

**Makale  
(Article)**

## **Sayısal Arazi Modellerinin Oluşturulmasında GZK GPS Yönteminin Kullanılması**

**İbrahim YILMAZ\***, **İbrahim TİRYAKİOĞLU\***, **Fatih TAKTAK\***, **Murat UYSAL\***  
\*Afyon Kocatepe Üniversitesi Müh. Fak. Harita Müh. Böl., 03200 Afyonkarahisar/TÜRKİYE

[iyilmaz@aku.edu.tr](mailto:iyilmaz@aku.edu.tr)

### **Özet**

Sayısal Arazi Modeli, yeryüzünün özelliklerinin ve görünümünün gösteriminde bir çözüm yöntemidir. Sayısal Arazi Modelleri, arazi yüzeyini iki boyutlu bir fonksiyon olarak ifade eder. Sayısal Arazi Modellerinden, şehir planlaması, savunma, ulaşım, doğal afet risk yönetimleri başta olmak üzere çeşitli mühendislik çalışmalarında yararlanılır. Sayısal Arazi Modeli oluşturmak için araziye ait yükseklik bilgilerine (Sayısal Yükseklik Modeli) gerek vardır. Bu bilgiler, fotogrametri, sayısallaştırma, lazer tarama, interferometrik radar, klasik ölçmeler ve Gerçek Zamanlı Kinematik GPS yöntemleri ile sağlanabilir. Bu çalışmanın amacı, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS yöntemiyle elde edilen verileri, klasik ölçme verileriyle karşılaştırmaktır. Bunun için her iki yöntemle elde edilen verilerden arazinin 3D koordinatları bulunarak sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuştur. Çalışma alanında çeşitli yönlerde kesitler seçilerek 5 m aralıklarla kesit kontrolleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışma alanının kenarları ve bazı düzgün değişim göstermeyen bölümleri dışında sonuçlar birbirine oldukça yakındır. GPS ölçümüne uygun arazi yapılarında Gerçek Zamanlı Kinematik yönteminin kullanılması, ölçme yöntemi doğruluğu, zaman tasarrufu ve ekonomi bakımından tavsiye edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** SAM, GPS, GZK GPS, Kriging.

## **Using RTK GPS Method in Creation of Digital Terrain Models**

### **Abstract**

Digital Terrain Model (DTM) is a solution method in earth surface's characteristics and appearance's projection. DTM explain the terrain surface as a 2D function. DTMs are utilized in engineering studies like city planning, defence, transportation and natural hazard risk management. To creation a DTMs, terrain's elevation data (Digital Elevation Model) are needed. This information is obtained by photogrammetry, digitizing, laser scanning, radar interferometry, classical survey and RTK GPS methods. In this study, RTK GPS data is compared to classical survey data. Therefore, digital elevation models are constituted from 3D coordinates of the terrains, which are obtained by each two methods. In study area, selected cross section controls are performed with 5 meter difference at various directions and the results are compared. Except the study area's sides and the parts, which didn't indicate smooth variation, the results are rather closer to each other. RTK method's using is recommended for survey method straightness, time possession and economy in suitable terrain structures for GPS surveys.

**Keywords :** DTM, GPS, RTK GPS, Kriging.

*Bu makaleye atf yapmak için*

*Yılmaz İ., Tiryakioğlu İ., Taktak F., Uysal M., " Sayısal Arazi Modellerinin Oluşturulmasında GZK GPS Yönteminin Kullanılması" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2011, 3(3) 1-8*

*How to cite this article*

*Yılmaz İ., Tiryakioğlu İ., Taktak F., Uysal M., " Using RTK GPS Method in Creation of Digital Terrain Models" Electronic Journal of Map Technologies, 2011, 3(3) 1-8*

## 1. GİRİŐ

Sayısal Arazi Modeli (SAM), yüzeyin üç boyutlu gösterimidir. Bu gösterim için yüzeye ait noktaların koordinat ve yükseklikleri yanında coğrafi unsurların ve doğal detaylarında bilinmesi gereklidir. Araziyi modelleme, araziyi en iyi şekilde tanıma, algılama ve üzerine uygulama yapma amacıyla yapılır. SAM nin gerçek topografyaya uygunluğu, modelin dayandığı dayanak noktalarının uygun sıklıkta ve özelliklerde toplanmasına bağılıdır. Bu dayanak noktaları değişik ölçü yöntemleriyle belirlenebilir. Bu yöntemlerden biride Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) GPS yöntemidir. Geniş kullanım alanı bulmuş olan GZK GPS, hali hazır harita yapımında, imar uygulamalarında, kanal ve boru hattı projelerinde, araç takip sistemlerinde, yol proje çalışmalarında, bilgi sistemi projelerinde, aplikasyon işlerinde kullanılmaktadır. GZK GPS yönteminde kullanıcılar ölçme anında santimetre incelikte doğruluk elde edebilmektedir. Bu yöntemle SAM oluşturmada kullanılacak detay noktaları, yersel ölçülere göre daha hızlı ve doğru bir şekilde ölçülmektedir.

## 2. SAYISAL ARAZİ MODELİ

SAM, yeryüzünün özelliklerinin ve görünümünün gösteriminde bir çözüm yöntemidir. SAM arazinin yapısını en iyi temsil eden yüzeyin, toplanan arazi bilgilerinden, bilgisayar ortamında yeniden oluşturulmasını amaçlayan bir çalışmadır. SAM kavramı ilk olarak 1950 li yıllarda yol projelerine yönelik olarak bilgisayarın enkesit, boykesit ve hacim hesaplarında kullanılabilmesi amacıyla ortaya çıkmış ve başlangıçta sadece yükseklik verisi içeren modeller için uygulanmıştır. Daha sonraları araziye ilişkin yükseklik verilerinin yanında yeryüzünü oluşturan doğal ve yapay detaylarında SAM içinde değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

SAM, yüzeyi en iyi şekilde temsil etmeyi sağlayan, yapay ve doğal önemli topografik detaylara, kritik arazi hatlarına ve düzensiz dağılmış kritik yüzey noktalarına ait yükseklik değerlerini kapsayan bir model olarak tanımlanabilir [1].

Bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle birlikte SAM, sanayi, tıp, mimarlık, inşaat, madencilik, ziraat ve haritacılık gibi bir çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanlar,

- Ulaşım ağı planlaması ve ulaşım optimizasyonu
- Sulama ağı planlaması ve drenaj çalışmaları
- Haberleşme ağı analizi
- Baraj alanlarının tasarımı
- Ölçü ağı planlaması
- Arazi bilgi sistemleri
- Navigasyon ve yönlendirme
- Şehir ve bölge planlama
- Doğal afet acil eylem planlaması
- Erozyon kontrolü
- Maden rezervlerinin hesaplanması
- Silah sistemlerinin kullanım planlaması
- Radar kaplama alanlarının belirlenmesi
- 3 boyutlu kent modellemesi
- Sayısal ortofoto harita üretimi

olarak sıralanabilir [2,3].

SAM nin amacı topografik yüzeyin matematiksel olarak tanımı yapılabilen bir yüzeyle temsil edilmesidir. Bu nedenle topografik yüzey üzerinde üç boyutlu koordinatlarıyla tanımlanmış olan dayanak noktalarına gerek vardır. Dayanak noktalarının sıklığı ve dağılımı SAM nin gerçek topografyaya uygunluğunu sağlamada önemli etkindir. Uygun sayıda dayanak noktası yardımıyla topografik yüzeye ait yeni noktaların yükseklikleri elde edilir. Yeni noktaların yüksekliklerinin hesaplanmasında kullanılacak model bir yüzey enterpolasyonu ile tanımlanır. Elde edilecek yükseklik bilgilerinin doğruluğu kullanılan enterpolasyon tekniğine bağlıdır.

SAM ile ilgili iş ve işlemler üç grupta toplanır. Bunlar,

- Verilerin toplanması
- Toplanan verilerin işlenmesi
- İşlenen verilerin sunumu

dur [4].

SAM oluşturmak için gerekli olan veriler,

- Yersel ölçülerle veri toplama
- Fotogrametrik ölçülerle veri toplama
- Topografik harita ve planların taranması ve sayısallaştırılması

ile elde edilir. Yersel yöntemde elektronik mesafe ölçer, nivo ve GPS kullanılır. Fotogrametrik yöntemde ise sayısal kıymetlendirme operatörü stereo model üzerinden kritik arazi detaylarını toplar. Mevcut harita ve planların sayısallaştırılmasında ise eş yükseklik eğrileri ve diğer detaylar sayısallaştırılır.

Bunların dışında son zamanlarda SAM oluşturmak için gerekli verilerin toplanmasında lazer tarama ve interferometrik SAR yöntemleride sık olarak kullanılmaktadır [5].

### 3. GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS

GPS ile konum belirleme uydu-alıcı uzaklıklarının hesabına dayanan bir uzaydan geriden kestirme probleminin çözümüdür. GPS alıcısında yapılan temel işlem tüm yönlerden gelen sinyallerin kaydedilmesi ve bunlardan yararlanarak uydu-alıcı uzaklıklarının hesaplanmasıdır [6].

Başlangıçta statik konumlamaya yönelik taşıyıcı faz ölçmelerinin ilk kullanımlarında istenilen doğruluğa ulaşmak için saatlerce gözlem yapma zorunluluğu olmuştur. Yörüngede az sayıda GPS uydusu olması ve çeşitli modelleme hataları da gözlem sürelerinin uzamasına neden olmuştur. GPS ölçmelerini daha etkin yapma çalışmaları değişik ölçme yöntemlerinin doğmasına neden olmuştur [7].

Bu yöntemlerden biride GZK GPS tekniğidir. Bu ölçme tekniği ile kullanıcılar ölçme anında santimetre seviyesinde doğruluk elde edebilmektedir. GZK GPS yönteminde, hem referans ve hem de gezici istasyonda çift frekanslı GPS alıcıları kullanılır. Bu yöntemde statik ve kinematik GPS ölçü yöntemlerinden farklı olarak bazı ek donanımlar gerekmektedir. Sabit istasyonda hesaplanan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayımlayan bir radyo vericisi ve gezici birimde de gönderilen bu düzeltmeleri alan bir radyo alıcısı kullanılır.

GZK GPS yönteminde referans ve gezici istasyon alıcıları ne kadar çok sayıda uydu izlerse, tam sayı sabitleme işlemi o kadar hızlanır ve konum doğrulukları o kadar artar [8].

GZK GPS yönteminin diğer GPS ölçme yöntemlerine göre avantajları,

- Sonradan hesap gerektirmez
- Çalışma bölgesinde ülke koordinat sisteminde bilinen birkaç nokta (3 nokta) olması durumunda diğer noktalar anında ülke koordinat sistemine arazide dönüştürülebilir
- Tüm noktaları doğru olarak ölçme güvencesi vardır
- Koordinatları bilinen noktalara oldukça duyarlı (santimetre düzeyinde) navigasyon ve aplikasyon yapılabilir.
- Bu yöntem sayesinde GPS alıcıları çok hızlı olarak elektronik takeometre gibi kullanılabilir [7].

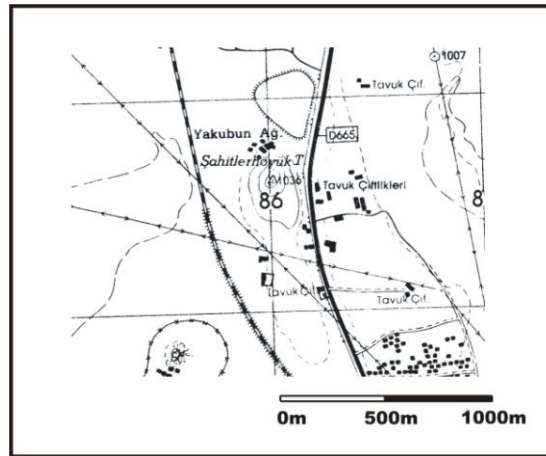
GZK GPS tüm dünyada çok geniş kullanım alanları bulmuştur. Sağladığı konum hassasiyeti (yatayda 2 cm, düşeyde 4 cm) nedeniyle, kadastro çalışmaları, imar planı uygulamaları, hali hazır harita yapımı, madencilik ölçmeleri, fotogrametri gibi bir çok jeodezik çalışmalarda kullanılmaktadır.

GZK GPS in yersel yöntemlere göre daha hızlı ve duyarlı olması ve yöntemin büyük oranda ölçü kolaylığı sağlaması sistemin haritacılık çalışmalarında kullanımını arttırmıştır. Özellikle detay noktalarının alımı ve aplikasyon gibi çalışmalarda GZK GPS sıkça kullanılır olmuştur.

#### 4. ÇALIşMA ALANI VE YAPILAN ÖLÇÜLER

Çalışma alanı olarak Kocatepe Üniversitesi (Afyonkarahisar/Türkiye) Kampüs alanı yakınlarındaki Şahitler Tepesi seçilmiştir. Şahitler Tepesi Afyonkarahisar-Eskişehir karayolunun 10. kilometresinde sol tarafta yer almaktadır. Yaklaşık 50000 m<sup>2</sup> lik bir alanı kaplamaktadır ve denizden olan yüksekliği 1036 m dir (Şekil 1). Çalışma alanında yersel ölçüler yapmak amacıyla 2 metre aralıklarla düzenli gridler

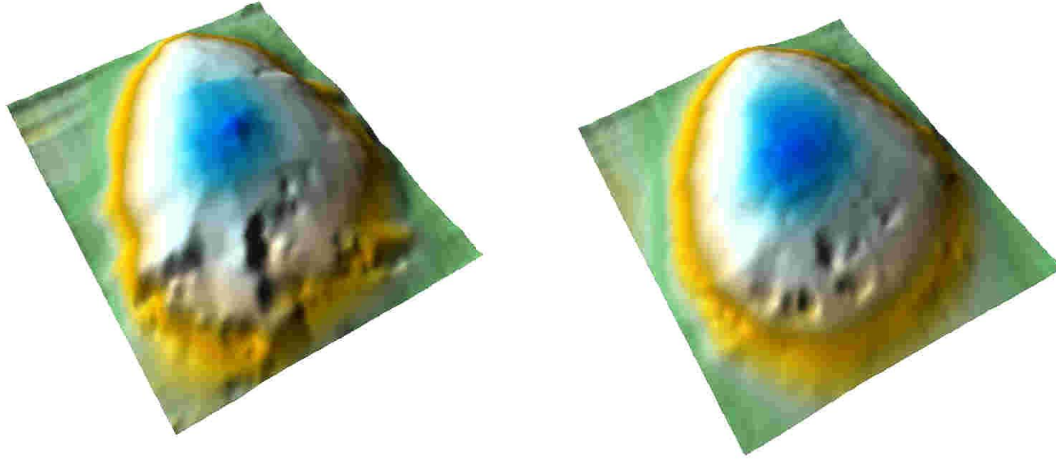
oluşturulmuş ve grid köşe noktaların Zeiss Elta RS 45 ( ) elektronik mesafe ölçer ve Pentax AL-320 nivoyla ( $\pm 0.8\text{mm/km}$ ) yersel ölçüleri yapılarak X, Y ve Z koordinatları belirlenmiştir. GZK GPS ölçü yöntemiyle ise tepede koordinatları ve yüksekliği bilinen bir nokta referans istasyon olarak alınmıştır. Gezici istasyon ile çalışma alanı dolaşılarak arazinin yapısını ortaya çıkaracak karakteristik noktalar ve detay noktaları yaklaşık 5 m aralıklarla ölçülmüştür. Referans istasyon koordinatları ülke koordinat sistemine bağlı olduğu için ölçülen detay noktalarının koordinatları aynı sistemde elde edilmiştir.



Şekil 1. Şahitler Tepesi

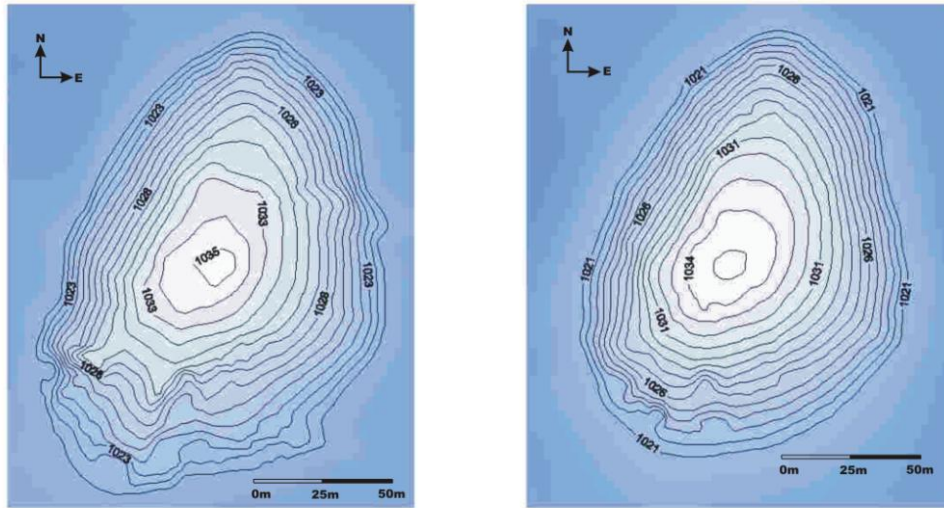
## 5. UYGULAMA

Çalışma alanına ait yersel ölçüler ve GZK GPS yöntemiyle elde edilen koordinatlar yardımıyla arazinin Kriging enterpolasyon tekniği ile SAM leri elde edilmiştir (Şekil 2).



Yersel ölçüler  
GZK GPS  
**Şekil 2.** Yersel ölçüler ve GZK GPS ölçülerinden elde edilen SAM

Çalışma alanına ait yersel ölçüler ve GZK GPS yöntemiyle elde edilen koordinatlar yardımıyla arazinin eş yükseklik eğrili gösterimi ise Şekil 3 te verilmiştir.



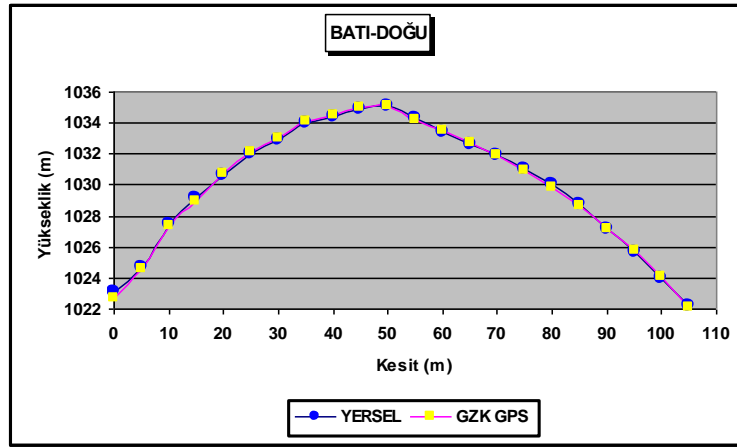
Yersel ölçüler  
GZK GPS  
**Şekil 3.** Yersel ölçüler ve GZK GPS ölçülerinden elde edilen eş yükseklik eğrileri

Arazinin topografyasını belirlemede yersel ölçüler yerine GZK GPS in kullanılabilirliğini incelemek amacıyla Batı-Doğu ve Güney-Kuzey yönlerinde Şahitler tepesinin en üst noktasından geçecek şekilde kesit oluşturulup 5 m aralıklarla noktalar belirlenmiştir. Belirlenen bu noktaların Şekil 3 teki eş yükseklik eğrilerine göre yükseklikleri enterpolasyon ile tespit edilmiştir. Bulunan bu yükseklik değerleri ve farklar Tablo 1 de verilmiştir. Her iki yönleme göre kesitlerde olan yükseklik değişimi Şekil 4 ve Şekil 5 te görülmektedir.

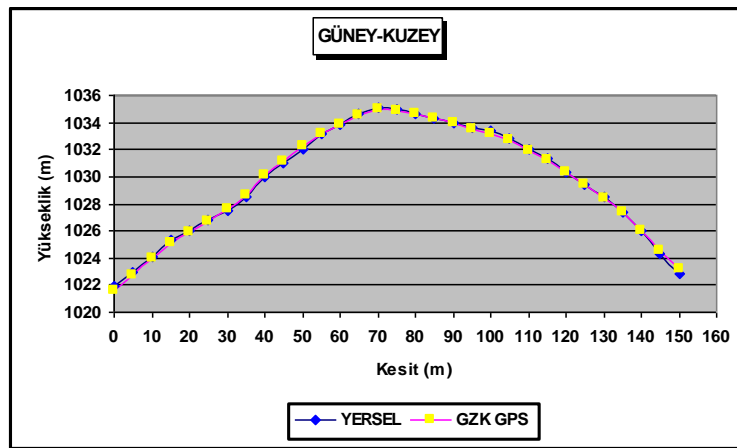
**Tablo 1.** Kesitlerdeki noktaların yükseklikleri

BATI - DOĞU				GÜNEY - KUZEY			
Nokta	Yersel (m)	GZK GPS (m)	Fark (m)	Nokta	Yersel (m)	GZK GPS (m)	Fark (m)
1	1023.05	1022.66	0.39	1	1021.96	1021.64	0.32
2	1024.70	1024.55	0.15	2	1022.93	1022.69	0.24
3	1027.50	1027.36	0.14	3	1024.11	1023.99	0.12
4	1029.11	1028.99	0.12	4	1025.33	1025.15	0.18
5	1030.65	1030.78	-0.13	5	1026.03	1025.95	0.08
6	1032.00	1032.16	-0.16	6	1026.78	1026.70	0.08
7	1032.95	1033.05	-0.10	7	1027.50	1027.55	-0.05
8	1034.06	1034.09	-0.03	8	1028.55	1028.68	-0.13
9	1034.45	1034.52	-0.07	9	1029.97	1030.13	-0.16
10	1034.95	1035.03	-0.08	10	1031.00	1031.12	-0.12
11	1035.11	1035.10	0.01	11	1032.03	1032.21	-0.18
12	1034.30	1034.18	0.12	12	1033.11	1033.13	-0.02
13	1033.45	1033.53	-0.08	13	1033.80	1033.84	-0.04
14	1032.66	1032.77	-0.11	14	1034.61	1034.48	0.13
15	1031.90	1031.90	0.00	15	1035.04	1035.01	0.03
16	1031.05	1030.98	0.07	16	1035.03	1034.91	0.12
17	1030.00	1029.83	0.17	17	1034.67	1034.63	0.04
18	1028.80	1028.62	0.18	18	1034.33	1034.35	-0.02
19	1027.20	1027.16	0.04	19	1033.91	1033.95	-0.04
20	1025.65	1025.73	-0.08	20	1033.66	1033.50	0.16
21	1023.99	1024.06	-0.07	21	1033.34	1033.19	0.15
22	1022.21	1022.11	0.10	22	1032.80	1032.69	0.11
				23	1032.06	1031.94	0.12
				24	1031.36	1031.27	0.09
				25	1030.35	1030.36	-0.01
				26	1029.46	1029.42	0.04
				27	1028.47	1028.44	0.03
				28	1027.36	1027.39	-0.03
				29	1026.00	1026.05	-0.05
				30	1024.36	1024.55	-0.19
				31	1022.81	1023.15	-0.34

Türkiye’de yürürlükte olan Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği esaslarına göre yapılan kesit kontrolünde her iki ölçü yöntemi sonucu bulunan yükseklikler arasındaki farkın %90 nının bir eş yükseklik eğrisi aralığının 1/3 ünden, %10 nunun ise bir eş yükseklik eğrisi aralığının 1/2 sinden fazla olmaması gerekmektedir. Bir eş yükseklik eğri aralığı 1 m olduğuna göre Tablo 1 incelendiğinde Batı-Doğu ve Güney-Kuzey kesitlerindeki farkların belirtilen sınırlar içerisinde kaldığı görülmektedir.



Şekil 4. Batı - Doğu kesiti yükseklik değişimleri



Şekil 5. Güney - Kuzey kesiti yükseklik değişimleri

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

GZK GPS ile elde edilen yükseklik bilgilerinin SAM oluşturmada kullanılabilirliğini incelemek için yapılan bu çalışmada, GZK GPS ile elde edilen değerlerin, yersel ölçülere yakın olduğu görülmüştür. Bu, SAM oluşturmak için gerekli verilerin GZK GPS yöntemi ile de elde edilebileceğini göstermektedir. GZK GPS yöntemiyle yükseklik verilerinin elde edilmesinin yersel ölçü yöntemlerine göre avantajı detay noktalarında bulunan gezici istasyonun sabit istasyon noktasını görme zorunluluğunun olmamasıdır. Fakat bu durum GZK GPS te kullanılan radyo vericisinin gücü ile ilgili sınırlı bir durumdur. Bu sakıncayı giderebilmek için yani sabit istasyon ve gezici istasyon arasındaki sinyalin daha çok noktayı kapsayacak şekilde yayılması için, sabit istasyonun yüksek bir noktada seçilmesi ve çevreden yansıyan sinyal bozucu etkilerden uzakta olması gerekmektedir. Bu nedenle gereken durumlarda birden fazla nokta sabit istasyon olarak kullanılabilir. GZK GPS ölçü yönteminin bir diğer avantajıda ölçü için gerekli kişi sayısının yersel ölçü yöntemine göre daha az olmasıdır. Bu da zaman, ekonomi ve işgücü tasarrufu sağlar.

Tablo 1 incelendiğinde yersel ve GZK GPS yönteminden elde edilen yükseklikler arasındaki fark Batı-Doğu kesitinde  $\pm 0.39$  m, Güney-Kuzey kesitinde  $\pm 0.34$  m dir. Tablo 1 değerlerine göre özellikle kesitlerin başlangıç ve bitiş noktalarına yakın yerlerdeki farkların büyük olduğu görülmektedir. Bu sakıncayı gidermek için SAM oluşturmada kullanılacak olan enterpolasyon tekniğindeki dayanak noktalarının çalışma alanını biraz dışarı taşması ve özellikle büyük alan çalışmalarında uygun jeoid modellerinin seçilmesi gerekmektedir. Bu şartlar sağlandığında özellikle geniş alanların SAM ni

oluştırmada kullanılacak olan veriler GZK GPS yöntemiyle de güvenilir, hızlı ve ekonomik bir şekilde elde edilmiş olur.

**Not:** Bu çalışma Uluslar arası Kartografya ve CBS Konferansı'nda bildiri olarak sunulmuştur. "International Conference on Cartography and GIS", 2006, Borovets, Bulgaria.

## 7. KAYNAKLAR

1. Arslanoğlu, M., Özçelik, M., 2005, "Sayısal Arazi Yükseklik Verilerinin İyileştirilmesi", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara
2. Maraş, H. H., 1993, "Sayısal Arazi Modeli Ürünleri", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
3. Habib, A., 2005, "Digital Terrain Modeling", Lecture Notes, [www.geomatics.ucalgary.ca](http://www.geomatics.ucalgary.ca)
4. Yıldız, F., 1992, "Sayısal Arazi Modelleri", Ders Notları, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
5. Chang, H. C., Ge, L., Rizos, C., Milne, T., 2004, "Validation of DEMs Derived from Radar interferometry, Airborne Laser Scanning and Photogrammetry by Using GPS-RTK", IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS) 2004, Anchorage, USA
6. Kahveci, M., Yıldız, F., 2001, "Global Konum Belirleme Sistemi", Nobel Yayın, Ankara
7. Mekik, Ç., Arslanoğlu, M., 2003, "Gerçek Zamanlı Kinematik GPS Konumlarının Duyarlık Analizi ve Bir Örnek Uygulama", TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara
8. Sickie, J. V., 2001, "GPS for Land Surveyors", Second Edition, Taylor&Francis, New York, USA