

ASTRO- JEODEZİK ÇEKÜL SAPMASI : SELÇUK ÜNİVERSİTESİ GPS TEST AĞI ÖRNEĞİ

M. Acar¹, B.Turgut²

¹Niğde Üniversitesi Aksaray Müh. Fak., Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Aksaray, acarmusta@yahoo.com

²Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Jeodezi Anabilim Dalı, Konya, bturgut@selcuk.edu.tr

ÖZET

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 elipsoit ve fiziksel olarak tanımlanan ve ağırlık potansiyelinin nivo yüzeylerinden biri olan geoit yüzeyidir.

Genel olarak nivo yüzeyi normal ile referans yüzeyi normal arasındaki doğrultu farklarına çekül sapması denir. Çekül sapması astronomik jeodezik ölçülerden, gravimetrik ölçülerden ya da yapay uydu ölçülerinden hesaplanır. Buna göre çekül sapması dayandığı ölçünün türüyle adlandırılır, astro-jeodezik çekül sapması, gravimetrik çekül sapması gibi.

Çalışma, Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüs yerleşim bölgesinde yer alan GPS Test Ağında seçilen bir noktada yapılmıştır. Test ağında seçilen noktalarda astronomik gözlem yapılarak noktaların astronomik olarak enlem, boylam değerleri bulunmuştur. Seçilen noktalarda ayrıca GPS ölçüleri yapılarak noktaların ED50 datumundaki coğrafi koordinatları da elde edilmiş ve noktalardaki çekül sapması miktarları hesaplanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çekül Sapması, astro-jeodezik çekül sapması, plumb line

ABSTRACT

ASTROGEODETIC DEFLECTION OF VERTICAL: A CASE STUDY IN SELCUK UNIVERSITY GPS TEST NETWORK

Since the physical earth on which geodetic observations are carried out has a quite complex shape, more simple surfaces are employed for the evaluation of the measurements and computations. These surfaces are ellipsoid that is defined geometrically and geoid defined physically as one of the equipotential levelling surfaces.

Generally, deflection of vertical is defined as the difference between the directions of the levelling surface normal and reference surface normal. Deflection of vertical is computed using astronomical geodetic observations, gravity measurements or artificial satellite measurements. In this context, deflection of vertical is called with respect to the measurement type used, such as astrogeodetic or gravimetric deflection of vertical.

The observations were carried out on selected one point located in GPS Test Network of Selcuk University's Alaaddin Keykubat Campus. Astronomical latitudes and longitudes of these selected network points were obtained using astronomical observations. In addition, ED50 geographical coordinates of this point has been computed based on GPS observations and values of deflection of vertical were determined.

Keywords: Deflection of vertical, astrogeodetic deflection of vertical,

1. GİRİŞ

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 geoit yüzeyidir.

Çekül sapmaları lokal gravite alanının önemli parametreleridir, bu nedenle kendisine bir çok uygulama alanı bulmuştur. Çekül sapması verilerinin kullanıldığı uygulamalar:

1. Astronomik koordinatların jeodezik koordinatlara dönüşümü
2. Astronomik azimutun jeodezik azimuta dönüşümü

Astro- Jeodezik Çekül Sapması : Selçuk Üniversitesi Gps Test Ağı Örneği

3. Yatay ve düşey açıların sferoide indirgenmesi
4. Jeodezik ağların kesin hesapları için. Jeodezik teodolitler ve nivelman aletleri gerçek düzeye göre yönlendirilmesi
5. Geoit belirleme ve yükseklik dönüşümleri için. Global geoit ondülasyonları 50-100m. ve ondülasyonların bölgesel değerleri 10-50m. kadardır. Ondülasyonlar, çekül sapması bileşenleri ξ , η entegrasyonu için yeterlidir. Bu yüzden kilometrelerce mesafeden cm doğrulukla belirlenebilir.
6. GPS ölçmeler için. Uydu ölçmeleri düzenli bir geometrik sistemle ilgilidir (genellikle WGS-84 elipsoidi) halbuki karasal yükseklikler geoit ile ilgilidir. Farklı tipte ölçmeleri birleştirmek için doğru geoit verilerine ihtiyaç duyulur.
7. Jeofizik çalışmalarında: Çünkü Çekül sapması verileri dünyanın kabuğu ve çekirdeğinin fiziksel yapısından etkilenir. Jeodeziciler dünyanın iç yapısını meodellerini geliştirmek için uğraşırken benzer bir şekilde uygulamalı jeofizikçiler de, çekül sapması verilerini ham petrol, gaz ve maden cevherlerinin araştırılması gibi özel araştırmalarını desteklemek için kullanır.

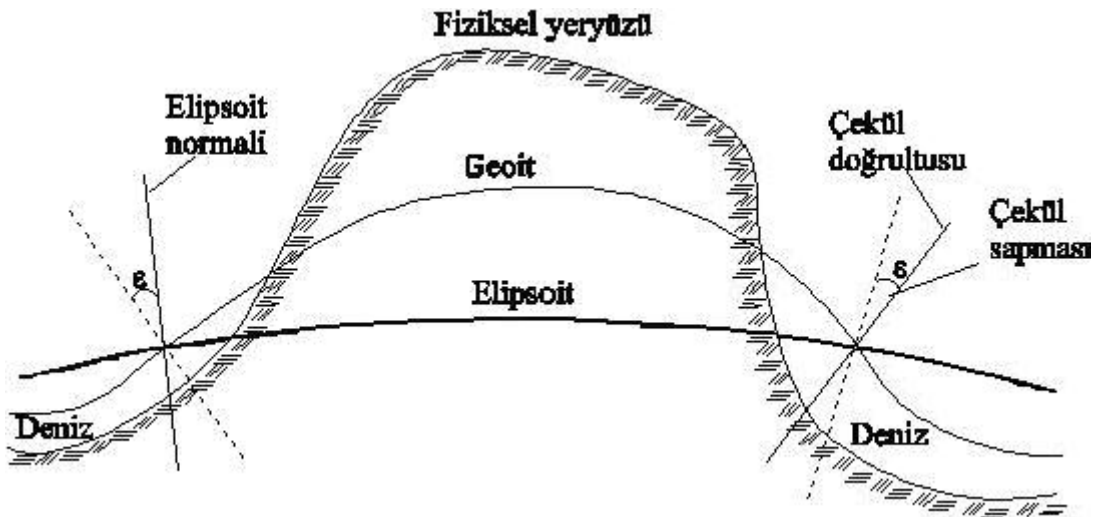
2. ÇEKÜL SAPMASI

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 geoit 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 1). Çekül sapmasının iki bileşeni vardır. Birisi, kuzey-güney doğrultusundaki ξ ve ötekide doğu-batı doğrultusundaki η bileşenidir.



Şekil 1: Çekül sapması

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 elipsoit 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.

3. ÇEKÜL SAPMASI HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Çekül sapmaları hesaplama yöntemleri ve buna paralel olarak çekül sapmasını oluşturan doğrultuların tanımlandığı koordinat sistemlerinin konumlarına göre özel adlar alırlar. Bunlar ,

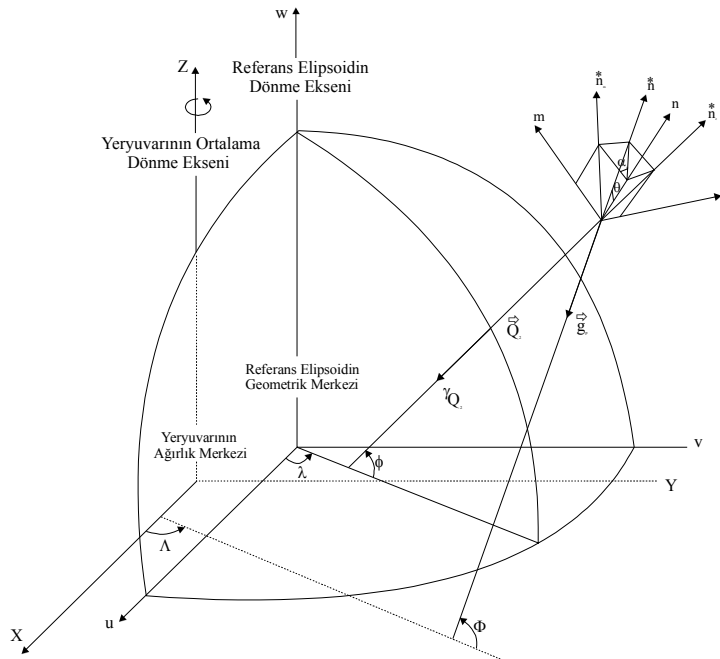
- 1-) Astro Jeodezik çekül sapması,
- 2-) Gravimetrik çekül sapması,
- 3-) Topoğrafik- İzostatik çekül sapması

dır (Gürkan, 1979, Turgut, 1989).

3.1 Astro- Jeodezik Çekül Sapması

Λ	: Astronomik boylam
Φ	: Astronomik enlem
ϕ	: Jeodezik enlem
λ	: Jeodezik boylam
e	: Jeodezik doğru
m	: Jeodezik kuzey
n	: Jeodezik başucu
*	
n	: Astronomik başucu

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



Şekil 2: Astro jeodezik çekül sapması

Astro- Jeodezik Çekül Sapması : Selçuk Üniversitesi Gps Test Ağı Örneği

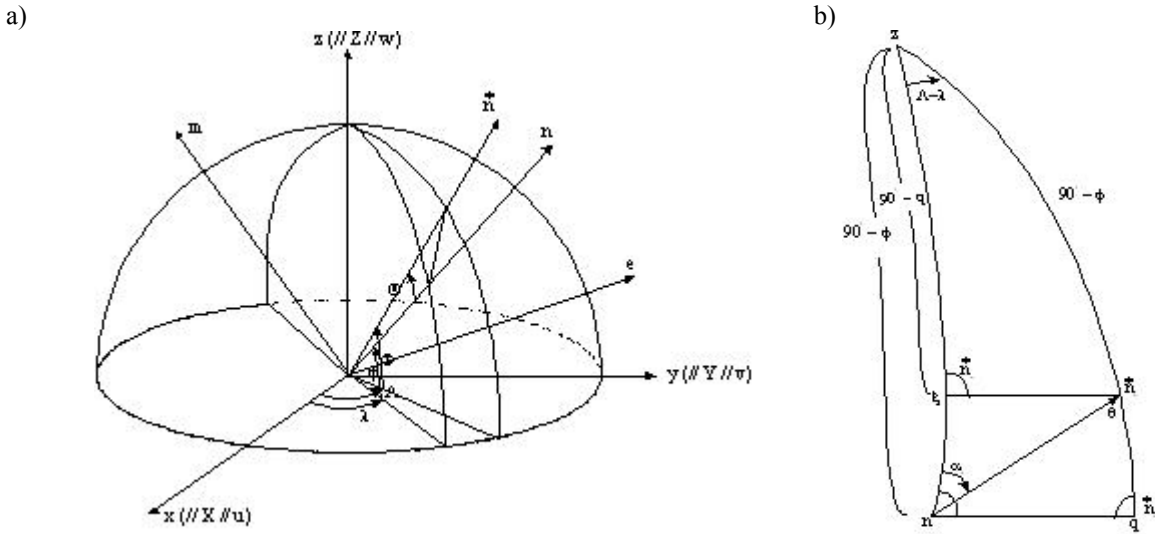
Gerçek gravite vektörünün doğrultusu (ya da astronomik başucu) jeodezik astronominin bir ürünü olarak astronomik gözlemlerle bulunur. Astronomik boylam (Λ) ve astronomik enlem Φ ile tanımlanan bu büyüklükler Şekil 2 de gösterilen açılarıdır. Buradaki X, Y, Z eksenlerinin temsil ettiği doğal ortak koordinat 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 λ ve jeodezik enlem ϕ ile tanımlanan büyüklükler de Şekil 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 paralellığı 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 (η , ξ), o noktaya ait astronomik (Λ , Φ) ve jeodezik (λ , ϕ) 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 3: Astro jeodezik çekül sapması bileşenleri

Şekil 3.a, bu kürenin kuzey kutpu 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 3.b). Toplam çekül sapması (θ), onun azimutu (α_θ), doğu-batı bileşeni (η) ve kuzey-güney bileşeni (ξ) astronomik ve jeodezik verilerle aynı küresel üçgende toplanmış olurlar. Bu küresel üçgenlerden (z, n, n_e ve z, n, n_m) trigonometri bilgileriyle

$$\begin{aligned} \sin \eta &= \sin(\Lambda - \lambda) \cos \phi \\ \cos(\Lambda - \lambda) &= \tan \Phi \cot q \end{aligned} \quad (1)$$

$$\xi = \left(\frac{\pi}{2} - \phi \right) - \left(\frac{\pi}{2} - q \right)$$

eşitlikleri yazılır. η ve $(\Lambda - \lambda)$ küçük açılar olduğundan sinüsleri yerine radyan değerleri, cosinüsleri yerine birim alınmakla yapılacak hata, pratiğin göz ardı edebileceği miktardadır. Böylece (1) eşitliği

$$\begin{aligned}\eta &= (\Lambda - \lambda) \cos \phi \\ \xi &= \Phi - \phi\end{aligned}\quad (2)$$

yazılır. Çekül sapması bileşenleri astronomik ve jeodezik veriler kullanıldığından bunlara astro jeodezik çekül sapması bileşenleri adı verilir (Gürkan, 1979, Acar, 1999).

Eğer P bir yeryüzü noktası ise astronomik boylam Λ ve astronomik enlem Φ , bu noktada yapılan astronomik gözlemlerle belirlenir. Aynı işlemlerde kullanılacak sonuçların türdeşliği gerektiğinden bunların X,Y,Z eksenleri için benimsenen epoch'a indirgemeleri gerekir. Ayrıca, P geodin yüzeyine izdüşürülmüş bir nokta ise, bu indirgemelere ek olarak gözlemlerin geoit yüzeyinde indirgemeleri zorunludur (Gürkan, 1979).

1977 yazında 7 noktadaki astronomik gözlemlerle, Türkiye'deki çekül sapması noktalarının sayısı 113 e ulaşmıştır (Ayan, 1978).

3. 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 Δg ağırlık anomalilerinin fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Bu şekilde elde edilen çekül sapmaları mutlak çekül sapmalarıdır.

Karaların altından da uzandığı düşünülen durgun deniz yüzeyine fiziksel yeryüzünün matematiksel şekli denir. 1872 yılında Listing bu yüzeye jeoid adını vermiştir. Ağırlık anomalileri Δg ler biliniyorsa jeoidin elipsoidten olan yükseklikleri N ve dolayısı ile gravimetrik çekül sapması hesaplanabilir.

Gravimetrik çekül sapmasıyla astrojeodezik çekül sapmalarının sayısal değerler olarak karşılaştırılabilmesi için, her şeyden önce astrojeodezik çekül sapmalarının mutlak çekül sapmaları olması gerekir. Ayrıca, gravimetrik çekül 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 çekül sapmasının iki önemli özelliği vardır. Birincisi, hesaplanan değerlerin mutlak oluşudur. Diğeri ise mutlak olarak hesaplanan çekül sapmaları müşterek bir sisteme ait olduklarından dünya jeodezik sitemin teşkilinde en önemli unsur olarak gereklidirler. İstenen her noktada tesbiti mümkün olan gravimetrik çekül sapmaları lokal jeoid etütlerini mümkün kılar.

Astro-jeodezik çekül sapmaları ile gravimetrik çekül sapmalarının yeterli noktalardaki karşılaştırılmaları, o ülkede kullanılmış olan izdüşüm elipsoidinin uygunluğu hakkında bize verecektir. (Gürkan, 1979, Acar, 199)

3. 3. Topoğrafik – İzostatik Çekül Sapması

Gerek astro jeodezik, gerekse gravimetrik çekül sapması bileşenlerinin hesaplanmasında kullanılacak veriler için arazide ölçüler yapılması kaçınılmazdır. Topoğrafik – İzostatik çekül sapması bileşenlerinin hesaplanmasında yeryuvarını oluşturan kitlelerin yoğunluk dağılımına ilişkin bazı varsayımlara dayanmaktadır.

Geoit dışında kitle olmadığı, yer kabuğunu standart kalınlık ve yoğunlukta olduğu, yer kabuğu içindeki kitlelerin yoğunluk dağılımda ve geoidin dönel elipsoid olduğu varsayılırsa , yerin gerçek ve normal gravite alanlarının özdeşliklerinden söz edilebilir. Ancak geoidin 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, Acar, 1999).

4. SAYISAL UYGULAMA

Test ağı Konya-Afyon Karayolunun 10'uncu kilometresinde Selçuk Üniversitesi Alaaddin Keykubat Kampüs yerleşim bölgesine tesis edilmiştir. Astronomik gözlemler de bu Test ağına ait 13 no lu noktada yapılmıştır. Gözlemlerde, astronomik gözlemler için üretilmiş olan Kern DKM 3-A universal teodoliti, Omega OTR6 yazıcısı, Drake R7 zaman alıcısı ve ışıklandırma tertibatı, gözlenecek yıldızların belirlenmesinde Ege Üniversitesi' nin

Astro- Jeodezik Çekül Sapması : Selçuk Üniversitesi Gps Test Ağı Örneği

hazırladığı Astronomik Gök Atlası, hesaplamalarda ise Harita Genel Komutanlığı'nın hazırlamış olduğu Astronomik Almanak kullanılmıştır Gözlemler Temmuz ve Ağustos 1998'de yapılmıştır (Acar, 1999).

Yapılan astronomik gözlemlerde enlem belirlemek için Sirkum - Meridyen Zenit Uzaklıkları Yöntemi kullanılmıştır. Gözlemlerden önce seçilen yıldızların meridyenden geçiş zamanları hesaplanmış, 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 (Acar, 1999).

Yöntemin üstünlüğü:

- 1-) Meridyen doğrultusunun tam olarak yerinin bilinmesine gerek olmaması
- 2-) Havanın hafif kapalı olduğu zamanlarda bile çok iyi sonuçlar vermesidir.

Enlem belirleme gözleminde AQUILA (Kartal) takım yıldızının parlak yıldızı α AQL kullanılmıştır.

Astronomik boylam belirlemesi için, 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:

- 1-) İki yıldız gözlem yapmak zorluğu yerine tek yıldız aletin birinci ve ikinci durumunda gözlem yapılarak aynı hassasiyette sonuçlar elde edilebilmesi
- 2-) Gözlem sonuçlarının değerlendirilmesinin kolay olması yöntemin diğer bir üstünlüğüdür.

Gözlemlerde BOOTES (Çoban Yıldızı) takım yıldızının en parlak yıldızı α BOO kullanılmıştır.

Astronomik gözlem yapılan noktada aynı zamanda GPS ölçmeleri gerçekleştirilmiş noktaların ED 50 (European Datum 50) datumundaki coğrafi koordinatları da elde edilmiştir (Güllü, 1998). Bu çalışmada kullanılan 13 nolu noktanın ED 50 datumundaki koordinatları Güllü 1998'den alınmıştır ve değerler Tablo 1'de verilmektedir.

N.N.	ASTRONOMİK KOORDİNATLAR		COĞRAFI KOORDİNATLAR (ED_50)	
	Astronomik Enlem	Astronomik Boylam	Coğrafi Enlem	Coğrafi Boylam
13	38° 00' 11".97	32° 31' 02".10	38° 00' 22".18	32° 30' 57".67

Tablo 1: Astronomik ve Coğrafi koordinat değerleri

Elde edilen koordinatlara göre hesaplanmış çekül sapması bileşenleri Tablo 2'de verilmiştir.

ÇEKÜL SAPMASI BİLEŞENLERİ		
N.N.	ξ	η
13	-10".21	3".49

Tablo 2: Astro jeodezik çekül sapması değerleri

Astronomik gözlem tabloları, gözlem yöntemleri, gözlemlerin yapılışı hakkında bilgiler Acar 1999'da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada çekül sapmasının tanımı yapılmış, kullanım alanları, hesaplama yöntemlerinden bahsedilmiş ve bir noktada uygulama yapılmıştır. Jeodezinin temel problemi olan dünya şeklinin belirlenmesi, iyi bir koordinatlar sisteminde belirtilebilmesi için, yapılan uygulama çalışmasının sonucuna göre elde edilen çekül sapması bileşenlerine bakıldığında bu değerlerin jeodezik hesaplamalarda ihmal edilmemesi gerektiği görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar M.**, 1999, *Astronomik Gözlem Sonuçları ile Jeodezik Gözlem Sonuçlarının Karşılaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Ayan T.**, 1978, *Astro- Jeodezik Çekül Sapması*, İTÜ Dergisi, sayı: 6, sayfa 67
- Ayan T., Deniz R.**, 2004, *Fiziksel Jeodezi Ders Notları*, İstanbul Teknik Üniversitesi
- Ayhan E.**, 1982, *Topoğrafik-İzostatik Çekül Sapması ve İzostatik Anomali*, Harita Dergisi, Sayı : 89
- Featherstone W.**, 1999, *The Use and Abuse of Vertical Deflections*, Sixth South East Asian Surveyor's Congress, 1-6 November 1999, Fremantle, Australia, <http://www.cage.curtin.edu.au/~will/abuse.pdf>
- Güllü M.**, 1998, *GPS ve Yersel Gözlemlerin Birlikte Dengelenmesi*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- 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
- Heiskanen W., Moritz H.**, 1984, *Fiziksel Jeodezi*, (Çeviri : O. Gürkan), Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon
- Torge W.**, 1991, *Geodesy*, Walter de Gruyter Berlin New York, 264 p.
- Turgut B.**, 1991, *Ülke Nirengi Ağının Büyük Ölçekli Harita Yapımına Uygunluğu*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Turgut B.**, 1989, *Çekül Sapması, Doktora Semineri (II)*, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- URL 1**, Dictionary of Technology internet sitesi, *Vertical Deflection*, http://www.explorettechnology.com/technology/V/Vertical_deflection.html, 3 Mart 2005
- URL 2**, wikipedia free ansiklopedi internet sitesi, *Vertical Deflection*, http://en.wikipedia.org/wiki/Vertical_deflection, 3 Mart 2005
- URL 3**, Absolute astronomy.com internet sitesi, *Vertical Deflection*, http://www.absoluteastronomy.com/encyclopedia/v/ve/vertical_deflection.htm, 3 Mart 2005