaplanması gerekir.

$\Delta T$  saat düzeltmesinin inceliği ilk planda gözlem için seçilen yıldızın  $\alpha$ ,  $\delta$  koordinatlarına bağlıdır. Bu nedenle seçilecek yıldızın, koordinatlarının almanaklardan istenen incelikte alınabilecek temel yıldızlar olması gerekir.

Birinci düşey daire üzerinde  $a = 90^\circ$  veya  $a = 180^\circ$  olduğundan, yıldızın hızı birinci düşey daire üzerinde en büyük değerini alır. Bu durumda zenit ölçümleriyle boylam tayininde birinci düşey daire yakınında gözlem yapılmalıdır. (Altınsoy G., Şenol Ö., 1997)

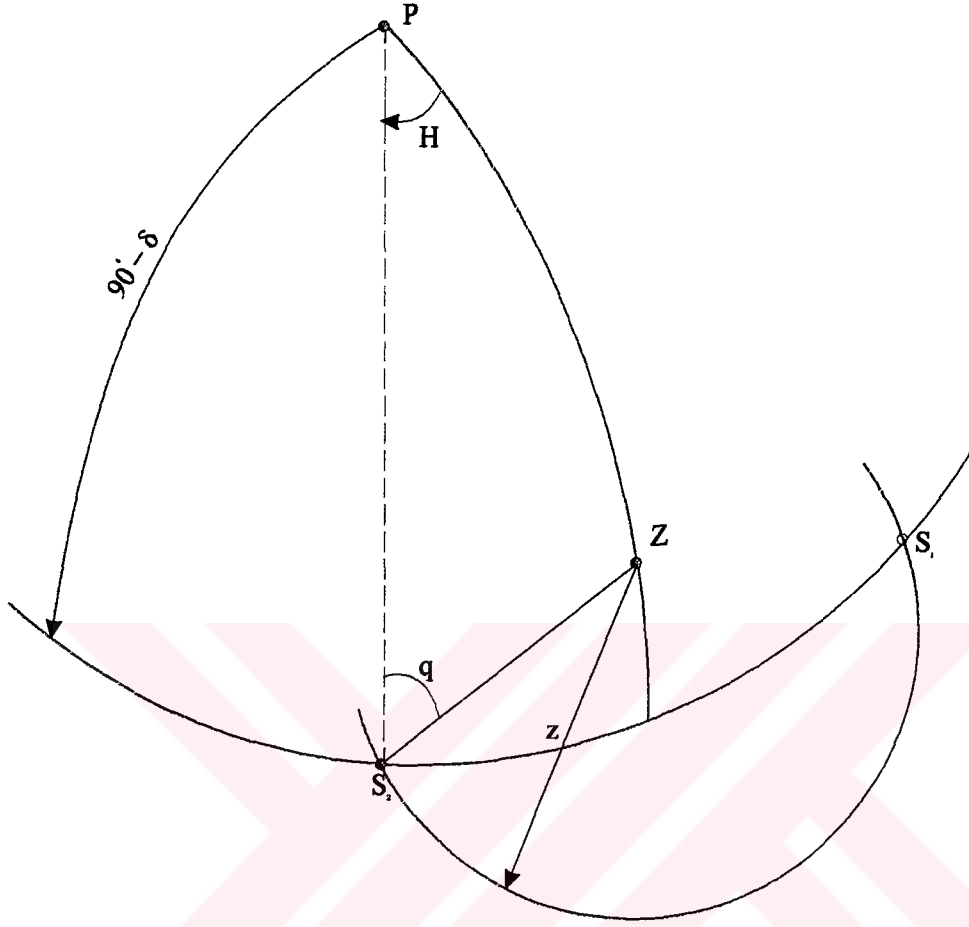
Enlemi  $\phi$  olan bir yerde  $(\alpha, \delta)$  koordinatı belli olan bir yıldız gözlem yapılarak  $z$  zenit uzaklığı ölçülmüşse yıldızın Gauss Küresi üzerindeki yeri çizilebilir (Şekil 7.1).

$S$  yıldızının yeri  $P$  ve  $Z$  noktalarından  $(90^\circ - \delta)$  z küresel yarıçapları ile çizilen dairelerin kesişme noktalarıdır. Bu daireler birbirini  $q$  paralaktik açısı altında keserler.

Yıldızların yerini, büyük bir kesinlikle elde etmek için dairelerin dik açı altında kesişmeleri veya  $q$  paralaktik açının en büyük olması gerekir. Bu şart ise, zenit ölçümü yapıldığında, yıldız ancak birinci düşey daire üzerinde ise sağlanabilir.

Yıldız birinci düşey dairede iken  $q$  paralaktik açısı da büyük olacağından, hem  $d\phi$  hem de  $d\delta$  hatalarının etkisi ortadan kalkar. Zenit uzaklığı hatasının etkisi azalır. Yıldız birinci düşey dairede gözlem yapabilmek için Bölüm 3.3.3 te verilen bağıntılardan yararlanılır.





Şekil 7.1

Kullanılan saatin verdiği zaman, zaman işareti vericilerinde olduğu gibi doğru kabul edilirse  $\Delta T$  ile dünya gözlem yeri yıldız zamanına dönüştürülmesi için verilen  $\lambda_0$  boylamından,  $\lambda$  düzeltilmiş boylamını bulmak için gerekli düzeltme miktarı elde edilmiş olur. Yani,  $\lambda$  batıya doğru pozitif alınırsa,  $\lambda = \lambda_0 + \Delta T$  eşitliği geçerli olur (Müller 1973, Arslan 1997, Altınsoy ve Şenol 1997).

## 7.2. Zinger Yöntemi ile Zaman Tayini

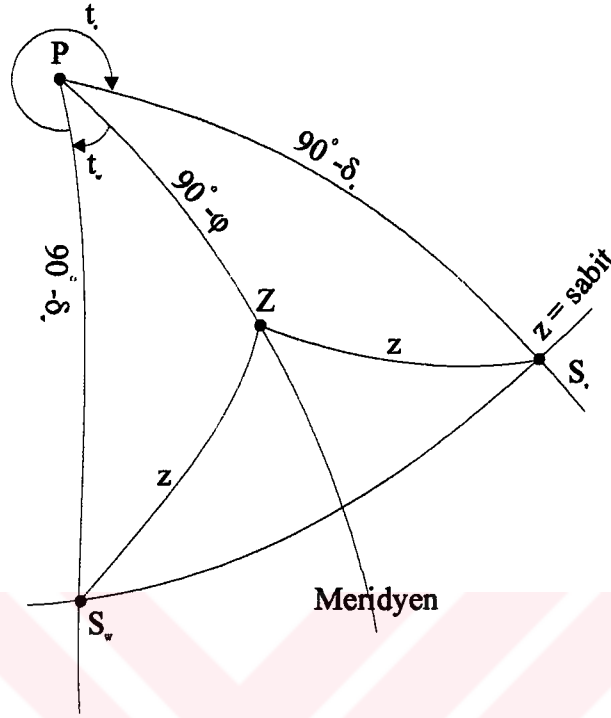
Zamanın düşey dairelerden geçişlerde tayini yerine, ufuk dairesine paralel dairelerden, almukantaratlardan geçişlerde de tayini mümkündür. Bu yöntemde de yıldızın almukantarattan hızlı geçmesi halinde gene iyi sonuçlar alınır.

Birinci düşeyde zenit farkları ölçümü ile saat düzeltmesini tayin etmek, her yönü ile uygun bir zaman tayin etme yöntemidir. Bütün zenit uzaklık ölçmelerinde olduğu gibi burada da refraksiyonun etkisi dikkate alınmalıdır.

Meridyene göre simetrik bir yıldız çiftinin aynı yükseklik dairesinden geçiş gözlemleri ile  $\Delta T$  saat düzeltmesinin belirlenebileceği gözlem yöntemlerinden biri olan bu yöntemin temel düşüncesi çok eskidir (Şekil 7.2). İlk defa Zinger, Poulkova' da bu yöntemi uygun bir şekle sokmuş ve denemiştir. Her iki yıldızın aynı zenit uzaklığında olmaları ön şartı ile, bilinen kutup yüksekliği, her iki yıldızın deklinasyonu ve rektasansiyonu ve aynı almukantarattan geçişlerde okunan saat zamanları değerlerinden başka, içinde bilinmeyen olarak yalnız gözlem yeri yıldız zamanı biriminden, saat düzeltmesi bulunan bir eşitliğin çıkarılabileceği kolayca düşünülebilir. Burada da saat düzeltmesinin her iki gözlem arasındaki kısa zamanda değişmez kaldığı öngörülebilecektir. Asıl olan böyle bir yıldız çiftinin gözlenmesinin, tam bir zaman tayini sağlamasıdır.

Bu yöntem gerçekten noksansız sonuçlar verir. Zenit uzaklıkları ve saat açıları birinci düşeyde  $\phi$  ve  $\delta$  dan kolayca hesaplanabileceği için, gözlem programının düzenlenmesi de kolaydır. Değerlendirme çok yorucu değildir, asal eksenin küçük eğikliğinin zenit uzaklığı ölçülerini pratik olarak hiç etkilememesi de ayrıca bir üstünlüktür. Bu yöntem için belki daire okumalarına gerek olması sakıncalı görülebilir, yani varsa daire bölüm hataları tam büyüklükleri ile sonucu etkiler. Ayrıca hiçbir zaman kesinlikle bilinmeyen ve burada tam değeri ile sonucu etkileyen refraksiyonun dikkate alınması zorunluluğu da bir sakınca olarak görülebilir. Bu yüzden bu yöntemde yine küçük zenit uzaklıkları ile sınırlanır ve buda kullanılacak yıldızların sayısının azalması sonucunu doğurur. Ayrıca çok küçük zenit uzaklıklarında,

gözlemlerin dürbünün iki durumunda birinci düşeye tam simetrik olması gerektiği de sakınca olarak gösterilebilir.



Şekil 7.2

Sözü edilen son iki sakınca, yani bölüm hataları ve refraksiyonun zaman tayinine tam büyüklükleri ile etkili oluşları, bu yöntemde iki yıldızın aynı almukantarattan geçişlerinin gözlenmesi yoluyla ortadan kaldırılır. Her iki yıldızda aynı zenit uzaklığında bulunacaklar, o halde refraksiyonun aradaki değişimleri dışında aynı refraksiyon değeri söz konusu olacak ve açı okumaları yani daire bölümleri kullanılmayacaktır. Her iki yıldızın aynı zenit uzaklığında olmaları yetecektir ( Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Arslan 1997)..

### 7.3. Meridyen Yöntemi

Yıldızların azimutunun en hızlı meridyende değiştiği diferansiyel bağıntıların incelenmesi ile görülebilir. Bu nedenle zaman tayini için yıldızların meridyenden geçişlerinin gözlenmeleri uygun olmaktadır. Bu yöntemde zaman tayininde meridyen

Meridyen yönteminin uygulanması, aletin kuruluşunda ve kendisindeki kaçınılmaz hataların düşünülmesi ve hesaba katılması halinde biraz karışık bir durum alır. Burada üç hata rol oynar : Eğiklik hatası, kolimasyon hatası ve azimut hatasıdır.

Gözlem için seçilecek yıldızların zenit uzaklıkları, refraksiyon etkisinin büyük olmaması için  $20^{\circ}$  ile  $30^{\circ}$  arasında olmamalıdır. Yani yıldızlar  $\phi - 30^{\circ} < \delta < \phi + 30^{\circ}$  arasında seçilmelidir. Ayrıca genel hata incelemesine göre meridyen zaman tayininde gözlem yapılacak yıldızların seçiminde en uygun durum tüm güney yıldızları zenit uzaklıkları toplamının tüm kuzey yıldızları zenit uzaklıkları toplamına eşit veya az farklı olması gerektiği sonucuna varılmıştır (Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984).

#### 7.4. Döllen Yöntemi

Meridyen yöntemi ile zaman tayininde çok sayıda yıldızın gözlenmesi zorunluluğu nedeni ile gözlem aleti 1-2 saat gibi oldukça uzun bir süre stabil kalmalıdır ve ayrıca alet meridyen doğrultusuna hatasız olarak yöneltmiş olmalıdır. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için yıldızın, kutup yıldızının güneyinden geçişi gözlenerek de zaman tayini yapılabilir. Yöntemin temel düşüncesi çok eskidir. Fakat Döllen bunu 1863 ve 1874 de uygun bir şekle soktuğundan yöntemine ismini vermiştir ( Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Arslan 1997).

Bu yöntemin ilkeleri, yıldız geçişlerinin tam meridyen yerine kutup yıldızının düşey dairesinde gözlenmesidir. Polaris in düşey dairesi meridyenle çok küçük bir açı yaptığı için Meridyen yöntemindeki üstünlüklerin çoğu yine korunmaktadır. Yıldız bu düşey daireyi de yine pratik olarak meridyendeki hızıyla geçer. Yıldız cildinden yeterli

sayıda yıldız bulunabilir. Polaris ve bir güney yıldızından oluşan her yıldız çifti bağımsız bir zaman tayini sağlar. Esasen bu yöntemin başta gelen üstünlüğü de buradadır. Ancak bu yöntem yalnız yerin kuzey yarıküresinde uygulanabilir ve çok küçük enlemlerde uygulanması pek faydalı değildir. Güney yarıkürede Octantis pek uygun değildir. Çünkü çok daha sönüktür ve bu yüzden kolayca bulunamaz.

Döllen yönteminde gözlemlerin değerlendirilmesi karışık ve çok işlemlidir. Ancak bu zorluk, bugün elektronik hesap makinalarının kullanılması ile önemini kaybetmiştir ( Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Arslan 1997)..

## 7.5. Simetrik Gözlemlerle Zaman Tayini

Bir yıldızın görünen günlük yörüngesi her yerde o yerin meridyenine göre simetriktir. Dolayısı ile bir yıldız meridyenin doğusunda ve batısında meridyenden eşit uzaklıklarda eşit zenit uzaklığı altında görülür. O halde yıldızın sabit bir zenit uzaklığında yani simetrik konumunda  $T_e$  ve  $T_w$  zamanları gözlenmiş ise, yıldızın meridyenden üst geçiş zamanı

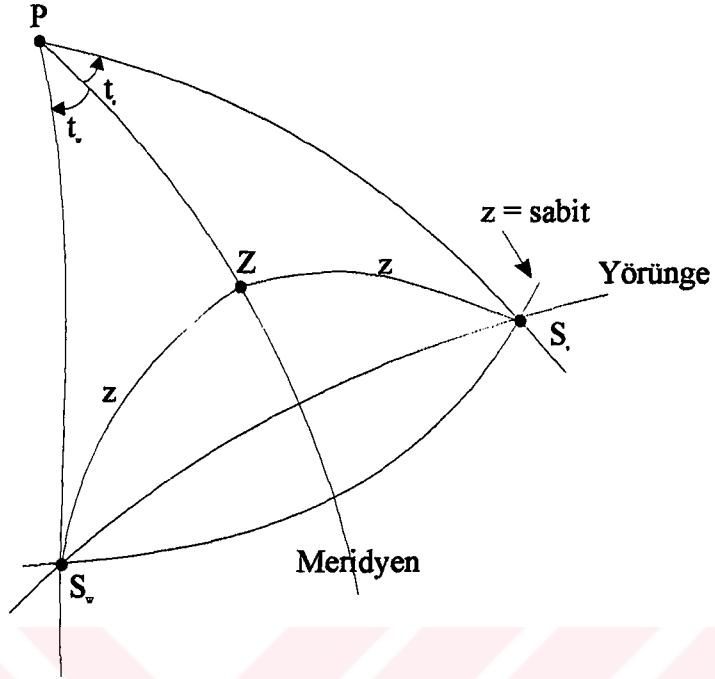
$$T = \frac{T_e + T_w}{2} \quad (7.3)$$

olur. Zira Şekil 7.3 e göre  $t_w = -t_e$  dir. Yıldız üst geçişte iken  $t = 0$  olduğundan  $\Delta T$  saat düzeltmesi ise

$$\Delta T = \alpha - T \quad (7.4)$$

den hesaplanır.

Böylece durak noktasının enlemine ve başka bir hesaba gerek kalmadan  $\Delta T$  saat düzeltmesi belirlenmiş olur. Hassas bir sonuç alabilmek için zenit meridyen dolaylarında yavaş değiştiği için gözlem yapılmamalıdır. Fakat  $t$  aralığı büyüdükçe gözlem için beklenecek süre o oranda uzamış olacağından, alet ve dolayısı ile dürbünün stabil kalmasının temininin zorlaşması yöntemin sakıncalı yönüdür ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984 )



Şekil 7.3

## 7.6. Kwee- Van Woerden Yöntemi

Kwee- Van Woerden yöntemi, ışık eğrisindeki minimum ışığa karşılık gelen zamanı saptamak için sadece yıldızın ışık eğrisinde minimuma girdiği ve minimumdan çıktığı kısmının alınması yeterlidir. Bu yöntem astronomlar tarafından çok yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. (Altınsoy G., Şenol Ö., 1997)

## 8. AZİMUT BELİRLEME

Azımüt ölçmeleri, gözlem noktasından, diğer nirengi noktasındaki gözleme plakası ile belirtilen başka bir yer noktasına ait doğrultuyu belirtmeye yarar. Astronomik azımüt ölçmelerinin büyük önemi jeodezik ağların yönlendirilmesi ve kontrol edilmesinden ibarettir.

Azımüt ölçmeleri, nirengi noktasındaki gözleme plakası ile bağlantı kurulması yoluyla herhangi bir yıldızda uygulanabilir. Fakat yıldızın yeri azımüt ölçmelerinde kaçınılmaz ölçme alet hataları en az etkili olacak şekilde seçilmelidir.

Yıldızların seçimine göre azımüt hesaplamalarında da hem gözlem yeri yıldız zamanının ve hem de gözlem yeri enleminin tam değerleri ile bilinmesi gerekmez. Bu her iki değerden birisi azımütla birlikte yıldızın geçiş zamanlarından faydalanılarak hesaplanabilir. Gözlem yerinin yıldız zamanı biliniyor kabul edilirse azımütun istenen her doğrultu için aynı hassasiyette tayin edileceği söylenebilir. O halde gözleme plakasının hangi azımütta olduğunun bir önemi yoktur.

Orta ve yüksek enlemlerde azımüt tayini için kutba yakın yıldızlar gözlenir. Yıldızlar kutba ne kadar yakın iseler o nispette uygun düşerler. Çünkü bu yıldızların hareketleri çok yavaştır. Dünyanın kuzey yarıküresinde 2.12 derece parlaklığı ve üniversal aletlerle gündüz bile kolayca görülebilme üstünlüğü olan en uygun yıldız Polaris tir. O halde Polaris le günün her saatinde azımüt tayini yapılabilir.

$\lambda$  Ursae Minoris de 6.5 parlaklığı ile kutba çok yakın bulunmaktadır. Bu yıldız Polaris in uygulama için fazla parlak olması nedeniyle daha uygundur. Ancak  $\lambda$  Ursae Minoris in bulunması daha güçtür ve gündüz gözlemleri için uygun değildir. Güney yarı küresi için 5.5 derece parlaklığı olan  $\sigma$  Octantis için yukarıda söylenenler geçerlidir.

Azımüt belirleme yöntemlerinden bazıları ; Kutup Yıldızının Saat açılarıyla Azımüt Tayini (Doğrultu Yöntemi), Kulminasyona Yakın Yıldızların Saat Açılıyla Azımüt Tayini, "Pole Star Table" Çizelge Değerleri ile Azımüt Tayini, Yıldızların Zenit

Uzaklığı İle Azimut Tayini, Güneşin Saat Açılıyla Azimut Tayini, Güneşe Simetrik Gözlemlerle Azimut Tayini, Eşit Yükseklik Açılıyla Azimut Tayini, Zenit Uzaklığının Değişim Hızından Yararlanarak Azimut Tayini olarak sayılabilir ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Arslan 1997 ).

### 8.1. Kutup Yıldızının Saat Açısı ile Azimut Tayini

Coğrafi koordinatları bilinen bir P ( $\phi$ ,  $\lambda$ ) noktasında bir S ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) yıldızını gözlem yaparak yıldızın düşey gözlem çizgisinden geçiş anı T kaydedilmiş ise,  $\Delta T$  saat düzeltmesi olmak üzere yıldızın saat açısı

$$t = T + \Delta T - \alpha \quad (8.1)$$

bağıntısı ile ve yıldızın astronomik azimutu ise

$$\cot a = \frac{\sin \phi \cos t - \cos \phi \tan \alpha}{\sin t} \quad (8.2)$$

veya

$$\tan M = \frac{\tan \delta}{\cos t}, \quad \tan a = \frac{\tan t \cos M}{\sin(\phi - M)} \quad (8.3)$$

bağıntıları ile hesaplanır. Gözlemde ortalama zamana göre işleyen bir saat kullanılıyorsa, T gözlem zamanı saatin gidiş hatsına göre düzeltildikten sonra yerel yıldız zamanı bulunarak

$$t = \theta - \alpha \quad (8.4)$$

yıldızın saat açısı elde edilir. Günlük aberasyon etkisi yıldız koordinatlarının bulunmasında dikkate alınacağı gibi, kolaylık bakımından bulunacak a azimutuna

$$da = -0''.32 \cos \phi \cos a \cos ecz \quad (8.5)$$

bağıntısına düzeltme olarak da getirilebilir.



Yıldız ile bir yer noktası (N) arasındaki  $\beta$  açısı da ölçülmüş ise, N noktası doğrultusunun jeodezik azimutu

$$A_N = a \pm 180^\circ + \beta \quad (8.2)$$

olur.

Yatay açı  $\beta$  nın bulunmasında alet hatalarının dikkate alınması gerekir. S yıldızına gözlemde aletin muylu eksen eğikliği  $i$ , N yer noktasına gözlemde  $i_N$ , Aletin kolimasyon hatası  $c$ , S yıldızının zenit uzaklığı  $z_S$  ve N noktasının zenit uzaklığı  $z_N$ , S yıldızına gözlemde yatay açı bölüm tablasındaki okuma  $L_S$  ve N yer noktasında gözlemde  $L_N$  ise

$$\beta = L_N - L_S - i_S \operatorname{ctgz}_S + i_N \operatorname{ctgz}_N \pm c(\operatorname{cosecz}_S - \operatorname{cosecz}_N) \quad (8.3)$$

yıldız ile yer noktası arasındaki yatay açığı veren bağıntı yazılır. Yıldız ve yer noktasına aletin her iki durumunda gözlem yapıp ortalaması alındığında kolimasyon ve muylu eksen hatası etkileri yok olur. Ancak dürbünün iki durumunda gözlem yapmak suretiyle muylu eksen hatası ile aynı olan asal eksenin eğiklik hatası yok edilemez ve bu hata düzeç okumaları ile ölçülerek  $\beta$  açısının hesabında dikkate alınmalıdır. Ayrıca yatay açı bölüm tablasının daire bölüm hatalarının sistematik etkisini yok etmek içinde bölüm tablasının değişik yerlerin de birden fazla ölçü yapılmalıdır.

Eğer hedef , dürbünün her iki durumunda gözlenir ve okumaların ortalaması alınrsa, kolimasyon hatasının etkisi yok olur. Bu yüzden azimut ölçmelerinde mutlaka dürbünün iki durumunda gözlem yapılır. Ancak yıldız gözlemlerinde iki durum arasında geçen zamanda yıldızın zenit uzaklığının değiştiği göz önünde tutulmalıdır. Her iki durumdaki gözlem birbiri ardına yapılmışsa, cosecz deki değişim çok küçük olacaktır ve kolimasyon hatasının da çok küçük bir değerde olacağı nedeniyle  $c \cdot \operatorname{cosecz}$  için pratik olarak hiçbir değer değişimine yol açmaz. Bu durum çok yavaş hareket eden Kutup yıldızı için her zaman geçerlidir.

enlemlerde büyük kutup uzaklıkları olan ve bu yüzden zenit uzaklıkları çabuk değişen yıldızlara gözlem yapılıyorsa dikkatli olunmalıdır.

Bu arada, gözleme plakasına bakıştaki daire okumasında asal eksen eğikliğinin önemsiz olduğuna işaret etmek gerekir. Çünkü gözleme plakası genellikle ufka yakın bulunur. Yani  $\cotan z$  değeri her zaman çok küçüktür. O halde asal eksen eğikliğinin hatası çok küçüktür ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984 ).

## 8.2. Kutup Yıldızının Zenit Uzaklığı ile Azimut Tayini

Enlemi bilinen bir noktada bir yıldızın zenit uzaklığı ölçülmüş ise, ölçülen zenit uzaklığı refraksiyon nedeni ile düzeltildikten sonra yıldızın  $a$  azimutu

$$\begin{aligned} \cos a &= \tan \phi \cot \delta \sin z - \frac{\sin \delta}{\cos z \sin z} \\ &= \frac{\sin \phi \cos z - \sin \delta}{\cos \phi \sin z} \end{aligned} \quad (8.1)$$

bağıntısı ile bulunur.

Bu yöntemin üstünlüğü, yıldız gözlem zamanının kesin olarak bilinmesine gereksinim duyulmamasıdır. Yıldız deklinasyonunun yıldız almanaklardan enterpolasyonla alınabilmesi için gözlem zamanının yaklaşık olarak bilinmesi yeterlidir. Zenit uzaklığı ve yatay açının birlikte ölçülmesi gerektiğinden, yıldız yatay ve düşey gözleme çizgilerinin kesişme noktasında gözlem yapılmalıdır ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Arslan 1997 ).

## 8.3. Kulminasyona Yakın Yıldızların Saat Açılıyla Azimut Tayini

Referans noktası ile aletin düşey düzlemi arasındaki yatay açı ölçülür ve yıldızların meridyenden geçiş zamanındakine benzer olarak düşey düzlemin azimutu belirlenir. Düşey yükseklik açısına sahip bir güney ve mümkün olduğu kadar kutba

yakın bir kuzey yıldızı olmak üzere üst kulminasyona yakın iki yıldız gözlenmelidir. Yıldız çiftinin üst geçişteki kronometre zamanlarını kaydederek alet hataları da giderilir. Referans noktası ile düşey düzlem arasındaki yatay bu düzeltmeler uygulanarak işaretin azimutu belirlenir.

Bu yöntem de ölçülen saat açısının ve kabul edilen enlem ile aletin yatay ekseninin eğimine kulminasyona bağlı sistematik hataların giderilmesi için en uygun koşulları ihtiva eder ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984 ).

#### 8.4. Pole Star Table ile Azimut Tayini

$b_0$  : yerel yıldız saatine

$b_1$  : ölçü yapılan yerin enlemine

$b_2$  : ölçü yapılan aya göre almanaklardan alınır.

Yıldız almanaklarında “Pole Star Table” başlığı altındaki çizelgelerde kutup yıldızı ile azimut tayini için gözlem yeri yıldız zamanı, gözlem yerinin yaklaşık enlemi ve yılın aylarına karşılık  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  değerleri verilmiştir. Bu değerlere göre kutup yıldızının gözlem anında meridyenin kuzeyinden itibaren azimutu

$$A = \frac{1}{\cos \phi} (b_0 + b_1 + b_2) \quad (8.4)$$

bağıntısı ile hesaplanır.  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$  değerleri çizelgede derece dakikası birimindedirler ve artı eksi işaretli olabilirler. Gözlemler grad bölümlü daireler ile yapılmışsa, azimutun grad biriminden elde edilebilmesi için,  $1' = 0.0185185^s$  olduğundan,  $(b_0 + b_1 + b_2)$  değerleri toplamının 0.0185185 ile çarpılması gerekir ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984, Turgut 1996 ).

#### 8.5. Güneşle Azimut Tayini

Güneş doğduktan sonra yörüngesinde gittikçe yükselerek yerel meridyene kadar gelir. Yerel meridyene iken en büyük yükseklik açısına ulaşır. Bundan sonra

batıncaya kadar alçalır. Güneş öğleden evvel ve öğleden sonra aynı yükseklik açısı kadar yüksekte iken yerel meridyenden aynı uzaklıktadır.

Buradan yararlanılarak güneşe gözlem yaparak güneşin t saat açısı veya z zenit uzaklığı ile de azimut tayini yapılabilir. Ancak güneş koordinatlarının yıldız koordinatlarına göre daha az hassasiyette olması ve güneşe yapılacak gözlemlerdeki sistematik hatalar dolayısıyla yıldızlar ile elde edilen inceliğe ulaşamaz. Bu nedenle  $\pm 5''$  nin altında incelik istenen durumlarda güneşle azimut tayini yapılmamalıdır ( Erbudak ve Tuğluoğlu 1984 ).



## 9. ÇEKÜL SAPMALARI

Jeodezi sözcüğü Yunanca kökenlidir ve başlangıçta arazi ölçü sanatı ve sınır belirlemesi anlamında kullanılmıştır. Bugün ise jeodezi, yeryuvarının bütünü ve ayrıntılarının belirlenmesi bilimi olarak tanımlanır.

Jeodezik ölçülerin yeryüzü üzerinde yapılmasını göz önünde bulunduran Alman bilgini Helmert 1880 yılında jeodeziyi “Yer yüzeyinin ölçülmesi ve bir referans yüzeyine (hesap yüzeyine) izdüşürülmesi bilimi” olarak tanımlamıştır.

Ölçülerin üzerinde yapıldığı yüzey olan fiziksel yeryüzünün çok karmaşık bir şekil olması nedeniyle yeryuvarının biçimi olarak, ölçülerin değerlendirilebilmesi ve hesapların yapılabilmesi için daha basit yüzeyler kullanılır. Bunlar geometrik olarak tanımlanan elipsoid ve fiziksel olarak tanımlanan ve ağırlık potansiyelinin nivo yüzeylerinden biri olan jeoid yüzeyidir.

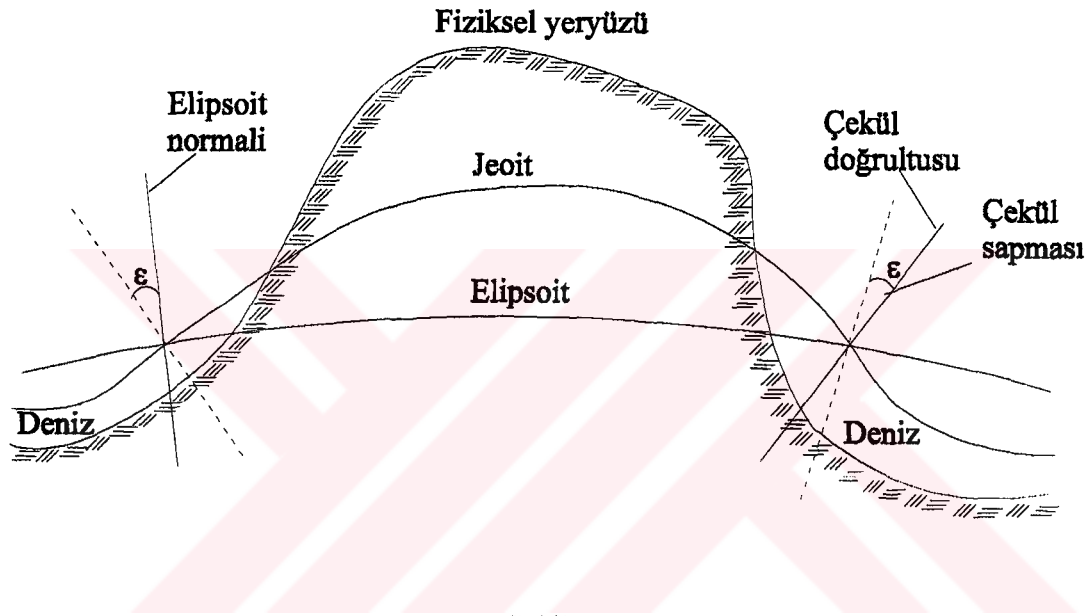
Çekül doğrultusu veya düşey doğrultu bir başka deyişle yer çekimi doğrultusu insan yaşamına, Newton çekim kanunundan ve jeodezi olayından yıllar önce girmiştir. Bunlara örnek olarak duvarcı çekülü, duvarcı düzeci gösterilebilir. Nirengi çalışmalarına ilişkin jeodezik amaçlı ölçüler fiziksel yeryüzünde yapılmaktadır ve bu ölçülerde kolaylıkla belirlenebilen ve en ideal doğrultu olan çekül doğrultusu esas alınmaktadır. Fiziksel yeryüzündeki bir noktanın elipsoid üzerindeki konum ve matematiksel bağıntıların kurulmasında elipsoid normalinin önemi büyüktür.

“Çekül doğrultusunun jeodezide özel bir yer edinmiş genel bir kavram olmasına karşılık, çekül sapması sadece jeodeziye ait bir kavramdır. Bunun ortaya çıkışı, daha doğrusu uygulamada yerini alışı da 19. Yüzyılın ikinci yarısına rastlar. Buradaki anlamıyla çekül sapması, aslında bir doğa olayı olmayan, ancak, doğa gerçeklerine ulaşma uğraşında önerilen bir düşünsel modelden kaynaklanan ve yeryuvarını biçimiyle ilgili bilgi birikiminde ayrıntılar önem kazanmaya başlayınca ortaya atılan bir kavramdır.” (Gürkan 1979, Turgut 1989)

Harita yapım amaçları yanında üst düzeyde pratik yaşamı da ilgilendiren, sorunlarla karşılaşıldığında jeoid şeklinin bilinmesi gerekir. Jeoidin referans yüzeyine

göre konumu, ya “jeoid yüksekliği” denilen, iki yüzey arasındaki yükseklik farkı ile veya “Çekül sapması” ile belirlenir.

Çekül sapması : doğal çekül doğrultusu ile referans yüzeyinin yüzey normali yani “matematiksel çekül doğrultusu” arasındaki açısal farktır (Şekil 9.1). Çekül sapmasının iki bileşeni vardır. Birisi, kuzey-güney doğrultusundaki  $\xi$  ve ötekide doğu-batı doğrultusundaki  $\eta$  bileşenidir.



Şekil 9.1

Kullanılan referans yüzeylerine göre çekül sapmaları şöyle tanımlanabilir.

Rölatif çekül sapması (Astro – Jeodezik çekül sapması) : Referans olarak seçilen elipsoide bağlı olarak değişen çekül sapmasıdır. Astro – Jeodezik olmasının nedeni ise doğal çekül doğrultusunun astronomik olarak matematik normalin ise jeodezik olarak belirlenmesidir.

Mutlak çekül sapması : Herhangi bir elipsoid yerine dünya elipsoidi alınarak bulunan çekül sapmasıdır.

Çekül sapmasını oluşturan doğrultulardan birisi olan normal gravite vektörünün teorik olmasından dolayı çekül sapması doğrudan ölçülemez, ancak

hesaplanabilir. Hesaplama işlemleri iki yolla yapılır. Birincisinde çekül sapmasını oluşturan doğrultular ayrı ayrı tanımlanıp arasındaki fark bulunabilir, ikincisi ise aradaki fark doğrudan hesaplanabilir. Böylece çekül sapmaları hesaplama yöntemleri ve buna paralel olarak çekül sapmasını oluşturan doğrultuların tanımlandığı koordinat sistemlerinin konumlarına göre özel adlar alırlar. Bunlar ,

- 1) Astro Jeodezik çekül sapması,
- 2) Gravimetrik çekül sapması,
- 3) Topoğrafik- İzostatik çekül sapması

dır (Gürkan 1979, Turgut 1989).

### 9.1.Astro Jeodezik Çekül Sapması

$\Lambda$  : Astronomik boylam

$\Phi$  : Astronomik enlem

$\phi$  : Jeodezik enlem

$\lambda$  : Jeodezik boylam

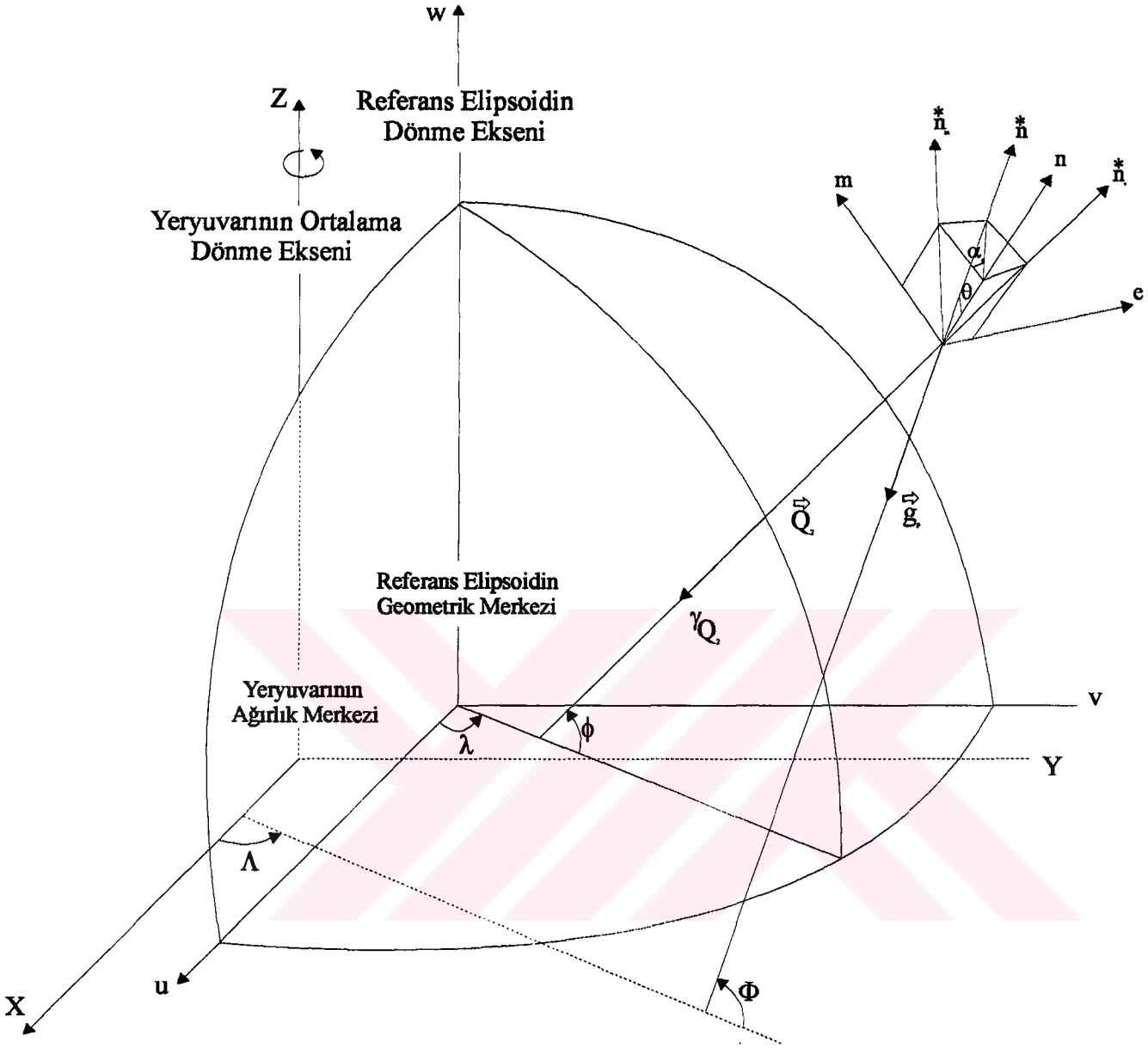
$e$  : Jeodezik doğru

$m$  : Jeodezik kuzey

$n$  : Jeodezik başucu

$\overset{\cdot}{n}$  : Astronomik başucu

Bu yöntemde söz konusu doğrultular ayrı ayrı tanımlanarak aralarındaki fark ile çekül sapması bileşenleri bulunur.



Astro jeodezik çekül sapması

Şekil 9.2

Gerçek gravite vektörünün doğrultusu (ya da astronomik başucu) jeodezik astronominin bir ürünü olarak astronomik gözlemlerle bulunur. Astronomik boylam ( $\Lambda$ ) ve astronomik enlem  $\Phi$  ile tanımlanan bu büyüklükler Şekil 9.2 de gösterilen açılardır. Buradaki X, Y, Z eksenlerinin temsil ettiği doğal ortak koordinat sistemi,



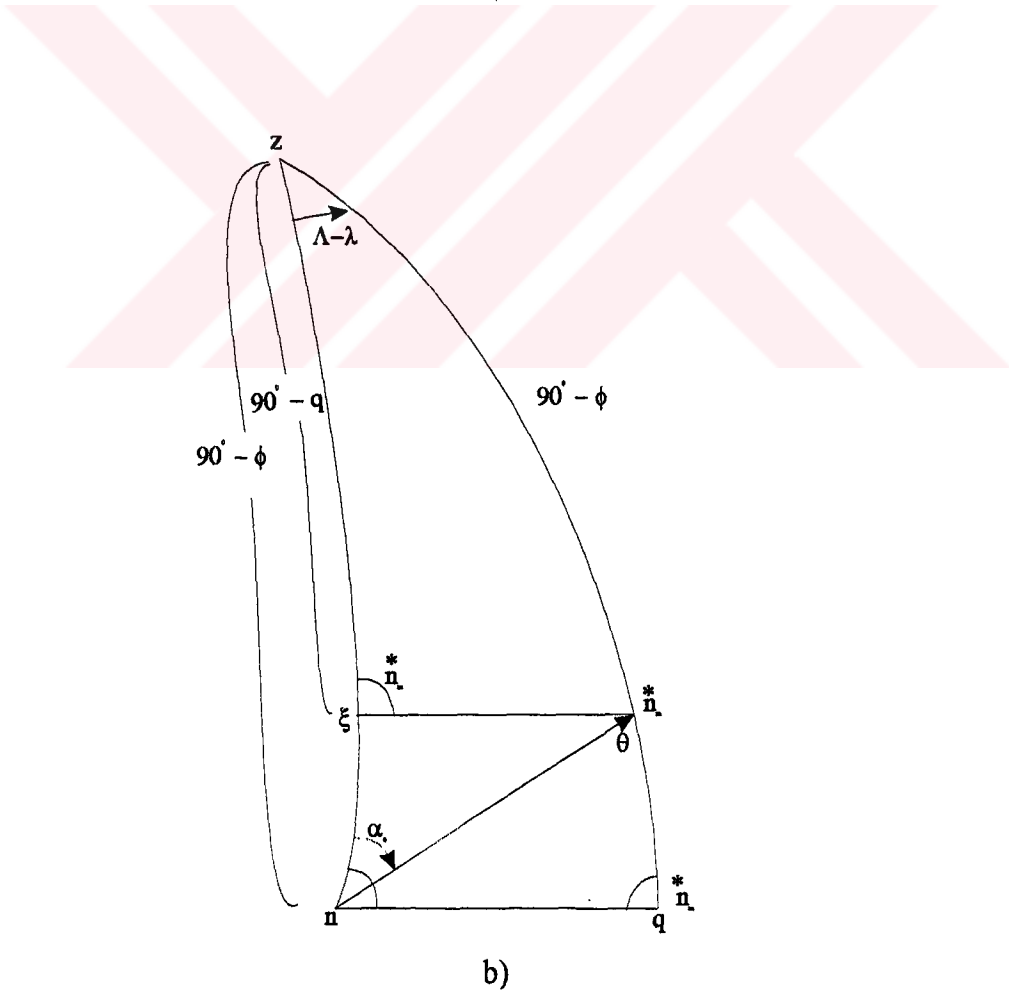
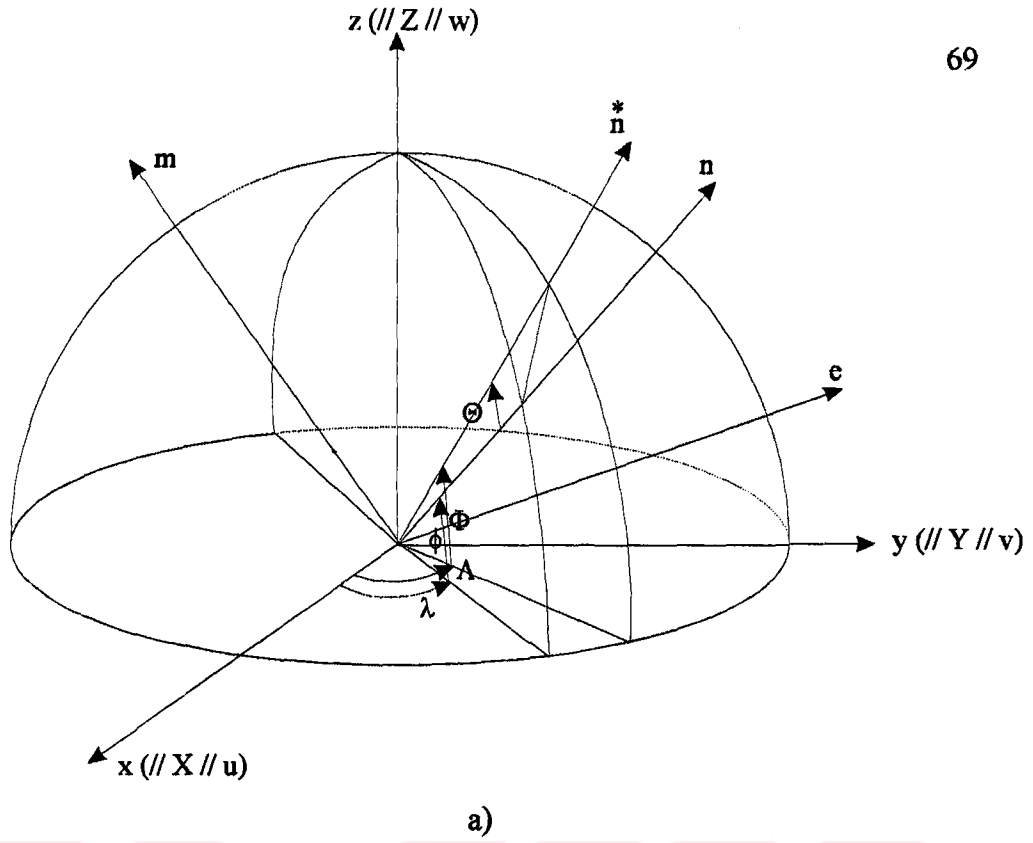
katı yeryuvarına bağlıdır ve gerçek gravite alanının tanımlanmasında kullanılan sistemdir.

Standart gravite vektörünün doğrultusu (ya da jeodezik başucu) triyagülasyon, trilaterasyon vb. jeodezik ölçme ve hesaplamalarla üretilir. Jeodezik boylam  $\lambda$  ve jeodezik enlem  $\phi$  ile tanımlanan büyüklükler de Şekil 9.2 de gösterilmiştir. Buradaki u, v, w eksenlerinin temsil ettiği referans ortak dik koordinat sistemi, referans elipsoide bağlıdır ve genellikle standart gravite alanının tanımlanmasında kullanılır.

X, Y, Z ile u, v, w eksenlerinin karşılıklı özdeşlikleri bir ideal durumdur. Yapay yer uydusu yöntemlerinden yararlanılmaksızın yersel geometrik yöntemlerle bu gerçekleştirilemez. Ancak eksenlerin paralelliği sağlanabilir ve tüm uygulamalarda bunun sağlanmış olduğu varsayılır.

Astro jeodezik çekül sapması hesaplamalarında geometrik yöntemlerden yararlanılan uygulamalarda gravite alanları hesaba karıştırılmaz. Geometrik şekil olarak bir referans elipsoid ve Helmert izdüşüm söz konusudur. Doğrultuların tanımlanmasındaki bütünlüğü sağlayıcılar olarak  $\vec{g}_p$  ve  $\vec{\gamma}_{Q_2}$  gravite vektörleridir.

Herhangi bir noktaya ilişkin çekül sapması bileşenlerinin  $(\eta, \xi)$ , o noktaya ait astronomik  $(\Lambda, \Phi)$  ve jeodezik  $(\lambda, \phi)$  verilerden hesaplanmalarını sağlayacak eşitliklerin çıkarılması için, merkezi P noktasında olan birim yarıçaplı bir küre düşünülür. Ayrıca, P noktasından, birbirine paralel olan X ve u ve Z ve w eksenlerine birer paralel çizilerek x, y, z eksenleri oluşturulur.



Şekil 9.3

Şekil 9.3.a, bu kürenin kuzey kutup tarafında kalan yarısını temsil etmektedir. Eğer eksenlerin bu birim küreyi deldikleri noktalar kendi simgeleriyle gösterilirse küre yüzeyinde  $z, n, n^*$  noktaları bir küresel üçgen oluşturur (Şekil 9.3.b). Toplam çekül sapması ( $\theta$ ), onun azimutu ( $\alpha_\theta$ ), doğu-batı bileşeni ( $\eta$ ) ve kuzey-güney bileşeni ( $\xi$ ) astronomik ve jeodezik verilerle aynı küresel üçgende toplanmış olurlar. Bu küresel üçgenlerden ( $z, n, n_e^*$  ve  $z, n, n_m^*$ ) trigonometri bilgileriyle

$$\begin{aligned}\sin \eta &= \sin(\Lambda - \lambda) \cos \phi \\ \cos(\Lambda - \lambda) &= \tan \Phi \cot q \\ \xi &= \left(\frac{\pi}{2} - \phi\right) - \left(\frac{\pi}{2} - q\right)\end{aligned}\tag{9.1}$$

eşitlikleri yazılır.  $\eta$  ve  $(\Lambda - \lambda)$  küçük açılardan sinüsleri yerine radyan değerleri, cosinüsleri yerine birim alınmakla yapılacak hata, pratiğin göz ardı edebileceği miktardadır. Böylece (9.1) eşitliği

$$\begin{aligned}\eta &= (\Lambda - \lambda) \cos \phi \\ \xi &= \Phi - \phi\end{aligned}\tag{9.2}$$

yazılır. Çekül sapması bileşenleri astronomik ve jeodezik veriler kullanıldığından bunlara astro jeodezik çekül sapması bileşenleri adı verilir.

Bugün ülkemizde 99 tane noktada astronomik gözlemler yapılarak bu noktalarda astro-jeodezik çekül sapması bileşenleri hem Meşedağ datumunda hem de Avrupa datumunda hesaplanmıştır. Bu noktalara “Laplace” noktaları denir. (Gürkan 1979, Turgut 1989)

## 9.2. Gravimetrik Çekül Sapması

Çekül sapmasının meydana gelmesinde rol oynayan etken dünya kütle dağılımının homojen olmamasındandır. Yer çekimi ivmesi, diğer bir adıyla  $g$  yerin kütle yoğunluğu ve bunun dağılımına bağlıdır. Gravimetrik çekül sapması  $g$  nin indirgenmesi ile bulunan  $\Delta g$  ağırlık anomalilerinin fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Bu şekilde elde edilen çekül sapmaları mutlak çekül sapmalarıdır.

Karaların altından da uzandığı düşünölen durgun deniz yüzeyine fiziksel yeryüzünün matematiksel şekli denir. 1872 yılında Listing bu yüzeye jeoid adını vermiştir. Ağırlık anomalileri  $\Delta g$  ler biliniyorsa jeoidin elipsoidden olan yükseklikleri  $N$  ve dolayısı ile gravimetrik çeköl sapması hesaplanabilir.

Gravimetrik çeköl sapmasıyla astrojeodezik çeköl sapmalarının sayısal değerler olarak karşılaştırılabilmesi için, her şeyden önce astrojeodezik çeköl sapmalarının mutlak çeköl sapmaları olması gerekir. Ayrıca, gravimetrik çeköl sapmaları da dolaylı etkiden arındırılmış olmalı ve her ikisi de ya yeryüzündeki bir noktaya ya da jeoidin yüzeyindeki bir noktaya ait olmalıdır. Tüm bunlar gerçekleştirilmiş ise aradaki sayısal farkların, ölçü hataları ve hesaplamalarda göz ardı edilen miktarlarla açıklanabilmesi ve bir rasgele dağılıma uyması gerekir.

Gravimetrik çeköl sapmasının iki önemli özelliği vardır. Birincisi, hesaplanan değerlerin mutlak oluşudur. Diğeri ise mutlak olarak hesaplanan çeköl sapmaları müşterek bir sisteme ait olduklarından dünya jeodezik sitemin teşkilinde en önemli unsur olarak gereklidirler. İstenen her noktada tesbiti mümkün olan gravimetrik çeköl sapmaları lokal jeoid etütlerini mümkün kılar.

Astro-jeodezik çeköl sapmaları ile gravimetrik çeköl sapmalarının yeterli noktalardaki karşılaştırılmaları, o ülkede kullanılmış olan izdüşüm elipsoidinin uygunluğu hakkında bize bilgi verecektir. (Gürkan 1979, Turgut 1989)

### 9.3. Topoğrafik – İzostatik Çeköl Sapması

Gerek astro jeodezik, gerekse gravimetrik çeköl sapması bileşenlerinin hesaplanmasında kullanılacak veriler için arazide ölçüler yapılması kaçınılmazdır. Topoğrafik – İzostatik çeköl sapması bileşenlerinin hesaplanmasında kullanılacak veriler topoğrafik haritalardan yeryüzü engebeleri belirlenerek toplanır. Buradaki temel düşünce, yeryuvarını oluşturan kitlelerin yoğunluk dağılımına ilişkin bazı varsayımlara dayanmaktadır.

Jeoid dışında kitle olmadığı, yer kabuğunu standart kalınlık ve yoğunlukta olduğu, yer kabuğu içindeki kitlelerin yoğunluk dağılımında ve jeoidin dönel elipsoid

olduğu varsayılırsa , yerin gerçek ve normal gravite alanlarının özdeşliklerinden söz edilebilir. Ancak jeoidin dışında yani deniz yüzeyinin dışında kitlelerin varlığı görünen bir gerçektir. İşte bunların çekül doğrultusuna olan etkilerine topoğrafik çekül sapması adı verilir. (Gürkan 1977, Ayhan 1982, Turgut 1989)



## 10. SAYISAL UYGULAMA

### 10.1. Astronomik Gözlemler

Gök cisimlerine uygulama yapmadan önce gözlem planları hazırlanmıştır. Gözlem planları yaklaşık olarak şöyle hazırlanır.

- 1 ) Gözlem yapılacak gün belirlenir.
- 2 ).Gözlem yapılacak gün için hava durumu tahmin raporlarına bakılarak gözlem yapmanın uygun olup olmadığına bakılır.
- 3 ) Gözlem yapılacak yöntem belirlenir.
- 4 ) Astronomik gök atlasından veya yıldız almanaklarından gözlem yapılacak yıldız veya yıldızlar belirlenir.
- 5 ) Belirlenen yöntemine göre yıldızların meridyenden (veya birinci düşeyden) geçişleri hesaplanır.
- 6 ) Astronomik gözlemlere uygun gözlem aletleri kullanılarak gözlemler yapılabilir.

Astronomik gözlemler Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüs yerleşim bölgesinde Kampüs GPS Test Ağında 02, 13, 14, 15, 16, 17 no lu noktalarda toplam 6 noktada yapılmıştır. Gözlemlerde, astronomik gözlemler için üretilmiş olan Kern DKM 3-A üniversal teodoliti, Omega OTR6 yazıcısı, Drake R7 zaman alıcısı ve ışıklandırma tertibatı, gözlenecek yıldızların belirlenmesinde Ege Üniversitesi' nin hazırladığı Astronomik Gök Atlası, hesaplamalarda ise Harita Genel Komutanlığı'nın hazırlanmış olduğu Astronomik Almanak kullanılmıştır.

Gözlemlerde kullanılan Kern DKM3 – A teodolitinin özelliklerinden bazılarını şöyle sıralayabiliriz.

1 ) Dürbün objektif açıklığı 72 mm, dürbün büyütme gücü 45 X veya 27 X ve en kısa gözlem uzaklığı  $\approx 19$  m dir.

2 ) Gözleme ve açı okuma oküleri aletin yan tarafında olduğu için gözlem kolaylığı sağlar.

3 ) Gözlem dürbünü kısadır. Dürbünün kısalığı ve düşey eksen etrafında  $360^{\circ}$  dönme özelliği, yıldız zenit doğrultusunda olsa bile ölçü yapma kolaylığı sağlar.

4 ).Yıldız gözlemlerinde uygulanacak yöntem göre, hem açı ölçmeleri hem de düzeç okumaları ile gözlem yapma olanağı sağlanmıştır.

5 ) Açı okuma düzeni derece birimindedir.

6 ) Gözlemlerde zamanı kaydetmek için teodolit ile yazıcı arasında bir kablo bağlantısı sağlanmıştır.

7 ) Teodolit üzerinde açı daireleri ve düzeçlerin okunması için ışıklandırma olanağı sağlanmıştır.

8 ) Dürbünün görüş alanında, yıldızlara gözlemi sağlayacak, birbirine dik gayet ince gözleme çizgilerinden oluşan ölçme işaretleri bulunmaktadır.

9 ) Gözlem anında, gözlem dürbünü içersinde yıldız ile hareketli gözleme çizgisinin üst üste olmasına çaba gösterilir. Bu arada gözlem anını kaydetmek için gözleme çizgisine üniform aralıklarla ince bir kontak şeridi taşıyan bir tambur bağlanmıştır. Bu tambur kontak şeridi yardımı ile her defasında yazıcıda, eskiden gözleyicinin bir tuş ile sağladığı gibi, bir elektrik devresini kapatır. DKM3 –A da böyle 10 kontak şeridi vardır.

Omega OTR 6 ölçüm sonuçlarını yazan bir ölçme cihazıdır. Bu cihazın bazı özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

1 ) Günlük zaman saati ve yazıcı birbirinden bağımsız arzu edilen zamana ayarlanabilir.

2 ) Uygun zaman ölçme metoduna göre 3 değişik ölçme metoduna ayarlanabilir.

3 ) Yazıcı üzerindeki zaman saati, harici zaman sinyali ile ayarlama yapılabilir.

4 ) Yazıcı aynı anda iki farklı besleme kaynağı ile çalışabilir (Kuru piller ve 12 V luk akü).

5 ) Günlük zaman saatinin hassasiyeti 1/100 sn dir.

Gözlemlerde kullanılan Drake R7 zaman alıcısının bazı özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

1 ) Frekans ayarları dijital göstergelidir.

2 ) İki çeşit anten girişi mevcut olmasına rağmen antenlerin kullanılışı bakımından 6 değişik yapıya sahiptir.

3 ) Kısa ve orta yayın dalgalarında çalışma olanağı sağlar.

4 ) Ses ve frekans ince ayarları yapılabilir.

5 ) Zaman sinyalinin yazıcıya gönderilmesi için harici bir çıkışa sahiptir.

## 10.2. Enlem Belirleme

Yapılan astronomik gözlemlerde Sirkum - Meridyen Zenit Uzaklıkları Yöntemi kullanılmıştır. Gözlemlerden önce seçilen yıldızların meridyenden geçiş zamanları hesaplanmıştır. Yıldız yaklaşık olarak meridyene girmeden 10 dakika önce gözlemlere başlanmış ve olabildiğince sık olarak yıldız gözlem yapılmıştır. Yıldız meridyen geçişinden 10 dakika sonrasına kadar gözlemler devam etmiştir. Gözlemlerde yıldızın geçiş zamanları kaydedilmiş ve yıldızın zenit uzaklığı ölçülmüştür.

Yöntemin üstünlüğü meridyen doğrultusunun tam olarak yerinin bilinmesine gerek olmaması ve havanın hafif kapalı olduğu zamanlarda çok iyi sonuçlar vermesidir.



Gözlemlerde OPHIUCHUS ( Yılcı ) takım yıldızının parlak yıldızı  $\alpha$  OPH, AQUILA ( Kartal ) takım yıldızının parlak yıldızı  $\alpha$  AQL ve PEGASUS ( Kanatlı At ) takım yıldızının parlak yıldızlarından olan  $\epsilon$  PEG kullanılmıştır.

Yersel gözlem sonuçları Kampüs GPS test ağında çalışma yapan Dr. Mevlüt GÜLLÜ' nün çalışmalarından alınmıştır.

### 10.3. Refraksiyon Düzeltmesi

$z$  : Gerçek zenit uzaklığı

$z_0$  : Ölçülen zenit uzaklığı

$t$  :  $^{\circ}\text{C}$  derece

$p$  : Hava basıncı değeri

$R_0$  :  $0^{\circ}\text{C}$  ve 760 mm civa basıncı için kırılma miktarı

$R$  : Ölçülen sıcaklık ve basınç için kırılma miktarı

Yıldızların ışıkları atmosfere girdiklerinde kırılma kanunu uyarınca yollarından saparlar. Dış atmosfer tabakalarının hava yoğunluğu içe doğru ve yere yakın tabakalarda önemli derecede arttığından, ışığın sapması da artar. Işık yolu, eğriliği küçük bir eğridir. Yeryüzündeki gözleyici, yıldızı bu eğrinin gözlem yerindeki teğet doğrultusunda görür. Atmosfere giren ışık ışını, ufuk düzlemine göre, teğetten daha eğiktir veya başka bir deyimle, yıldızın gözlenen zenit uzaklığı gerçek zenit uzaklığından daha küçüktür. Gözlenen zenit uzaklığı ile gerçek zenit uzaklığı arasındaki bu farka refraksiyon denir.

Refraksiyon, zenitte bulunan bir yıldız için sıfırdır. Çünkü ışık düşey gelmesi halinde kırılmaz. Atmosfer düzgün ve küre biçiminde tabakalanmış olarak düşünülürse, refraksiyon değeri zenite göre simetrik durumlarda eşittir ve zenit uzaklığı ile birlikte artar. Refraksiyon miktarı geçilen havanın kütlesine ve hava yoğunluğuna bağlı olup bu da ısı değişikçe değişir. Refraksiyonun en büyük değeri,

en yoğun yani en alçak hava tabakasında elde edildiğinden, refraksiyonun etkisi, iyi bir yaklaşımla gözlem yerinde ısı ve hava basıncının ölçülmesi ile bulunur ( Müller 1973, Erbudak ve Tuğluoğlu 1984 ).

Önemli olan, ölçülen tüm zenit uzaklıklarının mutlaka refraksiyon nedeni ile düzeltilmeleridir. Gerçek zenit uzaklığını elde etmek için ölçülen değeri büyütmeli, yani refraksiyonu buna eklenmelidir.

$$z = z_0 + R_{(z)} \quad (10.1)$$

Refraksiyon değeri  $t$  °C ve  $p$  hava basıncında yapılan bir gözlem için Dale – Gladstone yasasına göre,

$$R = R_0 \frac{273}{273+t} \frac{p}{760} \quad (10.2)$$

olmalıdır. Buna göre  $t$  sıcaklığında ve  $p$  hava basıncında, ufka yakın olmayan gözlemler için, ortalama kırılma miktarının yaklaşık değeri :

$$R = 21'' .7 \frac{p}{273+t} \operatorname{tg} z_0 \quad (10.3)$$

olmalıdır ( Kızılırmak 1977).

Tablo 10. 1

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ OPH
FK. NO	656
PARLAKLIK	2.14
YILDIZ ZAMANI	19 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .96
NOKTA NO	02
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 30' 00"
TARİH	13.07.1998
BASINÇ	669 mm Hg
SICAKLIK	18 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	22 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .60	22 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> .52	22 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .80	22 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .14
To	22 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .83	22 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .83	22 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .83	22 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 49 <sup>s</sup> .83
Z'	25 <sup>o</sup> 25' 59".2	25 <sup>o</sup> 26' 11".5	25 <sup>o</sup> 26' 28".9	25 <sup>o</sup> 25' 52".8
R	23".67	23".67	23".68	23".67
Z	25 <sup>o</sup> 26' 22".87	25 <sup>o</sup> 26' 35".17	25 <sup>o</sup> 26' 52".58	25 <sup>o</sup> 26' 16".5
AST. ENLEM	37 <sup>o</sup> 59' 42".36	38 <sup>o</sup> 00' 20".4	38 <sup>o</sup> 00' 45".69	38 <sup>o</sup> 00' 06".63
ORT.AS. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 13".77			

Tablo 10. 2

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ AQL
FK. NO	745
PARLAKLIK	0.89
YILDIZ ZAMANI	19 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .96
NOKTA NO	13
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 30' 00"
TARİH	14.07.1998
BASINÇ	666 mm Hg
SICAKLIK	15 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	01 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .48	01 <sup>h</sup> 12 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .69	01 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .25	01 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> .50
To	01 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .43	01 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .43	01 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .43	01 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .43
Z'	29 <sup>o</sup> 07' 51".3	29 <sup>o</sup> 07' 58".9	29 <sup>o</sup> 08' 00".6	29 <sup>o</sup> 07' 53".2
R	27".90	27".90	27".90	27".90
Z	29 <sup>o</sup> 08' 19".2	29 <sup>o</sup> 08' 26".6	29 <sup>o</sup> 08' 26".8	29 <sup>o</sup> 08' 21".1
AST. ENLEM	37 <sup>o</sup> 59' 51".57	38 <sup>o</sup> 00' 17".1	38 <sup>o</sup> 00' 27".87	38 <sup>o</sup> 00' 11".3
ORT.AS. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 11".97			

Tablo 10. 3

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ AQL
FK. NO	745
PARLAKLIK	0.89
YILDIZ ZAMANI	19 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> .85
NOKTA NO	14
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 30' 00"
TARİH	21.07.1998
BASINÇ	666 mm Hg
SICAKLIK	17

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	00 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> .85	00 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .96	00 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .15	00 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 55 <sup>s</sup> .70
To	00 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .12	00 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .12	00 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .12	00 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .12
Z'	29 <sup>o</sup> 07' 52".6	29 <sup>o</sup> 08' 00".4	29 <sup>o</sup> 08' 20".4	29 <sup>o</sup> 08' 05".6
R	20".71	20".71	20".72	20".71
Z	29 <sup>o</sup> 08' 19".31	29 <sup>o</sup> 08' 28".11	29 <sup>o</sup> 08' 48".12	29 <sup>o</sup> 08' 33".30
AST. ENLEM	37 <sup>o</sup> 59' 39".27	38 <sup>o</sup> 00' 10".07	38 <sup>o</sup> 00' 49".73	38 <sup>o</sup> 00' 31".6
ORT.AS. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 17".66			

Tablo 10. 4

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ OPH
FK. NO	656
PARLAKLIK	2.14
YILDIZ ZAMANI	19 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> .85
NOKTA NO	15
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 30' 00"
TARİH	20.07.1998
BASINÇ	669 mm Hg
SICAKLIK	18 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	22 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .97	22 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> .69	22 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> .13	22 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .40
To	22 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .43	22 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .43	22 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .43	22 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .43
Z'	25 <sup>o</sup> 26' 17".5	25 <sup>o</sup> 26' 34".0	25 <sup>o</sup> 26' 18".9	25 <sup>o</sup> 26' 13".6
R	23".33	23".33	23".33	23".33
Z	25 <sup>o</sup> 26' 40".83	25 <sup>o</sup> 26' 57".33	25 <sup>o</sup> 26' 42".23	25 <sup>o</sup> 26' 36".90
AST. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 30".31	38 <sup>o</sup> 00' 51".21	38 <sup>o</sup> 00' 35".59	38 <sup>o</sup> 00' 24".8
ORT.AS. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 35".49			

Tablo 10. 5

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	ε PEG
FK. NO	815
PARLAKLIK	2.54
YILDIZ ZAMANI	20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> .62
NOKTA NO	16
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 30' 00"
TARİH	03.08.1998
BASINÇ	664 mm Hg
SICAKLIK	14 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	01 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .25	01 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> .87	01 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .69	01 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .60
To	01 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> .00	01 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> .00	01 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> .00	01 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 54 <sup>s</sup> .00
Z'	28 <sup>o</sup> 08' 05".8	28 <sup>o</sup> 08' 28".6	28 <sup>o</sup> 08' 19".0	28 <sup>o</sup> 08' 07".6
R	26".78	26".79	26".79	26".78
Z	28 <sup>o</sup> 08' 32".58	28 <sup>o</sup> 08' 55".39	28 <sup>o</sup> 08' 45".79	28 <sup>o</sup> 08' 34".40
AST. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 33".81	38 <sup>o</sup> 01' 08".06	38 <sup>o</sup> 00' 56".33	38 <sup>o</sup> 00' 38".3
ORT.AS. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 49".13			

Tablo 10. 6

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ AQL
FK. NO	745
PARLAKLIK	0.89
YILDIZ ZAMANI	20 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> .62
NOKTA NO	17
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 30' 00"
TARİH	02.08.1998
BASINÇ	670 mm Hg
SICAKLIK	16 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	23 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .69	23 <sup>h</sup> 50 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .77	23 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .63	23 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> .56
To	23 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .46	23 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .46	23 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .46	23 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .46
Z'	29 <sup>o</sup> 07' 56".9	29 <sup>o</sup> 08' 11".4	29 <sup>o</sup> 08' 15".9	29 <sup>o</sup> 07' 44".2
R	27".97	27".98	27".98	27".97
Z	29 <sup>o</sup> 08' 24".87	29 <sup>o</sup> 08' 39".38	29 <sup>o</sup> 08' 43".88	29 <sup>o</sup> 08' 12".20
AST. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 10".33	38 <sup>o</sup> 00' 39".83	38 <sup>o</sup> 00' 47".36	38 <sup>o</sup> 00' 10".60
ORT.AS. ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 27".02			



## 10.4. Boylam Belirleme

Selçuk Üniversitesi Kampüs GPS Test Ağında yapılan astronomik boylam belirlemede Birinci Düşeyde Zenit Uzaklıkları ile Zaman Tayini yöntemi uygulanmıştır.

Gözlem gününde, gözlem yapılacak yıldızların birinci düşey daireden geçiş ( doğuş veya batış ) zamanları hesaplanmıştır. Yıldız birinci düşeye girmeden yaklaşık olarak 10 dakika önce gözlemlere başlanarak zaman ve zenit açıları ölçülmüştür. Bu gözlemler yıldızın birinci düşeyden geçişinden 10 dakika sonrasına kadar sürmüştür.

Yöntemin üstünlüğü iki yıldızla gözlem yapmak zorluğu yerine tek yıldızla aletin birinci ve ikinci durumunda gözlem yapılarak aynı hassasiyette sonuçlar elde edilebilmesidir. Gözlem sonuçlarının değerlendirilmesinin kolay olması yöntemin diğer bir üstünlüğüdür.

Gözlemlerde PEGASUS ( Kanatlı At ) takım yıldızının en parlak yıldızı olan  $\alpha$  PEG ve BOOTES ( Çoban Yıldızı ) takım yıldızının en parlak yıldızı  $\alpha$  BOO kullanılmıştır.

Tablo 10. 7

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ Peg
FK. NO	871
PARLAKLIK	2.57
YILDIZ ZAMANI	21 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 11 <sup>s</sup> .979
NOKTA NO	02
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 15' 00"
TARİH	09.08.1998
BASINÇ	669 mm Hg
SICAKLIK	22 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	22 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> .30	22 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .66	22 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> .22	22 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> .50
Z'	65 <sup>o</sup> 47' 47".0	294 <sup>o</sup> 38' 18".5	65 <sup>o</sup> 00' 43".9	295 <sup>o</sup> 17' 44".1
R	109".0	-107".0	104".8	-103".0
Z	65 <sup>o</sup> 49' 35".66	294 <sup>o</sup> 36' 32".0	65 <sup>o</sup> 02' 28".7	295 <sup>o</sup> 16' 16".07
⊙	18 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> .20	18 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup> .84	18 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .40	18 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> .20
T'	22 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 32 <sup>s</sup> .04	22 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .30	22 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 30 <sup>s</sup> .60	22 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 04 <sup>s</sup> .16
ΔT	67 <sup>s</sup> .74	67 <sup>s</sup> .65	60 <sup>s</sup> .34	65 <sup>s</sup> .68
AST. BOYLAM (Ortalama)		32 <sup>o</sup> 31' 20".40		

Tablo 10. 8

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ Boo
FK. NO	526
PARLAKLIK	0.24
YILDIZ ZAMANI	21 <sup>h</sup> 01 <sup>m</sup> 15 <sup>s</sup> .85
NOKTA NO	13
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 15' 00"
TARİH	06.08.1998
BASINÇ	666 mm Hg
SICAKLIK	24 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	22 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> .00	22 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .00	22 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .00	22 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .00
Z'	57 <sup>o</sup> 11' 32".23	302 <sup>o</sup> 21' 47".3	57 <sup>o</sup> 53' 50".8	301 <sup>o</sup> 21' 56".6
R	75".1	-76".4	77".19	-79".4
Z	57 <sup>o</sup> 12' 47".36	302 <sup>o</sup> 20' 30".9	57 <sup>o</sup> 55' 08".00	301 <sup>o</sup> 20' 37".2
Θ	18 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> .38	18 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> .90	18 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .30	18 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 28 <sup>s</sup> .90
T'	22 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .68	22 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> .80	22 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> .00	22 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 02 <sup>s</sup> .03
ΔT	85 <sup>s</sup> .68	65 <sup>s</sup> .82	31 <sup>s</sup> .03	74 <sup>s</sup> .03
AST. BOYLAM (Ortalama)		32 <sup>o</sup> 31' 02".10		

Tablo 10. 9

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ Peg
FK. NO	871
PARLAKLIK	2.57
YILDIZ ZAMANI	21 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .285
NOKTA NO	14
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 15' 00"
TARİH	14.08.1998
BASINÇ	666 mm Hg
SICAKLIK	21 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	21 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .00	21 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> .80	21 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> .61	21 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> .00
Z'	65 <sup>o</sup> 29' 46".00	294 <sup>o</sup> 50' 32".0	64 <sup>o</sup> 36' 43".9	295 <sup>o</sup> 40' 13".8
R	107".00	-105".00	102".9	-102".00
Z	65 <sup>o</sup> 31' 33".06	294 <sup>o</sup> 48' 46".6	64 <sup>o</sup> 38' 26".8	295 <sup>o</sup> 38' 32".2
$\Theta$	18 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> .83	18 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .02	18 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .40	18 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .60
T'	21 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 27 <sup>s</sup> .99	21 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .90	21 <sup>h</sup> 47 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> .80	21 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .80
$\Delta T$	61.99 <sup>s</sup>	62 <sup>s</sup> .09	64 <sup>s</sup> .22	64 <sup>s</sup> .79
AST. BOYLAM (Ortalama)		32 <sup>o</sup> 30' 49".05		

Tablo 10. 10

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ Boo
FK. NO	526
PARLAKLIK	0.24
YILDIZ ZAMANI	21 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 34 <sup>s</sup> .51
NOKTA NO	15
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 15' 00"
TARİH	19.08.1998
BASINÇ	666 mm Hg
SICAKLIK	21 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	21 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> .31	21 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .30	21 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .77	21 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .55
Z'	57 <sup>o</sup> 00' 20".2	302 <sup>o</sup> 33' 50".4	57 <sup>o</sup> 59' 45".5	301 <sup>o</sup> 34' 50".4
R	75".36	-76".6	78".28	-79.6
Z	57 <sup>o</sup> 01' 35".56	302 <sup>o</sup> 32' 33".80	58 <sup>o</sup> 01' 03".78	301 <sup>o</sup> 33' 30".80
⊙	18 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .35	18 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> .50	18 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .20	18 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup> 23 <sup>s</sup> .30
T'	21 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> .89	21 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .70	21 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .90	21 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .60
ΔT	72 <sup>s</sup> .84	59 <sup>s</sup> .42	54 <sup>s</sup> .24	59 <sup>s</sup> .14
AST. BOYLAM (Ortalama)		32 <sup>o</sup> 30' 20".25		

Tablo 10. 11

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ Boo
FK. NO	526
PARLAKLIK	0.24
YILDIZ ZAMANI	21 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 58 <sup>s</sup> .62
NOKTA NO	16
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 15' 00"
TARİH	11.08.1998
BASINÇ	664 mm Hg
SICAKLIK	25 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	21 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> .00	21 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .00	21 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .00	21 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 48 <sup>s</sup> .00
Z'	56 <sup>o</sup> 39' 30".0	302 <sup>o</sup> 51' 47".3	57 <sup>o</sup> 44' 38".0	301 <sup>o</sup> 52' 52".0
R	73".2	-74".5	76".25	-77".4
Z	56 <sup>o</sup> 40' 43".16	302 <sup>o</sup> 50' 32".8	57 <sup>o</sup> 45' 54".2	301 <sup>o</sup> 51' 34".6
Θ	18 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 26 <sup>s</sup> .5	18 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> .4	18 <sup>h</sup> 29 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> .4	18 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .7
T'	21 <sup>h</sup> 53 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> .69	21 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .20	21 <sup>h</sup> 58 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .70	22 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .70
ΔT	64 <sup>s</sup> .7	54 <sup>s</sup> .16	70 <sup>s</sup> .68	57 <sup>s</sup> .68
AST. BOYLAM (Ortalama)		32 <sup>o</sup> 30' 27".00		

Tablo 10. 12

YILDIZ BİLGİLERİ	
YILDIZ İSMİ	$\alpha$ Boo
FK. NO	526
PARLAKLIK	0.24
YILDIZ ZAMANI	22 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 24 <sup>s</sup> .18
NOKTA NO	17
ENLEM	38 <sup>o</sup> 00' 00"
BOYLAM	32 <sup>o</sup> 15' 00"
TARİH	22.08.1998
BASINÇ	670 mm Hg
SICAKLIK	23 °C

ALET DURUMU	I	II	I	II
T	21 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .00	21 <sup>h</sup> 17 <sup>m</sup> 05 <sup>s</sup> .60	21 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .00	21 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 44 <sup>s</sup> .00
Z'	57 <sup>o</sup> 07' 13".0	302 <sup>o</sup> 31' 58".7	58 <sup>o</sup> 57' 41".3	301 <sup>o</sup> 25' 12".2
R	75".6	-76".6	78".11	-80".0
Z	57 <sup>o</sup> 08' 28".63	302 <sup>o</sup> 30' 41".4	57 <sup>o</sup> 58' 59".4	301 <sup>o</sup> 23' 52".0
Θ	18 <sup>h</sup> 26 <sup>m</sup> 47 <sup>s</sup> .24	18 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .00	18 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup> .65	18 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .20
T'	21 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .95	21 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 08 <sup>s</sup> .42	21 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 38 <sup>s</sup> .70	21 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> .70
ΔT	65 <sup>s</sup> .95	62 <sup>s</sup> .82	57 <sup>s</sup> .66	62 <sup>s</sup> .69
AST. BOYLAM (Ortalama)		32 <sup>o</sup> 30' 34".20		

Tablo 10. 13

ASTRONOMİK SONUÇLAR		
NOKTA NO	AST. ENLEM	AST. BOYLAM
02	38° 00' 13".77	32° 31' 20".40
13	38° 00' 11".97	32° 31' 02".10
14	38° 00' 17".66	32° 30' 49".05
15	38° 00' 35".49	32° 30' 20".25
16	38° 00' 49".13	32° 30' 27".00
17	38° 00' 27".02	32° 30' 34".20

Tablo 10. 14

COĞRAFİ KOORDİNATLAR (ED 50)		
NOKTA NO	COĞ. ENLEM	COĞ. BOYLAM
02	38° 00' 26".26	32° 31' 06".15
13	38° 00' 22".18	32° 30' 57".67
14	38° 00' 28".67	32° 30' 55".99
15	38° 00' 30".58	32° 30' 37".93
16	38° 00' 45".20	32° 30' 30".59
17	38° 00' 34".98	32° 30' 23".80



Tablo 10. 15

<b>ÇEKÜL SAPMASI BİLEŞENLERİ</b>		
<b>NOKTA NO</b>	<b><math>\xi</math></b>	<b><math>\eta</math></b>
<b>02</b>	<b>-12".49</b>	<b>11".23</b>
<b>13</b>	<b>-10".21</b>	<b>3".49</b>
<b>14</b>	<b>-11".01</b>	<b>-5".47</b>
<b>15</b>	<b>4".91</b>	<b>-13".93</b>
<b>16</b>	<b>3".93</b>	<b>-2".83</b>
<b>17</b>	<b>-7".96</b>	<b>8".19</b>

## 10.5. Astronomik Azimut Belirleme

### 10.5.1. Astronomik azimutların elipsoide indirgenmesi

Fiziksel yeryüzünde astronomik gözlemlerle elde edilen ve ortalama kutup noktası CIO ya indirgenmiş astronomik azimut LAPLACE denklemi yardımıyla elipsoidal azimuta indirgenir. Bu iki azimut arasındaki fark,

$$\Delta\alpha = A - \alpha = \Delta\alpha_1 + \Delta\alpha_2 \quad (10.4)$$

eşitliği ile verilir. Burada,

$$\begin{aligned} \Delta\alpha_1 &= \eta \tan \phi \\ \Delta\alpha_2 &= (\xi \sin A - \eta \cos A) \cot g\beta \end{aligned} \quad (10.5)$$

dır. (10.5) de bulunan eşitlikler (10.4) de yerlerine yazıldığında,

$$A = \alpha - [\eta \tan \phi + (\xi \sin A - \eta \cos A) \cot g\beta] \quad (10.6)$$

olur. Birinci derece nirengi ağlarında doğrultular genellikle yataya yakın olduğundan  $\Delta\alpha_2$  düzeltilmesi ihmal edilirse,

$$A = \alpha + \eta \tan \phi \quad (10.7)$$

olarak elde edilir. Buradan elde edilen azimuta hedef noktası yüksekliğinden ve normal kesitten jeodezik eğriye geçişten dolayı indirgeme miktarları getirilerek elipsoide indirgenmiş azimut elde edilir (Heiskanen Moritz 1984).

Tablo 10. 16

<b>BELİRLENEN AZİMUT DOĞ.</b>	02 – 13
<b>TARİH – YILDIZ ZAMANI</b>	26.08.1998 – 22 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> .931
<b>REKTESENSİYON</b>	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .77
<b>DEKLİNASYON</b>	89 <sup>o</sup> 16' 04".86

<b>ALET DURUMU</b>	<b>BAKILAN NOKTA</b>	<b>T</b>	<b>YATAY DOĞRULTU</b>	<b>β</b>
<b>I</b>	13		0 <sup>o</sup> 53' 46".8	
	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .21	122 <sup>o</sup> 43' 51".7	238 <sup>o</sup> 09' 51".7
<b>II</b>	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .60	58 <sup>o</sup> 59' 47".4	238 <sup>o</sup> 09' 19".9
	13		180 <sup>o</sup> 50' 24".1	
<b>I</b>	13		34 <sup>o</sup> 18' 51".4	
	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> .84	156 <sup>o</sup> 10' 20".2	238 <sup>o</sup> 08' 27".8
<b>II</b>	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .38	336 <sup>o</sup> 12' 19".9	238 <sup>o</sup> 07' 18".3
	13		214 <sup>o</sup> 19' 41".6	

<b>ALET DURUMU</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>T</b>	21 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .21	21 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .60	21 <sup>h</sup> 15 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> .84	21 <sup>h</sup> 21 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .38
<b>GST</b>	18 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .01	18 <sup>h</sup> 11 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .90	18 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 13 <sup>s</sup> .27	18 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .89
<b>A</b>	0 <sup>o</sup> 49' 30".59	0 <sup>o</sup> 49' 55".77	0 <sup>o</sup> 50' 41".32	0 <sup>o</sup> 51' 25".22
<b>β</b>	238 <sup>o</sup> 09' 51".7	238 <sup>o</sup> 09' 19".9	238 <sup>o</sup> 08' 27".8	238 <sup>o</sup> 07' 18".3
<b>A<sub>N</sub> (Ort)</b>	238 <sup>o</sup> 59' 07".87			

Tablo 10. 17

<b>BELİRLENEN AZİMUT DOĞ.</b>	17-15
<b>TARİH – YILDIZ ZAMANI</b>	24.08.1998 – 22 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .83
<b>REKTESENSİYON</b>	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .75
<b>DEKLİNASYON</b>	89 <sup>o</sup> 15' 04".53

<b>ALET DURUMU</b>	<b>BAKILAN NOKTA</b>	<b>T</b>	<b>YATAY DOĞRULTU</b>	<b>β</b>
<b>I</b>	15		0 <sup>o</sup> 15' 33".6	
	K. Yıldızı	22 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .02	249 <sup>o</sup> 24' 42".1	110 <sup>o</sup> 50' 48".6
<b>II</b>	K. Yıldızı	22 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .46	69 <sup>o</sup> 27' 15".7	110 <sup>o</sup> 50' 15".7
	15		180 <sup>o</sup> 17' 34".2	
<b>I</b>	15		62 <sup>o</sup> 46' 22".5	
	K. Yıldızı	22 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .00	311 <sup>o</sup> 56' 55".2	110 <sup>o</sup> 49' 24".5
<b>II</b>	K. Yıldızı	23 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> .88	131 <sup>o</sup> 54' 01".6	110 <sup>o</sup> 48' 11".7
	15		242 <sup>o</sup> 42' 16".1	

<b>ALET DURUMU</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>T</b>	22 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> 07 <sup>s</sup> .02	22 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 41 <sup>s</sup> .46	22 <sup>h</sup> 59 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .00	23 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup> 17 <sup>s</sup> .88
<b>GST</b>	19 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> 22 <sup>s</sup> .16	19 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup> 57 <sup>s</sup> .18	20 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> .53	20 <sup>h</sup> 09 <sup>m</sup> 35 <sup>s</sup> .50
<b>A</b>	0 <sup>o</sup> 56' 46".85	0 <sup>o</sup> 56' 51".31	0 <sup>o</sup> 56' 56".08	0 <sup>o</sup> 57' 0".05
<b>β</b>	110 <sup>o</sup> 50' 48".6	110 <sup>o</sup> 50' 15".7	110 <sup>o</sup> 49' 24".5	110 <sup>o</sup> 48' 11".7
<b>A<sub>N</sub> ( Ort. )</b>	111 <sup>o</sup> 46' 33".7			

Tablo 10. 18

<b>BELİRLENEN AZİMUT DOĞ.</b>	14 – 13
<b>TARİH – YILDIZ ZAMANI</b>	26.08.1998 – 22 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> .931
<b>REKTESENSİYON</b>	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .77
<b>DEKLİNASYON</b>	89 <sup>o</sup> 16' 04".86

<b>ALET DURUMU</b>	<b>BAKILAN NOKTA</b>	<b>T</b>	<b>YATAY DOĞRULTU</b>	<b>β</b>
<b>I</b>	13		0 <sup>o</sup> 11' 43".2	
	K. Yıldızı	22 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .60	192 <sup>o</sup> 24' 04".0	167 <sup>o</sup> 47' 35".3
<b>II</b>	K. Yıldızı	22 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .28	12 <sup>o</sup> 22' 29".8	167 <sup>o</sup> 46' 59".7
	13		180 <sup>o</sup> 09' 33".4	
<b>I</b>	13		16 <sup>o</sup> 37' 29".3	
	K. Yıldızı	22 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .24	208 <sup>o</sup> 51' 04".3	167 <sup>o</sup> 46' 21".1
<b>II</b>	K. Yıldızı	22 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> .46	28 <sup>o</sup> 50' 37".5	167 <sup>o</sup> 45' 30".3
	13		196 <sup>o</sup> 36' 11".7	

<b>ALET DURUMU</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>T</b>	22 <sup>h</sup> 10 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .60	22 <sup>h</sup> 14 <sup>m</sup> 51 <sup>s</sup> .28	22 <sup>h</sup> 19 <sup>m</sup> 43 <sup>s</sup> .24	22 <sup>h</sup> 25 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> .46
<b>GST</b>	19 <sup>h</sup> 13 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .15	19 <sup>h</sup> 18 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> .48	19 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .83	19 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> .37
<b>A</b>	0 <sup>o</sup> 55' 27".23	0 <sup>o</sup> 55' 41".53	0 <sup>o</sup> 55' 56".34	0 <sup>o</sup> 56' 11".41
<b>β</b>	167 <sup>o</sup> 47' 35".3	167 <sup>o</sup> 46' 59".7	167 <sup>o</sup> 46' 21".1	167 <sup>o</sup> 45' 30".3
<b>A<sub>N</sub> ( Ort. )</b>	168 <sup>o</sup> 42' 25".7			

Tablo 10. 19

<b>BELİRLENEN AZİMUT DOĞ.</b>	15 – 02
<b>TARİH – YILDIZ ZAMANI</b>	26.08.1998 – 22 <sup>h</sup> 16 <sup>m</sup> 09 <sup>s</sup> .931
<b>REKTESENSİYON</b>	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 19 <sup>s</sup> .77
<b>DEKLİNASYON</b>	89 <sup>o</sup> 16' 04".86

ALET DURUMU	BAKILAN NOKTA	T	YATAY DOĞRULTU	$\beta$
I	02		0 <sup>o</sup> 01' 46".9	
	K. Yıldızı	23 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> .88	259 <sup>o</sup> 40' 40".4	100 <sup>o</sup> 19' 17".2
II	K. Yıldızı	23 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .05	79 <sup>o</sup> 47' 01".1	100 <sup>o</sup> 18' 27".2
	02		180 <sup>o</sup> 05' 30".7	
I	02		41 <sup>o</sup> 15' 21".7	
	K. Yıldızı	23 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .20	300 <sup>o</sup> 57' 46".1	100 <sup>o</sup> 17' 33".2
II	K. Yıldızı	23 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> .28	120 <sup>o</sup> 57' 33".2	100 <sup>o</sup> 17' 21".6
	02		221 <sup>o</sup> 14' 57".2	

ALET DURUMU	I	II	I	II
<b>T</b>	23 <sup>h</sup> 28 <sup>m</sup> 56 <sup>s</sup> .88	23 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 14 <sup>s</sup> .05	23 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .20	23 <sup>h</sup> 46 <sup>m</sup> 29 <sup>s</sup> .28
<b>GST</b>	20 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup> 18 <sup>s</sup> .21	20 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .41	20 <sup>h</sup> 43 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .33	20 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> 53 <sup>s</sup> .49
<b>A</b>	0 <sup>o</sup> 56' 40".54	0 <sup>o</sup> 56' 29".06	0 <sup>o</sup> 56' 18".9	0 <sup>o</sup> 56' 02".08
<b><math>\beta</math></b>	100 <sup>o</sup> 19' 17".2	100 <sup>o</sup> 18' 27".2	100 <sup>o</sup> 17' 33".2	100 <sup>o</sup> 17' 21".6
<b>A<sub>N</sub> ( Ort. )</b>	101 <sup>o</sup> 14' 32".4			

Tablo 10. 20

<b>BELİRLENEN AZİMUT DOĞ.</b>	15 – 16
<b>TARİH – YILDIZ ZAMANI</b>	24.08.1998 – 22 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .83
<b>REKTESENSİYON</b>	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 16 <sup>s</sup> .75
<b>DEKLİNASYON</b>	89 <sup>o</sup> 15' 04".53

<b>ALET DURUMU</b>	<b>BAKILAN NOKTA</b>	<b>T</b>	<b>YATAY DOĞRULTU</b>	<b>β</b>
<b>I</b>	16		27 <sup>o</sup> 36' 13".7	
	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .80	49 <sup>o</sup> 49' 01".5	337 <sup>o</sup> 47' 08".1
<b>II</b>	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> .62	229 <sup>o</sup> 48' 36".7	337 <sup>o</sup> 46' 21".5
	16		207 <sup>o</sup> 35' 02".3	
<b>I</b>	16		95 <sup>o</sup> 25' 10".6	
	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> .50	117 <sup>o</sup> 39' 27".7	337 <sup>o</sup> 45' 38".8
<b>II</b>	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .71	297 <sup>o</sup> 44' 23".3	337 <sup>o</sup> 44' 51".5
	16		275 <sup>o</sup> 29' 18".9	

<b>ALET DURUMU</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>T</b>	21 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .80	21 <sup>h</sup> 41 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> .62	21 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> .50	21 <sup>h</sup> 52 <sup>m</sup> 33 <sup>s</sup> .71
<b>GST</b>	18 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .58	18 <sup>h</sup> 44 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .30	18 <sup>h</sup> 48 <sup>m</sup> 25 <sup>s</sup> .86	18 <sup>h</sup> 55 <sup>m</sup> 39 <sup>s</sup> .25
<b>A</b>	0 <sup>o</sup> 52' 03".28	0 <sup>o</sup> 52' 35".24	0 <sup>o</sup> 52' 59".18	0 <sup>o</sup> 53' 37".28
<b>β</b>	337 <sup>o</sup> 47' 08".1	337 <sup>o</sup> 46' 21".5	337 <sup>o</sup> 45' 38".8	337 <sup>o</sup> 44' 51".5
<b>A<sub>N</sub> ( Ort. )</b>	338 <sup>o</sup> 38' 48".74			

Tablo 10. 21

<b>BELİRLENEN AZİMUT DOĞ.</b>	16 – 14
<b>TARİH – YILDIZ ZAMANI</b>	27.08.1998 – 22 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 06 <sup>s</sup> .95
<b>REKTESENSİYON</b>	2 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> .35
<b>DEKLİNASYON</b>	89 <sup>o</sup> 15' 06".95

<b>ALET DURUMU</b>	<b>BAKILAN NOKTA</b>	<b>T</b>	<b>YATAY DOĞRULTU</b>	<b>β</b>
<b>I</b>	16		0 <sup>o</sup> 05' 23".9	
	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .49	231 <sup>o</sup> 11' 57".5	128 <sup>o</sup> 53' 22".7
<b>II</b>	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .01	51 <sup>o</sup> 01' 18".7	128 <sup>o</sup> 52' 31".2
	16		180 <sup>o</sup> 03' 53".6	
<b>I</b>	16		71 <sup>o</sup> 56' 37".3	
	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .28	303 <sup>o</sup> 04' 35".0	128 <sup>o</sup> 51' 58".6
<b>II</b>	K. Yıldızı	21 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .76	123 <sup>o</sup> 08' 00".5	128 <sup>o</sup> 51' 12".4
	16		251 <sup>o</sup> 59' 16".6	

<b>ALET DURUMU</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>I</b>	<b>II</b>
<b>T</b>	21 <sup>h</sup> 20 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .49	21 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup> 20 <sup>s</sup> .01	21 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> 10 <sup>s</sup> .28	21 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup> 42 <sup>s</sup> .76
<b>GST</b>	18 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 36 <sup>s</sup> .81	18 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> 21 <sup>s</sup> .40	18 <sup>h</sup> 34 <sup>m</sup> 12 <sup>s</sup> .32	18 <sup>h</sup> 39 <sup>m</sup> 45 <sup>s</sup> .71
<b>A</b>	0 <sup>o</sup> 51' 41".94	0 <sup>o</sup> 52' 22".85	0 <sup>o</sup> 52' 44".99	0 <sup>o</sup> 53' 15".40
<b>β</b>	128 <sup>o</sup> 53' 22".7	128 <sup>o</sup> 52' 31".2	128 <sup>o</sup> 51' 58".6	128 <sup>o</sup> 51' 12".4
<b>A<sub>N</sub> ( Ort. )</b>	129 <sup>o</sup> 44' 47".54			



Tablo 10. 22

BELİRLENEN DOĞ.	AST. AZİMUT	JEO. AZİMUT
02 - 13	238 <sup>o</sup> 59' 07".87	238 <sup>o</sup> 59' 9".06
17 - 15	111 <sup>o</sup> 46' 33".74	111 <sup>o</sup> 46' 26".0
14 - 13	168 <sup>o</sup> 42' 25".70	168 <sup>o</sup> 42' 21".4
15 - 02	101 <sup>o</sup> 14' 32".40	101 <sup>o</sup> 14' 29".2
15 - 16	338 <sup>o</sup> 38' 48".74	338 <sup>o</sup> 38' 44".8
16 - 14	129 <sup>o</sup> 44' 47".54	129 <sup>o</sup> 44' 53".5

Tablo 10. 23

BELİRLENEN DOĞ.	İNDİR. AZİMUT ( $\alpha'$ )	$\Delta\alpha = \alpha - \alpha'$
02 - 13	238 <sup>o</sup> 58' 59".1	9".96
17 - 15	111 <sup>o</sup> 46' 27".3	-1".3
14 - 13	168 <sup>o</sup> 42' 30".0	-8".6
15 - 02	101 <sup>o</sup> 14' 43".3	-14".1
15 - 16	338 <sup>o</sup> 38' 59".6	-14".8
16 - 14	129 <sup>o</sup> 44' 49".7	3".8

## 11. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enlem belirlemede Sirkum Meridyen Zenit Uzaklıkları yöntemi kullanılmıştır ki bu yöntemin üstünlüğü meridyen doğrultusunun tam olarak yerinin bilinmesine gerek olmayışı ve havanın kapalı olduğu zamanlarda bile çok iyi sonuçlar vermesidir. Bulunan ortalama astronomik enlem değerleri Tablo 10. 1, Tablo10. 2 , ... , Tablo10. 6 da görülmektedir. Her tabloda gözleme yapılan yıldızın ismi, Almanak numarası, parlaklığı, yerel sistemdeki nokta numaraları, çalışma bölgesinin yaklaşık enlem ve boylamı, gözlem yapılan tarih, basınç ve sıcaklık değerleri verilmiştir. Ayrıca her yıldızda yapılan astronomik gözlem değeri ve kullanılan yöntemle göre ara hesap değerleri ve refraksiyon düzeltme değerleri mevcuttur.

Astronomik boylam belirlemede ise Birinci Düşeyde Zenit Uzaklıkları ile Zaman Tayini yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin kullanılma nedeni ise iki yıldız gözlem yapmak yerine tek yıldız gözlem yaparak aynı hassasiyette sonuçlar elde edilebilmektedir. Test ağına ait ortalama astronomik boylam değerleri Tablo 10. 7, Tablo 10. 8, ... , Tablo 10. 12 de verilmektedir.

Çekül sapması bileşenlerini hesaplamak amacıyla Tablo10. 13 ve Tablo 10. 14 de noktaların astronomik ve coğrafi koordinatları verilmiştir.

Bulunan çekül sapması bileşenleri Tablo 10. 15 de verilmektedir. En büyük çekül sapması kuzey – güney bileşeni değeri 2 numaralı noktada  $\xi = -12''.49$ , minimumu ise 16 numaralı noktada  $\xi = 3''.93$  dir. Doğu- batı bileşenlerinde ise en büyük değer 15 numaralı noktada  $\eta = -13''.93$ , en düşük değer ise 16 numaralı noktada  $\eta = -2''.83$  dir.

Fiziksel yeryüzünde astronomik gözlemlerle bulunan ve ortalama kutup noktası CIO ya indirgenmiş astronomik azimutun elipsoidal azimuta indirgenmesi gerekir. Bu indirgeme Laplace denklemi yardımı ile yapılır. Bu denklem yardımı ile bulunan astronomik azimut değerine hedef noktası ve normal kesitten jeodezik eğriye geçiş indirgeme değerleri getirilerek elipsoide indirgenmiş azimut elde edilir. Astronomik azimutların belirlenmesi yönteminde Kutup Yıldızının Saat Açılı

yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen değerler ise Tablo 10. 16, Tablo 10. 17, ... , Tablo 21 de verilmektedir. Bulunan azimut değerleri Tablo 10. 22, indirgenmiş azimut değerleri Tablo 10. 23 de görülmektedir. Azimut değerleri arasında bulunan maksimum fark 15 – 16 doğrultusunda  $-14''.8$  minimum fark ise 17 – 15 doğrultusunda  $-1''.3$  olarak elde edilmiştir.

Elde edilen sonuçlardan anlaşılacağı üzere jeodezinin temel problemi olan dünyanın şeklinin belirlenmesi, bir koordinatlar sisteminde belirtilebilmesi için astronomik gözlemlere ihtiyaç vardır. Bu gözlemler yardımıyla jeoide en iyi uyan elipsoidin boyutlarının belirlenmesi, jeodezik ağların yönlendirilmesi, üç boyutlu jeodezik ağların oluşturulması gibi konulara çözüm bulunabilir.

Bu çözümlerinde en iyi olabilmesi için astronomik gözlemlerin ve zamanın hassas bir şekilde ölçülmesi gerekir. Örneğin enlem, boylam ve azimut tayininde amaca en uygun yöntemin seçilmesi gibi. Türkiye için enlem tayini yapılacağına deklinasyonu  $-35^{\circ}$  ile  $20^{\circ}$  arasında olan yıldızların seçilmesi ( gözlem anında oluşabilecek hataları minimuma indirmek için ) gerekir. Gözlem anında havanın açık olması, kullanılan aletin astronomik ölçmelere uygunluğu, aletin kurulmasında ve gözlemlerin yapılmasında sonucu etkileyebilecek hataların minimum düzeyde tutulması gerekir.

Zaman ölçmelerinde ise zamanın hassas bir şekilde belirlenebilmesi için kullanılan zaman alıcısı  $0^s.01$  ve daha hassas ölçmelere uygun olmalıdır.

Bu çalışmada kullanılan Kern DKM3- A aleti astronomik gözlemler için üretilmiştir. Yatay ve düşey açı okuma hassasiyeti  $0''.1$  dir.

## 12. KAYNAKLAR

- AKSOY, A., 1987, Jeodezik Astronominin Temel Bilgileri (Küresel Astronomi ), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- ALTINSOY, G., ŞENOL, Ö., 1997, Ankara'nın Boylamını Belirleme Lisans Tezi, A. Ü. Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Ankara
- ARSLAN, E. , 1987, Ülke Nirengi Ağlarında İki ve Üç Boyutlu Dengeleme Modellerinin Uygulamalı Karşılaştırılması, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- ARSLAN, E., 1997, Jeodezik Astronomi Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- AYHAN, E., 1982, Topoğrafik-İzostatik Çekül Sapması ve İzostatik Anomali, Harita Dergisi, Sayı : 89, Ankara
- ERBUDAK, M., TUĞLUOĞLU, A., 1984, Geodezik Astronomi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- GÜLLÜ, M., 1998, GPS ve Yersel Gözlemlerin Birlikte Dengelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- GÜRKAN, O., 1977, Topoğrafik-İzostatik Çekül Sapması (Kavram ve İlgili İntegral Formülleri) , Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- GÜRKAN, O., 1979, Çekül Sapması Kavramı ve Türleri, Harita Dergisi, Sayı : 86, Ankara
- HEISKANEN, W., MORITZ, H., 1984, Fiziksel Jeodezi, (Çeviri : O. Gürkan), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- KEARSLEY, A. H. W., SİDERİS, M. G. ve ark.,1985, A Comparison of Techniques to Predict Deflections of the Vertical, The University of Calgary, Canada

- KIZILIRMAK, A., 1977, Gökbilim Dersleri (Birinci Cilt), Ege Üniversitesi. Matbaası, İzmir
- MEEUS, J., 1982, Astronomical Formulae for Calculators, Willmann-Bell Inc., USA
- MÜLLER, H., 1973, Kern DKM 3-A ile Yapılan Astronomik Gözlemlerle Yer,Zaman ve Azimut Tayini, (Çeviri : M. Gündoğdu ÖZGEN, A. AKSOY ), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- TORGE, W., 1980, Geodesy, Walter de Gruyter Berlin New York
- TURGUT, B., 1989, Çekül Sapması, Doktora Semineri, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- TURGUT, B., 1991, Ülke Nirengi Ağının Büyük Ölçekli Harita Yapımına Uygunluğu, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- TURGUT, B., 1996, Jeodezik Astronomi Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Konya
- YAŞAR, İ.K., 1972, Jeodezik Astronomi, Harita Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara
- Astronomik Almanak,1998, Harita Genel Komutanlığı Yayınları (Yayın No: 23), Ankara
- Bilim ve Teknik Dergisi,1998, Gökyüzü , Sayı : 367, İstanbul
- Bilim ve Teknik Dergisi,1998, Gökyüzü , Sayı : 369, İstanbul
- Bilim ve Teknik Dergisi,1998, Gökyüzü, Sayı : 370, İstanbul
- Gök Atlası,Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Uzay ve Astronomi Bilimleri Bölümü, İzmir