

# GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS KONUMLARININ STATİK GPS İLE TEST EDİLMESİ

Ertan GÖKALP

## ÖZET

Bu çalışmada gerçek zamanlı kinematik GPS ile nokta konumları belirlenerek, Statik GPS ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda; gerçek zamanlı kinematik GPS ölçülerinin birkaç cm duyarlık gerektiren konum belirleme çalışmalarında duyarlık, zaman ve insan emeği açısından, uzun ölçme ve ölçü sonrası değerlendirme işlemi olan statik veya kinematik GPS yerine kullanılabilmesi görülmüştür. Ayrıca çalışmada gerçek zamanlı kinematik GPS' in işleyişi verilmiştir.

## ABSTRACT

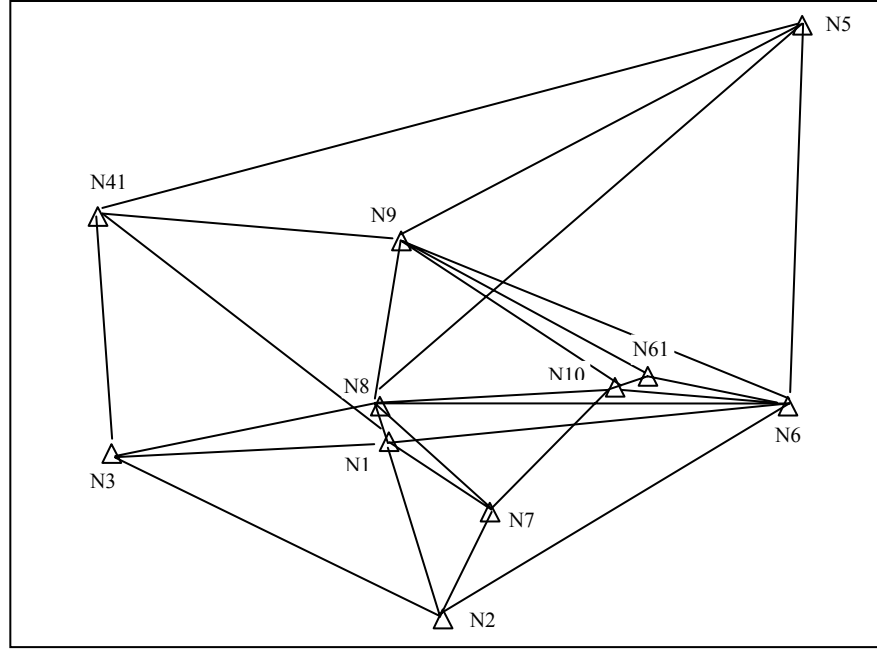
In this study, point positions have been determined by Real Time Kinematic (RTK) GPS, then compared with pre-determined Static GPS positions. Result of the comparison showed that RTK GPS measurements could be used instead of static GPS, which has long occupation times at the stations and tedious processing procedure, if cm level of accuracy required. Besides, use of RTK GPS has been given.

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada problem, Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) GPS ölçülerinin duyarlıklarının büyük ölçekli harita yapımı ve aplikasyon işlemlerinde kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu amaçla bir GPS test ağı kurularak Statik GPS ile ağın ölçümü gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar aynı ağın GZK GPS ile yapılan ölçüleriyle karşılaştırılması yoluna gidilmiştir.

GZK GPS ölçülerinin yapıldığı Statik GPS test ağı 10 noktadan oluşmakta ve ağın kenar uzunlukları 60 m ile 1206 m arasında değişmektedir Şekil-1. Noktaların konumları, 2 adet Ashtech Z surveyor alıcısı ile statik olarak ölçülmek suretiyle, AOSS (Ashtech Office Suite for Survey) yazılımı kullanılarak belirlenmiştir Tablo-1.

Ağın WGS-84 (G873) sistemindeki koordinatları 9 nolu noktanın sabit alınması sonucunda belirlenmiştir. Bazların belirlenme duyarlıkları yatayda 2 milimetrenin altında düşeyde ise 3-9 milimetre duyarlıkta değişmektedir. Baz uzunlukları en fazla 1206 m olmasına rağmen elde edilecek konum duyarlıklarının maksimum derecede iyi olması için bir çok GPS çalışmalarında önerilen hızlı statik ölçü yöntemi ve ölçü zamanından (20 dakikadan az) farklı olarak statik ölçü yöntemi ve 45 dakikalık ölçüm süresi seçilmiştir. Noktaların WGS-84 sisteminde dengelenmesi sonucu konum duyarlığı yaklaşık 4-9 milimetre arasında değişmektedir Tablo-1.



Şekil-1: Statik GPS Ağı (Yaklaşık ölçek 1/12000)

Tablo-1: Statik GPS ile Belirlenmiş Nokta Koordinatları

NN	Dengelenmiş WGS84 Koordinatları ve Standart Sapmalar						Dönüşümden Sonraki Koordinatlar ve Standart Sapmalar			
	X (m)	S <sub>x</sub> (mm)	Y (m)	S <sub>y</sub> (mm)	Z (m)	S <sub>z</sub> (mm)	X (m)	S <sub>x</sub> (mm)	Y (m)	S <sub>y</sub> (mm)
N1	3705560.068	4.7	3084140.325	4.2	4162055.204	5.1	4540356.961	2.9	564887.785	2.7
N2	3705724.477	5.5	3084365.607	5.0	4161784.480	6.0	4539975.793	0.0	564959.090	0.0
N3	3705884.207	5.6	3083789.066	5.1	4162002.777	5.9	4540297.204	3.5	564410.942	3.0
N5	3704640.913	6.1	3084182.990	5.7	4162654.501	6.3	4541260.251	3.8	565500.751	3.5
N6	3705107.034	4.3	3084535.619	4.5	4162046.048	5.4	4540417.772	1.8	565480.940	1.9
N7	3705541.431	4.7	3084315.734	4.4	4161925.513	5.4	4540196.146	3.2	565035.940	2.8
N8	3705525.996	5.3	3084094.420	4.7	4162097.498	5.6	4540425.209	3.2	564873.703	2.7
N9	3705307.250	0.0	3083944.657	0.0	4162330.340	0.0	4540774.308	3.4	564895.489	2.9
N10	3705271.450	6.8	3084336.514	6.3	4162073.437	7.6	4540436.845	4.4	565222.540	3.7
N41	3705611.662	5.8	3083538.163	5.3	4162337.127	6.5	4540792.108	3.9	564388.129	3.2
N61	3705229.403	7.6	3084376.573	7.6	4162088.809	9.4	4540453.339	5.4	565280.087	4.3

Dönüşümde kullanılan ortak noktalara (N2, N5, N6) ait ortometrik yüksekliklerin duyarlılıkları; farklı zamanlarda, farklı kurumlar tarafından ve farklı RS'lerden çıkış alınarak belirlenmesinden dolayı uyumsuzdur. Bu nedenle yükseklikler kullanılmayarak iki boyutlu Helmert dönüşümü gerçekleştirilmiştir. Dönüşüm sırasında aşağıdaki işlem adımları izlenmiştir:

- $(X, Y, Z)_{GPS}$  kartezyen koordinatları  $(\phi, \lambda, h)_{GPS}$  coğrafi koordinatlarına dönüştürülmüş,
- Yükseklik (h) atılarak,  $(\phi, \lambda)_{GPS}$  koordinatları  $(x, y)_{GPS}$  koordinatlarına tasvir edilmiş,

- 3 ortak nokta kullanılarak  $(x,y)_{GPS}$  koordinatları  $(x,y)_{LS}$  ülke koordinatlarına dönüştürülmüştür.

Dönüşüm sonunda;

Ötelemeler  $X_o = 174.54$  m,  $Y_o = -426.07$  m

Ölçek  $(\lambda) = 0.999999892$

Dönüklük  $(\alpha) = 65.97481687^{cc}$

$m_o = 0.019$  m ve  $m_p = 0.026$  m bulunmuştur.

Dönüşümden elde edilen koordinatlar N2 noktası sabit alınarak dengelenmiştir. Dengeleme sonucu ülke sisteminde konumu belirlenen noktaların konum duyarlılığı 2-6 milimetre arasında değişmektedir Tablo-1.

Test aşında GZK GPS yöntemiyle ölçülerek belirlenen konumlar, daha önce statik olarak belirlenmiş konumlarla; duyarlılık, zaman, iş gücü açısından karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda GZK GPS ile nokta konumları statik GPS' e göre ortalama 2-3 cm farklılık göstermektedir. Ayrıca GZK GPS ile ölçme zamanı ve iş gücü açısından da büyük kazanç sağlanmaktadır.

## 2. GERÇEK ZAMANLI KİNEMATİK GPS

GZK GPS uygulamaları dışındaki GPS uygulamaları, verilerin ölçü sonrası değerlendirilmesi sonucunda konum bilgilerini elde etmektedir. Bunlar statik ve kinematik ölçü yöntemleri olarak genellenebilir.

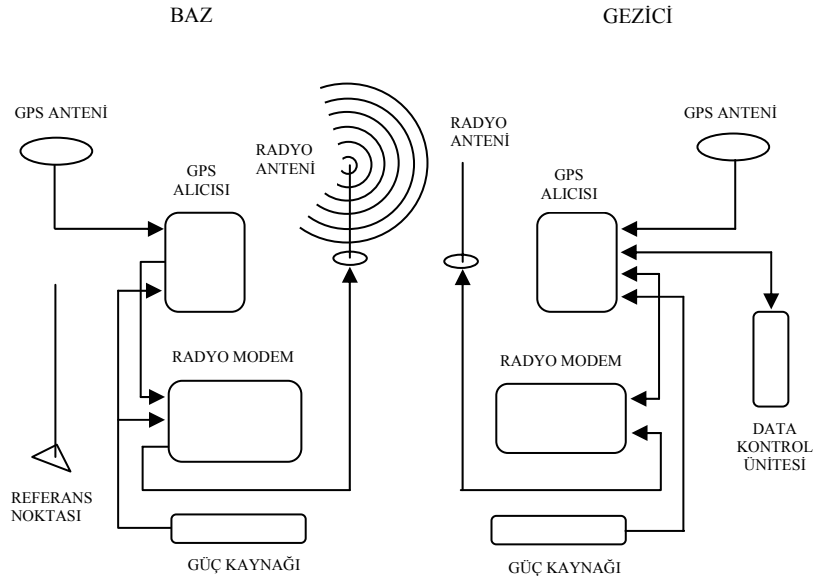
Statik GPS ölçme yöntemi özellikle yüksek duyarlılık gerektiren uzun bazlar söz konusu olduğunda ve sistematik etkilerin dikkate alınması durumunda en uygun ve en iyi yöntemdir. Bu ölçü yönteminde, iki ya da daha fazla alıcı ile bir saat civarında eş zamanlı ölçü yapılmaktadır. Çok uzun bazlar söz konusu olduğunda ya da çok yüksek doğruluk istendiğinde bu süre amaca göre birkaç saat veya daha fazla olabilir. Bu yöntemle elde edilebilecek baz ölçüm doğruluğu 5 mm + 1 ppm dir /5/.

Kinematik GPS ölçü yönteminde ise bir alıcı bilinen noktada sabit olarak kurulur ve diğer alıcı (gezici) bilinen veya herhangi bir noktaya kurularak tam sayı faz belirsizliğinin çözümü için gerekli veri toplanana kadar ölçüye statik durumda devam edilir. Daha sonra diğer noktalarda veya gezicinin izlediği yol boyunca ölçüye devam edilerek noktaların veya hareket halindeki antenin konumu belirlenmiş olur. Bu yöntemde gezici alıcının en az 4 uydu bağlantısı ölçü süresince kesilmemelidir. Aksi takdirde tam sayı faz belirsizliği yeniden belirlenmelidir. Bu yöntemle elde edilebilecek baz ölçüm doğruluğu 1-2 cm + 1 ppm dir /5/.

Bazı büyük ölçekli haritalama çalışmalarında veya bir çok mühendislik uygulamalarında konumların anında bilinmesi gerekebilir ve/veya faydalı olabilir. Bu ise ancak GZK GPS 'in kullanılması ile mümkündür.

GZK GPS ölçümü gerçekleşmesi için biri baz diğeri gezici olmak üzere en az iki adet GPS alıcısına ihtiyaç vardır. Bu alıcılar anten ve radyo modeme sahip olmalıdır. Genellikle baz

istasyonu radyo sinyalini gönderecek, gezici ise bu sinyali alacak şekilde donanım gerçekleştirilmiştir Şekil-2.



Şekil-2: GZK GPS de baz ve gezici alıcı konfigürasyonu.

Bu ölçü yöntemi 1980' li yılların ortalarında Differential GPS (DGPS) olarak ortaya çıkmıştır. DGPS' in işleyişini kısaca matematiksel olarak vermek istersek:

Baz alıcıda  $i$ . uyduya yapılan kod ölçüsü  $P_{RO}^i$ , aynı şekilde baz alıcı ile uydu arasındaki gerçek uzunluk  $\rho_{RH}^i$  olsun. Bu durumda ikisi arasındaki fark baz istasyonundaki psodyo uzunluk düzeltmesini verecektir.

$$S_0 = P_{RO}^i - \rho_{RH}^i$$

Gezici alıcı tarafından hesaplanan  $t$  anındaki uydu-alıcı uzaklıkları  $S(t)$ , baz alıcıdan gönderilen mesaj bilgileri yardımıyla,

$$S(t) = S_m(t) + S_0 + (dS / dt) (t-t_0)$$

eşitliğiyle hesaplanmaktadır /4/. Burada:

$S_m(t)$  :  $t$  anındaki metre biriminde alıcı tarafından hesaplanan uydu-alıcı uzaklığı (psodyo uzunluk)

$S_0$  :  $t$  anındaki psodyo uzunluk düzeltmesi

$(dS / dt)$  : Psodyo uzunluk düzeltmesi değişim oranı

$t_0$  : Mesaj içerisindeki veriler için referans zamanı.

Yukarıda açıklanan yöntemin Real Time Kinematic (RTK) diye anılan yöntemden genel çalışma şekli açısından hiçbir farkı yoktur fakat RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) da taşıyıcı dalga faz ölçüleri kullanılmakta dolayısıyla baz istasyonundan psoydo uzunluk veya kod düzeltmeleri yerine faz düzeltmeleri gönderilmektedir. Bu durumda taşıyıcı dalga faz ölçülerinde bulunan tam sayı faz belirsizliğinin de ölçme anında belirlenmesi gerekir. Belirsizliğin çözümü için OTF (On The Fly) yöntemi kullanılır. RTK yöntemi 1990' ların başında ortaya çıkmıştır ve bu sayede gerçek zamanda yüksek duyarlıkta konum belirleme mümkün olmuştur (birkaç cm seviyesi). Düzeltme mesaj formatı Radio Technical Commission for Maritime Services (RTCM) tarafından tanımlanan standart bir formattır. Tablo-2 de RTCM SC-104 version 2.1 verilmiştir /7/. RTK çalışmalarının daha iyileştirilmesi amacıyla RTCM SC-104 Ocak 1998 de standard formatı 2.2 sürümünü yayımlamıştır /6/. Bazı GPS alıcısı üreticilerinin RTCM SC-104 formatına alternatif kendi özel formatları da mevcuttur.

Tablo-2: RTCM SC-104 Mesajlarındaki bilgiler

1	Psoydo uzunluk düzeltmesi	13	Yer yayınlayıcı parametreleri
2	Delta psoydo uzunluk düzeltmesi	14	Yardımcı ölçme parametreleri
3	Referans istasyon koordinatları	15	İyonosfer ve troposfer ölçü parametreleri
4	Survey ölçüleri	16	Özel ASCII mesajları
5	Uydu konumu sağlık bilgileri	17	Efemeris almanağı
6	Boş	18	Düzeltilmemiş taşıyıcı faz ölçüleri
7	Yer istasyonu almanağı	19	Düzeltilmemiş kod psoydo uzunluk ölçüleri
8	Taklit uydu almanağı	20	Taşıyıcı faz ölçülerine düzeltmeler
9	Yüksek hızda L1 ve L2 diferansiyel düzeltmeleri	21	Psoydo uzunluk faz ölçülerine düzeltmeler
10	P kod diferansiyel düzeltmeleri	22-58	Tanımsız
11	C/A kod L1 ve L2 düzeltme farkları	59	Uygun mesaj
12	Taklit uydu istasyon parametreleri	60-63	Çok amaçlı mesaj

### 3. ARAZİ ÖLÇÜMLERİ VE GZK YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Arazi ölçmelerinde gerçek zamanlı donanıma sahip 2 adet Ashtech Z surveyor alıcısı ve data kontrol ünitesi olarak Husky kullanılmıştır. Donanımda kullanılan radyo Spread Spectrum özelliğine sahip ve açık arazide 15 km, sık yapılaşmış ve ağaçlık bölgelerde ise 3-5 km mesafeye data gönderebilmektedir.

Koordinatları statik GPS ile belirlenen bu ağda, ilk önce N61 nolu nokta baz istasyon olarak seçilmiştir. Ancak bu noktanın diğer noktalara göre yüksekliğinin düşük olması ve binalarla çevrili olmasından dolayı bazı noktalarda (N41, N5) bazdan gönderilen sinyal gezici alıcı tarafından alınamamıştır. Bu nedenle GZK GPS uygulaması aşamasında N1 nolu nokta baz istasyon olarak seçilmiştir. Bu noktanın baz olarak seçiminde bölgenin yapılaşmış olması etkili olmuştur. Çünkü bu nokta, diğer noktaların çoğundan daha yüksektedir. Ayrıca bu noktadan ağdaki çoğu noktaya direkt görüş mevcuttur. Bu ise radyo sinyalinin bazdan gezici alıcıya iletilmesinde yapılaşmanın bir problem olmasını önlemiştir.

Baz noktasının bilinen koordinatları baz alıcıya yüklendikten sonra, gezici alıcı ile noktaların konumları gerçek zamanlı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Her noktada gezici jalon büyük bir itina ile düzeçlenmeye çalışılmış ve nokta yatay konum duyarlılığı (hrms) 2 cm nin altında ve fixed çözüm elde edilmiş ise noktanın konumu Husky de kaydedilmiştir. Fixed

çözüm faz ölçülerindeki tam sayı faz belirsizliğinin tam sayı olarak belirlendiği durumdur /8/. Bu şekilde belirlenen konumlar Tablo-3 de verilmiştir. Daha önce de giriş bölümünde belirtilen sebepten dolayı yükseklik bilgileri karşılaştırmaya alınmayacağından arazide belirlenen yükseklik bilgileri Tablo-3 de sunulmamıştır. N61, N6 ve N41 noktalarında uydu sayısının ölçüm esnasında 4 veya 5 gibi olması ve HDOP (Horizontal Dilution of Precision) un büyük olması gibi sebeplerle (5 ve yukarı) konum duyarlılığı ancak 3-4 cm civarlarında belirlenebilmiştir. Bu gibi noktalarda DOP (Dilution of Precision) iyileştikten sonra konum belirlenmesi tavsiye edilebilir veya ölçüye başlamadan önce DOP (uyduların geometrik dağılımı) durumları ve uydu sayıları belirlenerek en uygun ölçüm zamanının belirlenmesi de daha iyi bir çözümdür.

Tablo-3: Gerçek Zamanlı Kinematik GPS ile Belirlenmiş Ülke Sistemindeki Nokta Koordinatları.

NN	X (m)	Y (m)	Duyarlık (formal) (m)	Ortalama X (m)	Ortalama Y (m)
<b>N1 (sabit)</b>	4540356.962	564887.785			
<b>N2</b>	4539975.795 4539975.797 4539975.798 4539975.802	564959.146 564959.150 564959.138 564959.145	0.013 0.013 0.013 0.013	4539975.798	564959.145
<b>N3</b>	4540297.166 4540297.161 4540297.164 4540297.170	564410.943 564410.940 564410.943 564410.946	0.014 0.014 0.014 0.014	4540297.165	564410.943
<b>N5</b>	4541260.302 4541260.306 4541260.304 4541260.302	565500.650 565500.658 565500.664 565500.664	0.016 0.016 0.016 0.016	4541260.304	565500.659
<b>N6</b>	4540417.771 4540417.784 4540417.783 4540417.796	565480.926 565480.930 565480.930 565480.928	0.036 0.036 0.036 0.036	4540417.784	565480.929
<b>N7</b>	4540196.163 4540196.158 4540196.156 4540196.156	565035.953 565035.938 565035.948 565035.942	0.013 0.013 0.013 0.013	4540196.158	565035.945
<b>N8</b>	4540425.196 4540425.198 4540425.198 4540425.200	564873.680 564873.677 564873.681 564873.680	0.012 0.012 0.012 0.012	4540425.198	564873.680
<b>N9</b>	4540774.289 4540774.283 4540774.283 4540774.293	564895.457 564895.460 564895.460 564895.460	0.013 0.013 0.013 0.013	4540774.287	564895.459
<b>N10</b>	4540436.843 4540436.839 4540436.845 4540436.847	565222.552 565222.560 565222.553 565222.556	0.012 0.012 0.012 0.012	4540436.844	565222.555
<b>N41</b>	4540792.088 4540792.091 4540792.095 4540792.097	564388.046 564388.048 564388.045 564388.034	0.024 0.024 0.024 0.024	4540792.093	564388.043
<b>N61</b>	4540453.367 4540453.356 4540453.351 4540453.354	565280.092 565280.083 565280.081 565280.083	0.026 0.026 0.026 0.026	4540453.357	565280.085

Nokta konumları nokta üzerine gelmeden önce alet fixed çözümü bulmuş ise, nokta üzerinde iken her bir kayıt için 5-10 sn olmak üzere 4'er kez belirlenmiştir. Bunun nedeni nokta üzerinde konum belirlerken 2 m lik jalon antenin kullanılması ve antenin küresel düzünün düzeçlenmesinin zorluğudur. 4 kez konum belirleme ve sonucunda ortalama alınmasıyla düzeçlemeden doğacak hatanın minimuma indirilmesi sağlanmıştır.

Alıcı anteni eğer kapalı bir alana girmiş ise (binaların arası veya ağaçlık bölge) fixed çözüm elde edilmesi için bir miktar beklenilmesi gerekmiştir. Bu gibi durumlarda, uydu sayısının çok olması ve baz istasyonundan fazla uzak olunmaması fixed çözüm elde edilmesi işlemi daha kolaylaştırmış ve hızlandırmıştır. Genel olarak bu çalışmada uydu sayısı 5 ise 1-2 dakika, 6 ve yukarı ise 1 dakikanın çok altında fixed çözüm sağlanmıştır.

#### 4. GERÇEK ZAMANLI BELİRLENEN KONUMLARIN STATİK GPS SONUÇLARIYLA KARŞILAŞTIRILMASI

Statik olarak belirlenen koordinatlar ile gerçek zamanlı belirlenen koordinatlar karşılaştırıldığında noktaların koordinatları arasında aşağıdaki farklılıklar bulunmuştur. Karşılaştırmada, Statik GPS ölçülerinin daha uzun süreli olması ve ölçü sonrası değerlendirilmeleri nedeniyle GZK dan daha duyarlıklı olduğu kabul edilmiştir. Karşılaştırma sonucu farklar Tablo-4 de verilmiştir.

Tablo-4: Statik ve GZK GPS konumlarının farkları.

Farklar	$\Delta X$ (m)	$\Delta Y$ (m)	$(\Delta X^2 + \Delta Y^2)^{0.5}$ (m)	N1 göre Uzaklık (m)
N2 <sub>s</sub> -N2 <sub>r</sub>	0.005	-0.055	0.06	387.785
N3 <sub>s</sub> -N3 <sub>r</sub>	0.039	-0.001	0.04	480.577
N5 <sub>s</sub> -N5 <sub>r</sub>	-0.053	0.090	0.10	1091.624
N6 <sub>s</sub> -N6 <sub>r</sub>	-0.012	0.011	0.02	596.254
N7 <sub>s</sub> -N7 <sub>r</sub>	-0.013	-0.005	0.01	218.653
N8 <sub>s</sub> -N8 <sub>r</sub>	0.010	0.022	0.02	69.680
N9 <sub>s</sub> -N9 <sub>r</sub>	0.020	0.029	0.03	417.397
N10 <sub>s</sub> -N10 <sub>r</sub>	0.000	-0.015	0.02	344.169
N41 <sub>s</sub> -N41 <sub>r</sub>	0.015	0.085	0.09	662.633
N61 <sub>s</sub> -N61 <sub>r</sub>	-0.018	0.002	0.02	403.970

Tablo-4 de s ve r indisleri sırasıyla statik ve gerçek zamanlı anlamına gelmektedir. Farklara bakıldığında elde edilen değerlerin statik GPS den ortalama 2-3 cm farklılık gösterdiği görülmektedir. Bu durum ise ölçüm zamanının kısalığı göz önünde bulundurulduğunda GZK GPS den çok iyi sonuç alınabileceğini göstermiştir. Ancak baz istasyonu ile diğer noktalar arasındaki mesafelerin kısa oluşu ve baz istasyonunun veri iletişimi için en uygun nokta olması bu sonucun alınmasında etkili olmuştur. Baz istasyonundan uzaklaştıkça Tablo-4 den görüleceği gibi GZK GPS konumları ile statik GPS konumları arasındaki fark artmaktadır.

Statik ve GZK GPS' in arazide ölçüm zamanı karşılaştırılmak istenirse; bu çalışmada bir bazın statik olarak yaklaşık 45 dakika da ölçüldüğü kabul edilir ve ağdaki baz sayısının 26 olduğu dikkate alınır bu sürenin yaklaşık 1170 dakika olduğu görülür. Burada bir noktadan diğer noktaya gitmek için gerekli süre dikkate alınmamıştır. Buna karşın GZK GPS ile ölçüm

süresi nokta başına yaklaşık 10 sn civarındadır. Bu süre nokta üzerinde bir kez kayıt alındığı ve fixed çözümün korunduğu durumlarda geçerlidir. Eğer konumu belirlenecek noktaya gelirken alıcı kapatılmış veya hareket halinde iken uydular ile olan sinyal bağlantısını kaybetmiş ise bu süreye tam sayı faz belirsizliğinin belirlenme süresinin de (1-2 dakika) eklenmesi gerekir. Görüldüğü gibi GZK GPS statik GPS ile kıyaslandığında zaman açısından büyük kazanç sağlanmıştır. Ayrıca gerçek zamanlı verilerin değerlendirilmesi için de herhangi bir zaman harcanmamıştır. Bilindiği gibi statik GPS de bu belli bir zaman almakta ve ölçümden iyi bir sonuç alınıp alınmadığı ancak değerlendirme sonucu anlaşılmaktadır.

İnsan emeği açısından GZK GPS de baz istasyonu olarak seçilen nokta güvenli bir yer ise gezici alıcısındaki 1 kişiyle işlem yürütülebilmektedir.

Duyarlık açısından inceleme yapılırsa tabi ki statik GPS' in daha duyarlıklı olacağı açıktır. Fakat işten beklenen duyarlık ortalama 2-3 cm civarında ve baz ile konumu belirlenecek noktalar arası çok uzun değil ise GZK GPS büyük ölçekli harita yapımı için gerekli duyarlığı sağlayacak niteliktedir. Noktalar arasındaki mesafenin çok uzun olmamasındaki kasıt, baz alıcıdan gezici alıcıya iletilen radyo mesajının sağlıklı bir şekilde ulaştırılabilmesidir. Bu da uygulamada kullanılan radyo vericisinin gönderme gücü ve özelliklerine, baz noktasının konumuna bağlıdır. Ayrıca yapılan çalışmada görülmüştür ki GZK GPS de uydu sayısı önemli bir faktördür. Genelde literatürde 5 ve yukarı uydu ile ölçümün gerçekleştirilmesi tavsiye edilir /1/. Eğer uydu sayısı 6 ve yukarı ise alıcının fixed çözüm bulma zamanı ve konum belirleme duyarlığı artmaktadır. Ayrıca DOP durumu önemlidir. Bilindiği gibi konum duyarlığı ile DOP arasında doğrudan ilişki vardır. Bu ilişki  $\sigma = \sigma_0 * DOP$  ile belirlidir /2,3/. Burada  $\sigma$  konum duyarlığı,  $\sigma_0$  ölçü duyarlığıdır. Bu durumda DOP değeri büyüdükçe elde edilecek konum duyarlığının da düşeceği açıktır.

## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bugün GZK GPS sadece jeodezi alanında değil bir çok alanda konum belirleme amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle yüksek duyarlıklı jeodezik nokta tesisi ve deformasyon çalışmaları hariç bir çok büyük ölçekli haritacılık çalışmasında 2-3 cm duyarlık yetmektedir. Bu da GZK GPS' in jeodezide çok yaygın olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışmada görülmüştür ki sözü edilen duyarlık elde edilebilmekte ve arazide ölçüm süresi de minimuma indirilmiş bulunmaktadır. Özellikle poligonlama çalışmalarında, detay alımında ve aplikasyonda GZK GPS büyük kolaylık sağlayacaktır.

Çalışma bölgesinin büyüklüğünün çalışma üzerindeki en önemli etkisi noktalar arasındaki mesafelerin kısa oluşu nedeniyle tek bir baz istasyonu ile tüm noktalarda konum belirlenebilmesidir. Ayrıca literatürde /10/ GZK GPS için verilen 1-2 cm + 2 ppm lik konum duyarlığına ulaşılmıştır.

GZK GPS de radyo vericisinin gücü sınırlayıcı bir faktördür. Bu uygulamada da karşılaşıldığı gibi verici sinyali bazı noktalarda alıcıya ulaşmıyor ise yüksek bir noktanın baz seçilmesi ve çevreden yansıyan sinyal oluşmamasına dikkat edilmesi gerekmektedir. Ayrıca tek bir bazdan tüm çalışma bölgesindeki noktalara veri iletişimi sağlanamıyor ise baz noktası olarak birden fazla nokta kullanılabilir.



Uydu sayısının ölçüm sırasında fazla olmasını sağlamak için ölçüm öncesi planlama yapılması gereklidir. Özellikle yapılaşmanın çok olduğu, ağaçlık ve vadi gibi yerlerde planlama yapılması ölçüm sırasında oluşabilecek bir çok problemi engelleyebilir. Son zamanlarda geliştirilen GPS-GLONASS RTK alıcılarının kullanılması da gerekebilir. Bu sayede ölçüm sırasında kullanılan uydu sayısı şu anki 28 tane GPS ve 14 tane GLONASS uydusu ile yaklaşık iki katına çıkacaktır /9/. Bu ise çok kapalı alanlarda bile en az 5 uydu ile ölçüm işlemini problemsiz gerçekleştirebilecektir.

## KAYNAKLAR

- /1/ Diggelen, F. : GPS and GPS+GLONASS RTK, ION GPS, Kansas City, September, 1997.
- /2/ Eren, K., Uzel, T. : GPS Ölçmeleri, Yıldız Teknik Üniversitesi Matbaası, İstanbul, 1995.
- /3/ Hofmann, W. B., Lichtenegger, H., Collins. : GPS Theory and Practise, Springer-Verlag, TELOS, 1997
- /4/ Kınık, İ., Kahveci, M., Ocak, M. : Diferansiyel GPS (DGPS) ve uygulama alanları, Harita Dergisi, No: 115, Sf. 44-64, Temmuz 1995.
- /5/ Kınık, İ., Kahveci, M. : GPS ile pratik konumlama uygulamaları, TUJJB Bildiri Kitabı, Sf. 143-163, Ankara, 8-11 Haziran 1993.
- /6/ Langley, R. B. : RTK GPS, GPS World, September, 1998.
- /7/ Leick, A. : GPS Satellite Surveying, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1995.
- /8/ Leick, A., : Introducing GPS surveying techniques, ACSM Bulletin, July/August, 1992.
- /9/ Lewandowski, W., Azoubib, J., : GPS+GLONASS: Towards subnanosecond time transfer, GPS World, November 1998.
- /10/ Sumpter, C. W., Asher, W.G. : Real Time Kinematic GPS for kadastral surveys, ASPRS/ACSM Bulletin, 1994.