

AVRUPA DÜŞEY GPS REFERANS AĞI (EUVN) ÖLÇÜLERİNİN DEĞERLENDİRME SONUÇLARI: TÜRKİYE ALT AĞI

Muzaffer KAHVECİ
Ali TÜRKEZER
Mustafa OCAK

ÖZET

Avrupa Düşey GPS Referans Ağı (EUVN97) GPS Kampanyası 21-29 Mayıs 1997 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir Harita Genel Komutanlığı bu kampanyaya yedi noktada ölçü yaparak katılmıştır. F.UVN97 GPS ağı sekiz alt gruba bölünmüş olup Harita Genel Komutanlığı'nın; yedi tanesi Türkiye'de, dört tanesi diğer alt gruplarla ortak ve dört tanesi de Uluslararası Jeodinamik amaçlı GPS Hizmeti (IGS) noktası olmak üzere toplam 15 noktadan oluşan Türkiye alt ağı ölçülerim değerlendirme amacıyla sekiz Analiz Merkezi (AC)'nden biri olması kabul edilmiştir.

EUVN97 GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde en uygun değerlendirme stratejilerinin belirlenmesi amacıyla üç farklı yöntem uygulanmıştır Birinci yöntemde, GPS ölçüleri 15 derecelik veri toplama yükseklik açısı kullanılarak ve uydu yükseklik açısına bağlı ağırlıklandırma yapmadan değerlendirilmiştir İkinci yöntemde, GPS ölçüleri beş derecelik veri toplama yükseklik açısı kullanılarak, yükseklik açısına bağlı ağırlıklandırılmalı ve ağırlıklandırmaz (eş ağırlıklı) değerlendirilmiştir. Üçüncü yöntemde GPS ölçüleri 5 ve 15 derecelik veri toplama yükseklik açıları ile uydu bağımlı ağırlıklandırmalar kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmeler Harita Genel Komutanlığı'nda mevcut Sun Solaris çalışma istasyonundaki Bernese V4.0 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Değerlendirme Öncesi 5 derecelik veri toplama yükseklik açısı ve yükseklik açısına bağlı ağırlıklandırılmalı çözüm yöntemi kullanılarak en uygun sonuçların elde edileceği düşünülmüştür, Ancak, Türkiye alt ağı birleştirme sonuçlarının karşılaştırılması ile 15 derecelik veri toplama yükseklik açısı kullanılarak yapılan çözümlerin daha iyi tekrarlılık gösterdiği belirlenmiştir. Bununla birlikte 5 ve 15 derecelik çözümler arasında istatistik anlamda önemli bir fark bulunmamaktadır. Dolayısıyla, sözkonusu üç yöntemden hangisinin en uygun değerlendirme stratejisi olduğu konusunda kesin sonuç elde edilememiştir. Çünkü, her üç yöntemde de yaklaşık aynı mertebede doğruluklar elde edilmiştir. Sonuç olarak, 15 derecelik veri toplama yükseklik açısı kullanılarak yapılacak değerlendirmelerin yeni stratejiler geliştirilene kadar (farklı indirgeme fonksiyonlarının kullanılması vb.), standart değerlendirme stratejisi olarak kabul edilmesinde yarar olduğu düşünülmektedir.

ABSTRACT

The European Vertical GPS Reference Network (EUVN) GPS Campaign was carried out from 21 to 29 May 1997. Turkey participated in this campaign by performing observations at seven sites. The network was divided into eight subnetworks, and General Command of Mapping(GCM)/Turkey was accepted as one of the eight Analysis Centers(AC) to process the subnetwork which covers the seven Turkish sites together with the eight additional overlapping and IGS sites.

Three strategies were applied in the post processing to determine the optimal processing strategy for this campaign The first strategy was to process the data with an elevation angle of 15 degrees without elevation dependent weighting, the second strategy was to process the data with an elevation angle of 5 degrees both with and without elevation dependent weighting, The third strategy was to use satellite specific weights both for 5 and 15 degrees elevation angles. The processing was performed using the Bernese V4.0 software running on Sun Solaris system at GCM.

It is expected that the 5 degree solution would give the best result. But the comparison results show that 15 degree solution seems to be more homogeneous. There is no significant difference

between the 5 and 15 degrees solutions in statistical sense. Hence, It is difficult to decide which strategy is optimal, because all the three solutions give comparable results. On the other hand it may be a good strategy to repeat the processing using different mapping function(s), (e.g Niell, 1993) which are reported to be more effective for the processing of GPS data from lower elevation angles (5 degrees etc.). Consequently, processings using 15 degrees cut-off elevation angle should be accepted as standard solution strategy until the new processing strategies are achieved (i. e. using new mapping functions etc.).

I. GİRİŞ

Avrupa Düşey GPS Referans Ağı (EUVN), Avrupa ülkelerinde kullanılan farklı yükseklik sistemlerinin birleştirilerek tek anlamlı hale getirilmesi için oluşturulmuştur /1/, /2/, /3/. EUVN'in temel amaçları aşağıdaki şekilde sıralanabilir, /4/:

- Tek anlamlı bir Avrupa Yükseklik Datumu tanımlamak.
- Mutlak deniz düzeyi değişimlerinin belirlenmesi çalışmalarına katkı amacıyla Avrupa'daki mareograf noktaları arasında bağlantı gerçekleştirmek.
- Avrupa jeoidi belirlenmesi için yüksek doğruluklu noktalar (fiducial points) tesis etmek.
- Avrupa Düşey Kinematik Ağı'nın oluşturulması.

EUVN97 kampanyası Avrupa genelinde 195 noktayı kapsamakta olup bunların 79 tanesi Avrupa Referans Ağı (EUREF), 53 tanesi nivelman düğüm noktası ve 63 tanesi de mareograf noktasıdır. EUVN ile ilgili ayrıntılı bilgi /5/'de verilmektedir.



Şekil-1. EUVN97 GPS Kampanyasında Türkiye'de Ölçü Yapılan Noktalar

EUVN GPS kampanyası 21-29 Mayıs 1997 tarihleri arasında tüm noktalarda 24 saat sürekli ve eşzamanlı gözlem yaparak gerçekleştirilmiştir. Harita Genel Komutanlığı bu kampanyaya üç mareograf (Erdek, Menteş, Antalya), üç SLR (Yığılca, Melengiçlik, Yozgat) ve bir IGS/EUREF (Ankara) noktasında olmak üzere toplam yedi noktada GPS ölçüşü yaparak katılmıştır (Şekil-1).

EUVN97 GPS kampanyası tamamlandıktan sonra, GPS ölçülerim değerlendirme stratejilerim, alt grupları ve Analiz Merkezlerim belirlemek amacıyla 17-18 Eylül 1997 tarihlerinde Alman Jeodezi ve Kartoğrafya Dairesi (BKG)'nin Leipzig/Almanya şubesinde bir toplantı yapılmıştır. Bu toplantıda EUVN97 Ağı'nın sekiz alt gruba ayrılmasına, her alt gruba ait verilerin bir analiz merkezi tarafından değerlendirilmesine karar verilmiştir. Toplantıda Harita Genel Komutanlığı'na, Türkiye'de GPS ölçüşü yapılan yedi noktaya (Erdek, Menteş, Antalya, Ankara, Yığılca, Melengiçlik, Yozgat) ek olarak diğer alt gruplarla ilişkiyi sağlayan dört bağlantı noktası (Burgas, Dionysos, Nicosia, Simeis) ve dört IGS noktası (Matera, Zwenigorod, Kitab, Penc) olmak üzere toplam 15 noktanın değerlendirilmesinden sorumlu Analiz Merkezi görevi verilmiştir, (Şekil-2). EUVN97 GPS kampanyası ve oluşturulan alt gruplara ilişkin verileri değerlendirmekle görevlendirilen Analiz Merkezleri, değerlendirdikleri verilerin toplandığı ülke ve bölgeler Tablo-1 'de gösterilmiştir.

Tablo-1. EUVN97 Bölgesel Analiz Merkezleri ve Değerlendirecekleri Alt Gruplar (Ülke ve Bölgeler)

Analiz Merkezi	Alt Gruplar
Avusturya (institute for Space Research, Graz)	italya, Slovenya, Hırvatistan, Yunanistan, Bulgaristan, Romanya, Makedonya, Kıbrıs
Belçika (Royal Observatory of Belgium)	izlanda, ingiltere, ırlanda
Çek Cumhuriyeti (Research institute of Geodesy, Zdiby)	Portekiz, ispanya, Gibrahar
Fransa (institute Geographique National)	Fransa
Almanya (Bundesamt für Kartographie und Geodasie)	Almanya, Danimarka, Belçika, Hollanda, İsviçre, Avusturya, Çek Cumhuriyeti
Polonya (Space Research Center, Warsaw)	Macaristan, Slovakya, Polonya, Latvia, Ukrayna
İsveç (Nordic Geodetic Commission)	İsveç, Norveç, Finlandiya, Estonya, Litvanya
Türkiye (Harita Genel Komutanlığı)	Türkiye
Finlandiya (Finnish Geodetic institute)	BSL (Baltık Denizi GPS Ölçüleri)
Almanya (Technical University of Dresden)	BSL (Baltık Denizi GPS Ölçüleri)

Değerlendirmelerde, birinci öncelik 15 derece (veri toplama) yükseklik açışı kullanılarak ve ölçüleri yükseklik açısına bağlı ağırlıklandırmadan elde edilecek çözüme verilmiştir ikinci öncelik ise ölçülerin 5 derece yükseklik açışı kullanılarak, yükseklik açısına bağlı ağırlıklandırılmalı ve eş ağırlıklı çözümlere verilmiştir. Üçüncü öncelik ise 5 ve 15 derece yükseklik açılan kullanılarak, IGS yörünge bilgisi dosyaları içinde verilen doğruluk kodlarına bağlı olarak uydu bağımlı ağırlıklandırılmalı çözüme verilmiştir.

Harita Genel Komutanlığı'nın değerlendirilmesini üstlendiği Türkiye alt ağına ilişkin bilgi İkinci bölümde, değerlendirme stratejileri üçüncü bölümde, her üç çözüm yöntemine ait değerlendirme sonuçları dördüncü bölümde sunulmaktadır. Çözümlerin duyarlılıkları Helmert dönüşümleri ve tekrarlılık hesaplamaları ile kontrol edilmiş olup elde edilen sonuçlar beşinci bölümde, değerlendirmede kullanılan IGS nokta koordinatları an n ı n yayımlanmış ITRF96 koordinatları ile karşılaştırılmasına ilişkin sonuçlar altıncı bölümde, sonuçlar ise yedinci bölümde sunulmuştur.

2. TÜRKİYE ALT AGF'İN TANITIMI

Harita genel Komutanlığı EUVN97 GPS kampanyasına yedi noktada ölçü yaparak katılmıştır. Bu ölçülerde altı noktada Trimble 4000SSE alıcısı ve bir noktada (Ankara sabit GPS istasyonu) Turbo Rogue SNR-8000 alıcısı kullanılmıştır. HGK tarafından değerlendirilen noktalara ait bilgiler, kullanılan alıcı/anten modelleri ve anten yükseklikleri Tablo-2'de verilmekte, ölçü noktaları ve değerlendirilmede kullanılan bazlar ise Şekil-2'de gösterilmektedir.

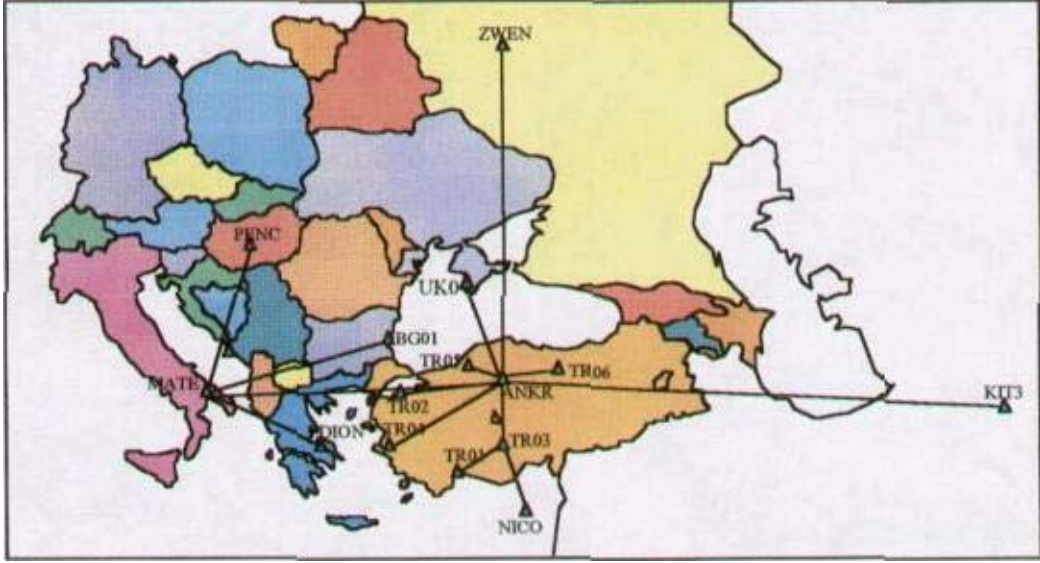
Tablo-2. Türkiye Alt Ağı'na ilişkin Bilgiler

Nokta Adı	EUVN Kodu	Nokta özelliği	Alıcı Modeli	aNTEN Modeli	Anten Yüksekliği (m)
ANKARA	ANKR	IGS/EUREF	ROGUE SNR-8000	DORNE MARGOLINT	0.060
ANTALYA	TROI	MAREOGRAF	TRIMBLE 4000 SSE	4000 ST L1/L2 GEOD	1.295
ERDEK	-rR02	MAREOGRAF	TRIMBLE 4000 SSE	4000 ST L1/L2 GEOD	1.531
MELENGICLIK	TR03	SI.R	TRIMBLE 4000 SSE	TR GEOD L1/L2 GP	1.447
MENTES	'rR04	MAREOGRAF	TRIMBLE 4000 SSE	4000 ST L1/L2 GEOD	0.067
YIĞILCA	'rR05	SLR	TRIMBLE 4000 SSE	TR GEOD L1/L2 GP	1.369
YOZGAT	TR06	SLR	TRIMBLE 4000 SSE	TR GEOD L1/L2 GP	1.355
MATERARA	MATli	IGS/EUREF	ROGUE SNR-8000	DORNE MARGOLINT	0,101
ZWENIGOROD	/WLN	IGS/EUREF	ROGUE SNR-8000	DORNE MARGOLINT	0.046
PENC	PKNC	IGS/EUREF	TRIMBLE 4000 SSE	4000 ST L1/L2 GEOD	0,030
BURGAS	UG01	MAREOGRAF	TRIMBLE 4000 SSE	4000 ST L1/L2 GEOD	0.073
NICOSIA	NICO	IGS/EUREF	ROGUK SNR-8000	DORNE MARGOLINT	0.050
DIONYSOS	DION	MAREOGRAF	TRIMBLE 4000 SSE	DORNE MARGOLINT	0.000
SIMKIS	UK04	IGS/EUREF	TRIMBLE 4000 SSE	4000 ST L1/L2 GEOD	1.324
KITAB	KIT3	IGS	ROGUE SNR-8000	DORNE MARGOLINT	0.046

GPS gözlemleri, ilk ve son ölçü günleri (141 ve 149) dışında 24 saat olarak gerçekleştirilmiştir. 141 ve 149'uncu günlerde İse ölçü süresi yaklaşık 7 saattir. Gözlemler 5 derecelik yükseklik açışı ve 30 saniyelik veri toplama sıklığı kullanılarak yapılmıştır.

3. DEĞERLENDİRME STRATEJİSİ

Türkiye alt ağı gözlemleri Harita Genel Komutanlığı'nda değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde Sun Solaris sisteminde çalışan Bemese V4.0 yazılımı kullanılmıştır. Gözlemlerin değerlendirilmesinde EUVN ölçütleri kullanılmıştır/ö/. Değerlendirmede kullanılan bazlar Şekil-2'de gösterilmiştir. Değerlendirmede kullanılan en uzun baz yaklaşık 2893 km (Ankara-K itab), en kısa baz İse yaklaşık 162 km (Ankara-Yığılca) dır. Baz uzunlukları Tablo-3'de, kullanılan değerlendirme stratejileri ise Tablo-4'de verilmektedir.



Şekil-2. Ölçü Noktaları ve Değerlendirmede Kullanılan Bazlar

Baz	Baz Uzunluğu (m)
ANKR - KIT3	2893183,910
ANKR - MATE	1363807.623
ANKR-ZWEN	1777022.480
ANKR-TR02	422332.113
ANKR - TR03	281163.657
ANKR - TR04	546498.994
ANKR - TR05	161665.736
ANKR-TR06	176136.764
MATE-BG01	920316.191
MATE - D10N	684629792
MATE - PENC	819070.963
TR03 - NICO	248891,402
TR03-TR01	237469.889

Tablo -4. EUVN97, Türkiye Ah Ağı Değerlendirme Stratejileri

Veri Toplama Sıklığı	Veri temizlemede 30 saniye, sonuç çözümlerde 180 saniye
Veri Toplama Yükseklik Açışı	15 derece, eş ağırlıklı 5 derece, ağırlıklandırılmalı ve eş ağırlıklı
Yörünge Bilgisi	IGS yörünge ve yer dönme dosyaları
Anten Faz Merkezi Bilgileri (IGS)	PHAS 1GS.01 dosyası
Troposfer	Model atmosfer :Saastamoinen Modeli Zenit gecikme değerleri her 2 saat için belirlendi Mutlak ve görelî ağırlıklar: 9, 999 m.
Sabit Noktalar	4 1GS/EUREF istasyonu Sıkı Koşullu (0.0005 m) (MATE, PENC, ZWEN. ANKR)
Alıcı Saati Senkronizasyonu	L3 kod ölçüleri kullanılarak nokta konumu ve her epok için alıcı saati kayırlığı belirlendi

Faz Kayalıkların m (Cycie-slips) ve Kaba Hatalı Ölçülerin (Outliers) Belirlenmesi	Dengeleme Öncesi (a-priori) yeterli doğrulukta nokta koordinatlar elde etmek için üçlü-faz farkı (triple difference) çözümü yapıldı Faz kayıklıklan L1 ve L2 faz ölçülerinin L3 lineer kombinasyonu kullanılarak otomatik olarak düzeltildi
Taşıyıcı Dalga Faz Bilinmeyenlerin in Çözümü	QIF (Quasi Ionosphere Free) stratejisi kullanıldı.
Korelasyonlar	Tam Korelasyon (Correct Correlation)
Ağırlıklandırma Stratejileri	a. 5 derece, yükseklik açışı bağımlı ağırlıklandırılmalı ve eş ağırlıklı b. 15 derece, yükseklik açışı bağımlı eş ağırlıklı c- 5 ve 15 derece, uydu bağımlı ağırlıklandırılmalı (lineer ve kuadratik yaklaşım)
Günlük Çözümler	a. QIF ile çözülen L1 ve L2 tamsayı faz belirsizlikleri bilinen kabul edilip, tüm nokta koordinatlarına 10 m öncül standart sapma verilerek gevşek zorlamalı normal denklemlerin oluşturulması b Dört IGS noktasının (MATE, PENC, ZWEN ve ANKR) koordinatlarına 0,0005 m koşul uygulanarak sıkı koşullu çözümlerin elde edilmesi
Kampanya Çözümü	Günlük serbest ve sıkı koşullu çözümlerin normal denklemlerin in birleştirilmesi.

Tablo-4'de de belirtildiği gibi taşıyıcı dalga faz belirsizliği bilinmeyenlerin in (Ambiguity) Çözümünde ionosferden yarı bağımsız (QIF) yöntem kullanılmıştır /7/. QIF çözümü sonuçtan Tablo-5'de verilmektedir Tablo-5'de verilen QIF faz belirsizliği çözüm oranlarının düşük olmasının nedenlerinin basında ANKR-KIT3 bazının çok uzun olması ve ANKR.-TR02 bazında faz belirsizliği bilinmeyenlerin in büyük oranda çözülememiş olması gelmektedir ANKR-TR02 bazı ayrıntılı bir şekilde incelenmiş ancak verilerde önemli bir ölçü bozukluğu ya da L2 frekansında gözlem sorunu bulunamamıştır. Ancak değerlendirmelerde bu baza ait çözümlerde Özellikle yükseklik bileşeninde diğer bazlara göre daha yüksek mis (root mean square) değeri elde edilmiştir Bunun TR02 noktasının civarındaki ağaçların neden olduğu sinyal yansıma (Multipath) etkilerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Tablo 5. Taşıyıcı Dalga Faz Belirsizliği (Ambiguity) Çözüm Oranları

Ölçü Günü (DOY)	Çözülme Yüzdesi (%)			
	5 derece		15 derece	
	Global Bazlar	Lokal Bazlar	Global Bazlar	Lokal Bazlar
141	66	64	80	67
142	67	80	78	84
143	73	76	74	80
144	65	61	80	83
145	66	72	79	84
146	68	80	76	84
147	64	60	78	80
148	68	77	76	85
149	66	65	82	78

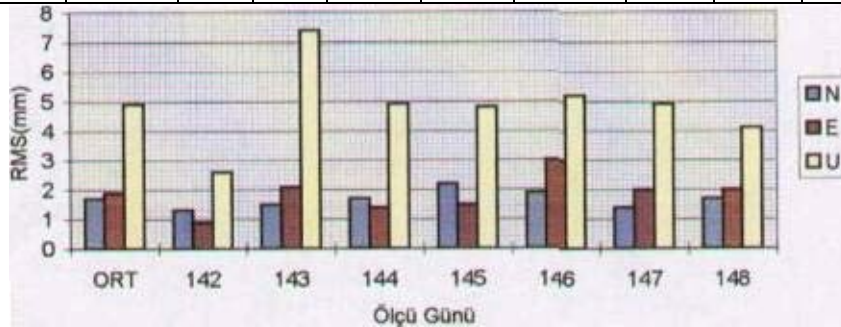
4. TEKRARLILIK (REPEATABILITY) KARŞILAŞTIRMALARI

Yapılan değerlendirmelerin iç duyarlıkları ile ilgili bilgi elde etmek ve günlük çözümler arasındaki uyumu görmek için noktalara ait koordinat tekrarlılık hesaplamaları ve Helmert dönüşümleri yapılmıştır. Hesaplamalarda dört IGS noktasının (ANKR, MATE, PENC, ZWEN) yayımlanmış ITRF96 (international Terrestrial Reference Frame " 1996) koordinatlarına 0.0005 m

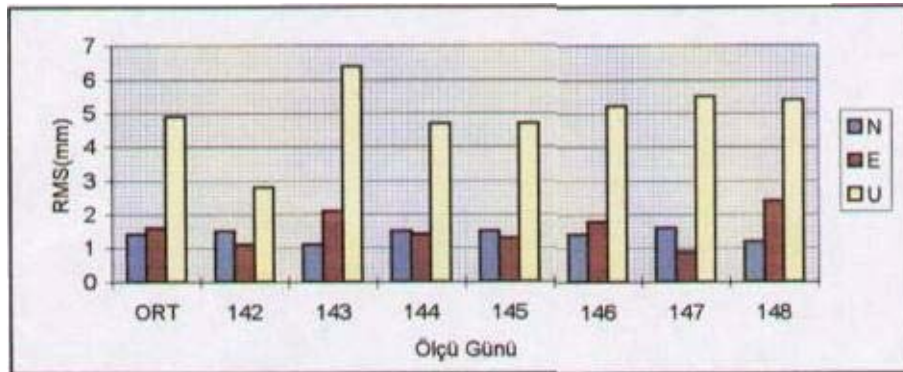
sıkı koşul uygulanmıştır. Koordinat tekrarlılık hesaplamalarında kullanılan noktalar ve ölçü günleri Tablo-6'da verilmektedir. Günlük çözümlerin birleştirilmiş çözüme göre tekrarlılık grafikleri 5 ve 15 derecelik yükseklik açıları için Şekil-2, 3 ve 4'de gösterilmiştir. Daha önceden de belirtildiği gibi, EUVN97 GPS ölçü kampanyasının ilk ve son günlerinde yaklaşık yedi saatlik, diğer günlerde ise 24 saatlik ölçü olduğundan (ve bu günlere ilişkin tekrarlılık değerleri diğer günlere göre daha uyumsuz olduğundan) sonuç değerlendirmelerde homojen bir karşılaştırma yapabilmek için 141 ve 149 uncu gözlem günlerine ait veriler birleştirme aşamasına dahil edilmemiştir. Ayrıca, günlük çözümlerin birleştirilmiş çözüme olan uyum derecesi irdelenmiş ve 142 nci gün ZWEN, 142 ve 143 üncü günler KIT3 noktalarına ait veriler uyumsuz olarak belirlenmiş ve değerlendirmelerden çıkarılmıştır.

Tablo 6. Tekrarlanabilirlik Hesaplamalarında Kullanılan Noktalar ve Ölçü Günleri

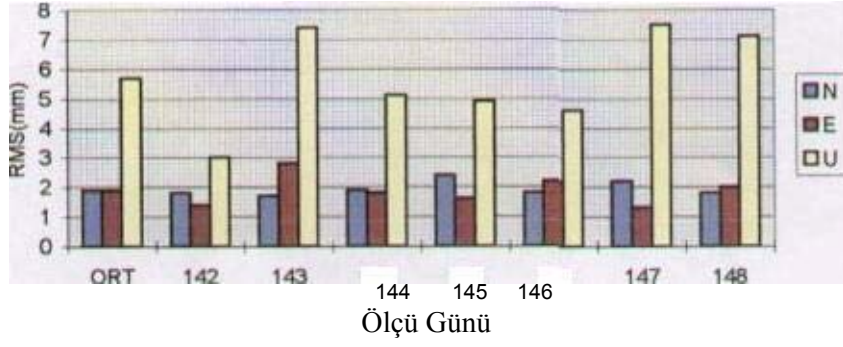
NOKTA ADI	EUVN KODU	ölçü Günü (DOY, Day Of Year)									
		141	142	143	144	145	146	147	14S	149	
ANKARA	ANKR	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ANTALYA	TR01	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ERDEK	TR02	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MELENGİÇLİK	TR03	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MENTEŞ	TR04	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
YİĞİLCA	TR05	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
YOZGAT	TR06	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
MATERA	MATE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
ZWENIGORAD	ZWEN	X	-	X	X	X	X	X	X	X	
PENC	PENC	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
BURGAS	BG01	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
NICOSIA	NICO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
DIONYSOS	DION	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
KİTAB	KIT3	-	-	-	X	X	X	X	X	X	



Şekil- 2. Dört IGS noktası (ANKR.MATE.ZWEN.PENC) Sıkı Koşullu Günlük Çözümlerin Birleştirilmiş Çözümleri Karşılaştırılması (15 derece, eş ağırlıklı)

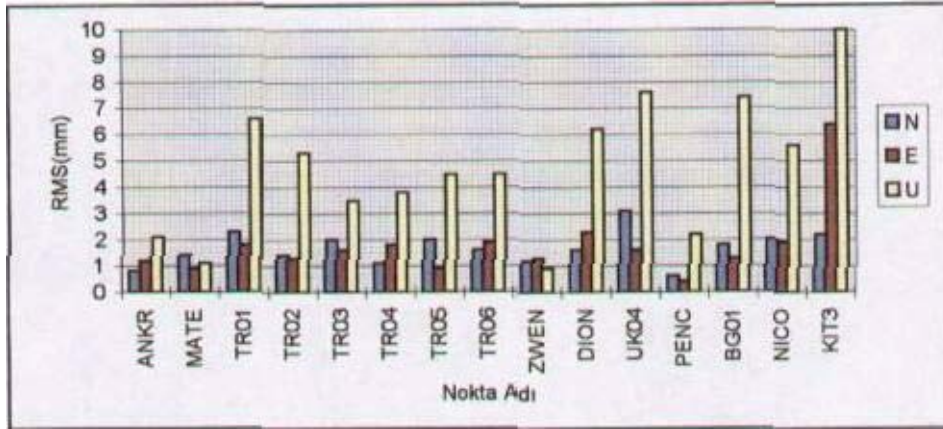


Şekil-3. Dört IGS noktası (ANKR.MATE.ZWEN.PENC) Sıkı Koşullu Günlük Çözümlerin Birleştirilmiş Çöl.ümlc Karşılaştırılması (5 derece, yükseklik açısına bağlı ağırlıklı)

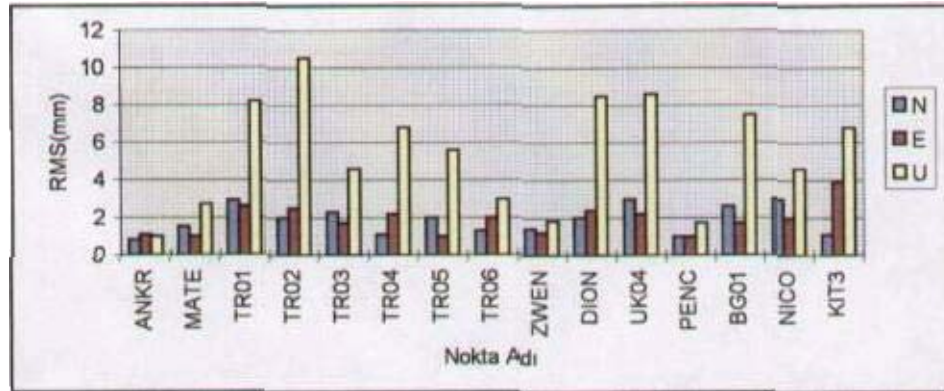


Şekil-4. Dört IGS noktası (ANKR.MATE.ZWEN.PENC) Sıkı Koşullu Günlük Çözümlerin Birleştirilmiş Çözümleri Karşılaştırılması (5 derece, eş ağırlıklı)

Dört IGS noktası sıkı koşullu çözüm yapılarak elde edilen nokta mis değerleri karşılaştırma grafikleri Şekil-5, 6 ve 7'de verilmektedir. Üçüncü çözüm olarak kabul edilen uydu bağımlı ağırlıklandırılmalı yöntemde de Tablo-4'de verilen değerlendirme stratejileri uygulanmıştır. Bu çözüm yöntemi Tablo-7'de verilen üç farklı şekilde yapılmıştır,



Şekil-5. Dört IGS noktası Sıkı Koşullu, Nokta Koordinatları RMS Karşılaştırması (15 Derece, eş ağırlıklı)



Şekil-7. Dört IGS noktası Sıkı Koşullu, Nokta Koordinatları RMS Karşılaştırması (5 Derece, eş ağırlıklı)

Tablo 7 : Uydu Bağımlı Ağırlıklandırılmalı Çözümler

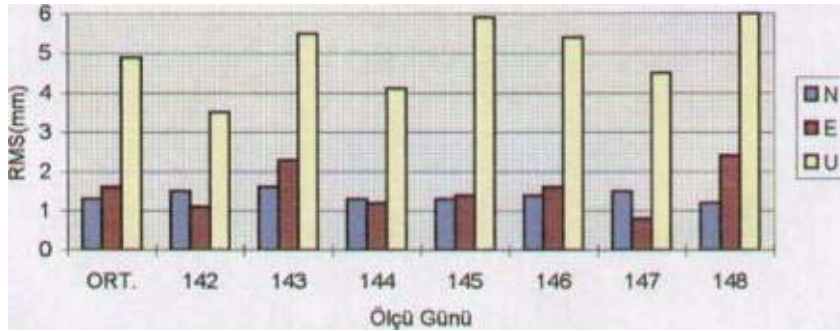
Veri Toplama Yükseklik Açısı (Derece)	Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklandırılma	Uydu Bağımlı Ağırlıklandırılma	
		Lineer	Kuadratik
5	Kullanıldı	Kullanıldı	Kullanıldı
5	Kullanılmadı	Kullanıldı	Kullanıldı
15	Kullanılmadı	Kullanıldı	Kullanıldı

Bu aşamada uygulanan ağırlıklandırmalarda lineer ve kuadratik artan ağırlıklandırılma yöntemlerinin ikisi de kullanılmıştır /8/ Değerlendirmede IGS yörünge dosyaları içerisinde verilen uydu doğruluk kodlarına göre kullanılan ağırlıklar Tablo-8'de verilmiştir.

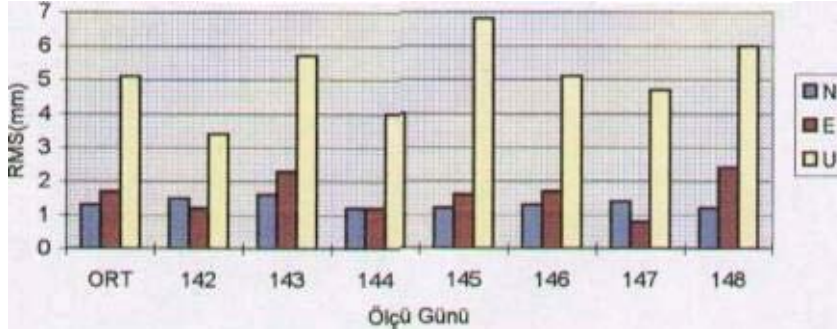
Tablo 8. Uydu Bağımlı Ağırlıklar

IGS Dosyalarından Alınan Doğruluk Kodu	Lineer Artan ağırlık	Kuadratik Artan Ağırlık
2	0.002	0.002
3	0.002	0.002
4	0.002	0.002
5	0.004	0.004
6	0.006	0.008
7	0.008	0.016
8	0.010	0.032

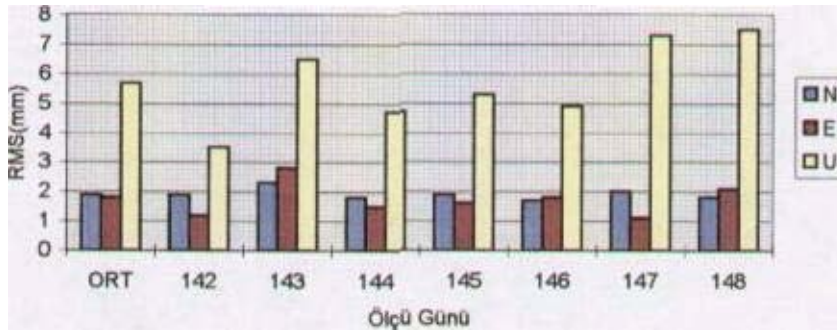
Tablo-7'de verilen yöntemler kullanılarak yapılan değerlendirmelere ilişkin günlük çözümlerin birleştirilmiş çözüme göre uyum derecesini değerlendiren rms değerleri karşılaştırılma grafikleri Şekil-8, 9, 10, 11, 12 ve 13'de değerlendirilmiştir. Günlük ve birleştirilmiş çözümler dört IGS noktasının (ANKR, MATE, ZWEN, PENC) koordinatlarına sıkı koşul (0.0005 m) uygulanarak elde edilmiştir.



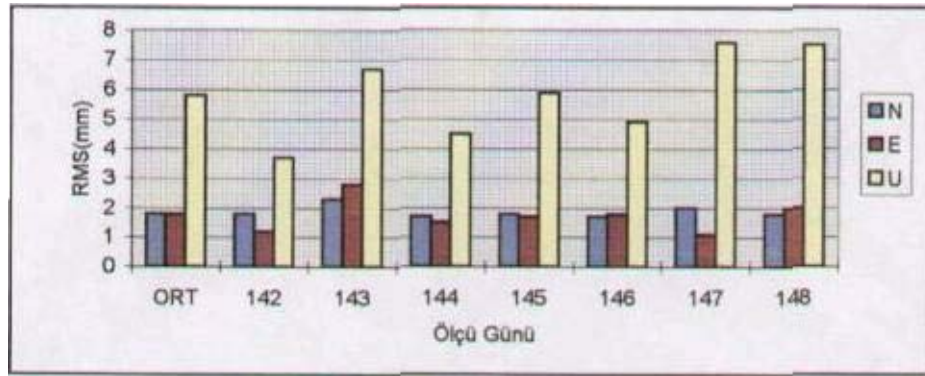
Şekil-8. 5 Derece, Yükseklik Açısı ve Uydu Bağımlı Ağırlıklandırılmalı Çözüm (lineer)



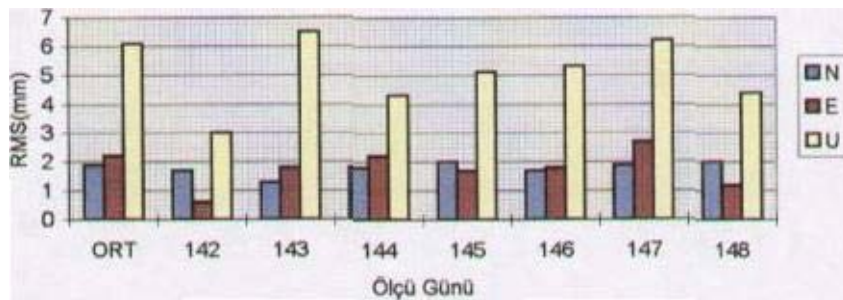
Şekil-9. 5 Derece, Yükseklik Açışı ve Uydu Bağımlı Ağırlıklılandırılmalı Çözüm (Kuadratik)



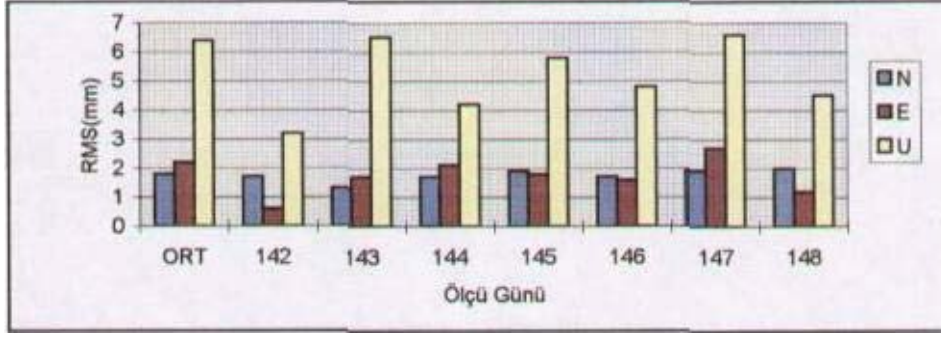
Şekil-10. 5 Derece, Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklılandırılmasız ve Uydu Bağımlı Ağırlıklılandırılmalı Çözüm (lineer)



Şekil-11. 5 Derece, Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklılandırılmasız ve Uydu Bağımlı Ağırlıklılandırılmalı Çözüm (Kuadratik)



Şekil-12. 15 Derece, Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklılandırılmasız ve Uydu Bağımlı Ağırlıklılandırılmalı Çözüm (lineer)



Şekil-13. 15 Derece, Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıktandırmasız ve Uydu Bağımlı Ağırlıklandırılmış Çözüm (Kuadratik)

5. FARKLI ÇÖZÜMLERİN 7-PARAMETRELİ HELMERT DÖNÜŞÜMÜ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Buraya kadar anlatılan altı farklı çözüme ait sonuçlar 7-parametrelili Helmert dönüşümü ile karşılaştırılmıştır- Ancak, burada tüm sonuçların verilmesi yerine makalenin özünü oluşturan 5 ve 15 derecelik yükseklik açıları kullanılarak ve uydu ağırlıklandırmasız olarak yapılan çözümlere ilişkin sonuçların verilmesi uygun görülmüştür. Tablo-9, 10 ve 11 aşağıda verilen çözümlere ilişkin karşılaştırma sonuçlarını göstermektedir.

- 5 ve 15 derece yükseklik açısı kullanılarak, yükseklik açısına bağlı ve uydu bağımlı ağırlıklandırma kullanılmadan;
- 15 derece, yükseklik açısına bağlı ağırlıklandırmasız, 5 derece, yükseklik açısına bağlı ağırlıklandırılmış, her ikisi de uydu bağımlı ağırlıklandırmasız;
- 5 derece, yükseklik açısına bağlı ağırlıklandırmasız ve ağırlıklandırılmış, fakat uydu bağımlı ağırlıklandırmasız.

Tablo-9. 5 ve 15 Derece, Yükseklik Açısı ve Uydu Bağımlı ağırlıklandırmasız Çözüm

HELMERT DÖNÜŞÜMÜ			
ÇÖZÜM 1: 5 DERECE, YÜKSEKLİK AÇISIMA BAĞLI AĞIRLIKLANDIRMASIZ ÇÖZÜM			
ÇÖZÜM 2: 15 DERECE, EŞ AĞIRLIKLI ÇÖZÜM			
YEREL JEODEZİK DATUM: WGS - 84			
YEREL SİSTEMDE KOORDİNAT BİLEŞENLERİNDEKİ FARKLAR (KUZEY, DOĞU, YUKARI)			
NOKTA ADI	KUZEY	FARKLA DOĞU	(mm) YUKARI
ANKR 20805M002	-0.6	-2.4	-4.9
MATE 12734M008	1.2	2.6	-0.7
TR03 20803M001	-0.5	-1.5	3.1
TR04 MENTES	0.9	-0.5	-2.0
TR05 20604M001	-0.2	-1.7	1.2
TR06 20B02M001	-0.2	-1.8	0.4
ZWEN 12330M001	-3.2	-0.7	0.1
DION DIONYSOS	1.6	1.9	-4.1
PENC 11206M006	"1.2	2.2	0.3
TR02 ERDEK	-1.4	0.8	2.9
BG01 BURGAS	-0.4	-0.4	3.0
NICO 14302M001	0.3	-1.7	3.2
TR01 ANTALYA	1.1	-1.1	-0.1
KIT3 12334M001	2.5	4.4	-2.2
RMS (KOOR.BİL.)	1.5	2.0	2.6
PARAMETRE SAYIŞI : 1			
KOORDİNAT SAYIŞI : 42			
DÖNÜŞÜMÜN RMS'İ : 2.7. MM			
PARAMETRELER :			
X YÖNÜNDE KAYIKLIK		0.	3 +/-0.6 MM
Y YÖNÜNDE KAYIKLIK		1.	0 +/- 0.6 MM
Z YÖNÜNDE KAYIKLIK		2.	7 +/-0.6 MM
X EKSENİ ETRAFINDA DÖNÜKLÜK	-000.		0000+- 0.0001"
Y EKSENİ ETRAFINDA DÖNÜKLÜK	-000.		0005+- 0.0002"
Z EKSENİ ETRAFINDA DÖNÜKLÜK	000.		0002+- 0.0001"
ÖLÇEK FAKTÖRÜ		0.	002 +/- 0.001 MM/KM
İTERASYON SAYIŞI : 2			

Tablo-10. 15 Derece Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklandırmasız, 5 Derece Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklandırılmalı, Her ikisi de Uydu Bağımlı Ağırlıklandırmasız

HELMERT DÖNÜŞÜMÜ			
ÇÖZÜM 1: 5 DERECE, YÜKSEKLİK AÇISINA BAĞLI		AĞIRLIKLANDIRILMALI	
ÇÖZÜM 2: 15 DERECE, YÜKSEKLİK AÇISINA BAĞLI		AĞIRLIKLANDIRMASIZ	
YEREL JEODEZİK DATUM : WGS - 84			
YEREL SİSTEMDE KOORDİNAT BİLEŞENLERİNDEKİ FARKLAR (KUZEY, DOĞU, YUKARI)			
NOKTA ADI	KUZEY	FARKLA DOĞU	(iran) YUKARI
ANKR 20805M002	0.2	-2.2	-5.4
MATE 12734MOOB	1.7	3.1	-3.6
TR03 20803M001	-0.4	-1.8	-0.2
TR04 MENTES	0.7	-0.4	-0.2
TR05 20904M001	-1.6	-1.2	3.3
TR06 20802M001	-1.1	-1.7	3.9
ZWEN 12330M001	3.8	-1.0	-0.8
DION DIONYSOS	1.6	1.6	-5.2
PENC 11206M006	-1.9	2.3	-0.4
TR02 ERDEK	-0.4	0.2	9.7
BG01 BURGAS	-0.5	0.0	2.0
NICO 14302M001	1.3	-1.9	-0.5
TR01 ANTALYA	1.4	-1.9	0.3
KIT3 12334M001	2.6	4.9	-2.9
RMS (KOOR.BİL.)	1.8	2.2	3.9
PARAMETRE SAYIŞI : 7			
KOORDİNAT SAYIŞI : 42			
DÖNÜŞÜMÜN RMS'İ : 2.9 MM			
PARAMETRELER :			
X YÖNÜNDE KAYIKLIK		0.4 +- 0.8 MM	
Y YÖNÜNDE KAYIKLIK		0.5 +- 0.8 MM	
Z YÖNÜNDE KAYIKLIK		3.5 +- 0.8 MM	
X EKSENİ ETRAFINDA	DÖNÜK	- 0 0	0.0001+- 0.0002"
Y EKSENİ ETRAFINDA	DÖNÜK	- 0 0	0.0002+- 0.0003"
Z EKSENİ ETRAFINDA	DÖNÜK	0 0	0.0002+- 0.0002"
ÖLÇEK FAKTÖRÜ		0.002 +- 0.001 MM/KM	
İTERASYON SAYIŞI !	2		

Tablo 11. 5 Derece Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklandırılmalı ve Eş Ağırlıklandırılmalı Çözüm, Her ikisi de Uydu Bağımlı Ağırlıklandırılmaz

HELMERT DÖNÜŞÜMÜ			
ÇÖZÜM 1: 5 DERECE, YÜKSEKLİK AÇISINA BAĞLI		AĞIRLIKLANDIRMASIZ	
ÇÖZÜM 2: 5 DERECE, YÜKSEKLİK AÇISINA BAĞLI		AĞIRLIKLANDIRMALI	
YEREL JEODEZİK DATUM : WGS - 84			
YEREL SİSTEMDE KOORDİNAT BİLEŞENLERİMDEKİ (KUZEY,DOĞU,YUKARI)		FARKLAR	
NOKTA ADI	KUZEY	FARKLAR DOĞU	(mm) YUKARI
ANKR 20805M002	-0.8	-0.2	0.5
MATE 12734M008	-0.5	-0.5	2.8
TR03 20803M001	0.0	0.2	3.2
TR04 MENTES	0.3	-0.1	-1.9
TR05 20904M001	1.4	-0.5	-2.1
TR06 20802M001	0.9	-0.2	-3.5
ZWEN 12330M001	0.5	0.3	0.8
DION DIONYSOS	0.0	0.2	1.1
PENC 11206M006	0.7	-0.1	0.7
TR02 ERDEK	-1.0	0.7	-6.8
BG01 BURGAS	0.1	-0.5	1.0
NICO 14302M001	-1.0	0.2	3.6
TR01 ANTALYA	-0.3	0.8	-0.4
KIT3 12334M001	-0.3	-0.5	0.7
RMS (KOOR.BİL.)	0.7	0.4	2.8
PARAMETRE SAYIŞI : 7			
KOORDİNAT SAYIŞI : 42			
DÖNÜŞÜMÜN RMS'i : 1.8 MM			
PARAMETRELER :			
X YÖNÜNDE KAYIKLIK		-0.1 +- 0.5 MM	
Y YÖNÜNDE KAYIKLIK		0.6 +- 0.5 MM	
Z YÖNÜNDE KAYIKLIK		-0.8 +- 0.5 MM	
X EKSENİ ETRAFINDA DÖNÜKLÜK		0 0	0.0001+- 0.0001"
Y EKSENİ ETRAFINDA DÖNÜKLÜK		- 0 0	0.0003+- 0.0002"
Z EKSENİ ETRAFINDA DÖNÜKLÜK		0 0	0.0000+- 0.0001"
ÖLÇEK FAKTÖRÜ		0.000 +- 0.000 MM/KM	
İTERASYON SAYIŞI : 2			

Daha önce belirtildiği gibi bu çözümlerle; IGS duyarlı yörünge dosyaları içerisinde verilen uydu doğruluk kodlarına bağlı olarak GPS ölçülerinin ağırlıklandırılmasının nokta koordinatları üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Ancak tablolardan da görüleceği gibi elde edilen çözümler arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bunun en önemli nedeni olarak çözümlerde uygulanan ve Tablo-8'de verilen uydu bağımlı ağırlıkların uygun olmadığı düşünülebilir. Dolayısıyla, bu konu üzerinde daha ayrıntılı çalışma yapılarak daha uygun ağırlıklandırma stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

6. ITRF96 KOORDİNATLARI İLE KARŞILAŞTIRMA

Elde edilen değerlendirme sonuçlarının doğruluklarını araştırmak amacıyla dış kontroller yapılmıştır. Bunlardan en önemlisi bu sonuçların yayımlanmış ITRF96 koordinatları ile karşılaştırılmasıdır /9/. Bu amaçla Matera (MATE) noktasının ölçü epokundaki ITRF96 (1997.4) koordinatlarına 0.0005 m sıkı koşul uygulanarak diğer üç IGS noktasının (ANK.R, ZWEN, PENC)

koordinatları ITRF96 (1997.4) sisteminde hesaplanmış ve bulunan sonuçlar yayımlanmış olan ITRF96 sistemindeki koordinatlarla 7-parametrelî Helmert dönüşümü ile karşılaştırılmıştır. Sonuç karşılaştırmalar 5 ve 15 derecelik yükseklik açılan için sırasıyla Tablo-12 ve 13'de verilmiştir.

Tablo-12. 5 Derece, Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklılandırılmalı Çözüm İle ITRF96 Koordinatlarının Karşılaştırılması

HELMERT DÖNÜŞÜMÜ		
ÇÖZÜM 1: MATE SABİT, 5 DERECE, YÜKSEKLİK AÇISINA BAĞLI		
AĞIRLIKLANDIRILMALI		
ÇÖZÜM 2: ITRF96(1997.4) YAYIMLANMIŞ KOORDİNATLARI		
YEREL SİSTEMDE KOORDİNAT BİLEŞENLERİNDEKİ FARKLAR (KUZEY, DOĞU, YUKARI)		
NOKTA ADI	FARKLAR (mm) KUZEY DOĞU YUKARI	
ANKR 20805M002	0.7 0.1 -0.6	
MATE 12734M008	-0.8 -1.4 2.1	
ZWEN 12330M001	-0.1 -0.1 1.2	
PENC 11206M006	0.2 1.4 -2.6	
RMS (KOOR.BİL.)	0.6 1.2 2.1	
PARAMETRE SAYIŞI : 7 KOORDİNAT SAYIŞI : 12 DÖNÜŞÜMÜN RMS'i : 1.9 MM		
PARAMETRELER İ		
X YÖNÜNDE KAYIKLIK		2.4 +- 0.9 MM
Y YÖNÜNDE KAYIKLIK		1.6 +- 0.9 MM
Z YÖNÜNDE KAYIKLIK		-4.1 +- 0.9 MM
X EKSENİ ETRAFINDA	DÖNÜKLÜK	- 0 0 0.0002+- 0.0003"
Y EKSENİ ETRAFINDA	DÖNÜKLÜK	- 0 0 0.0010+- 0.0003"
Z EKSENİ ETRAFINDA	DÖNÜKLÜK	0 0 0.0002+- 0.0002"
ÖLÇEK FAKTÖRÜ		0.001 +- 0.001 MM/KM

Tablodan da görüleceği gibi her iki çözüm de yayımlanmış ITRF96 (1997 4) koordinatları ile çok iyi bir uyum içerisindedir. Elde edilen sonuçlardan 5 ve 15 derecelik her iki çözümün de uygun olduğu düşünülebilir. Dolayısıyla, hangi çözümün en uygun olduğunu yalnızca bu sonuçlara dayanarak söylemek oldukça zordur Bu nedenle, tüm EUVN97 alt ağlarının birleştirilmesiyle daha gerçekçi bir sonucun elde edilebileceği değerlendirilmektedir.

Tablo-13. 15 Derece, Yükseklik Açısına Bağlı Ağırlıklandırmasız Çözüm ile ITRF96 Koordinatlarının Karşılaştırılması

HELMERT DÖNÜŞÜMÜ ÇÖZÜM 1: MATE SABİT, 15 DERECE, EÇ AĞIRLIKLIL ÇÖZÜM ÇÖZÜM 2: ITRF96(1997.4) YAYIMLANMIŞ KOORDİNATLAR YEREL SİSTEMDE KOORDİNAT BİLEŞENLERİNDEKİ FARKLAR (KUZEY, DOĞU, YUKARI)				
NOKTA ADI	FARKLAR (mm)	KUZEY	DOĞU	YUKARI
ANKR 20805M002		0.6	-0.2	-0.6
MATE 12734M008		-1.2	-0.9	1.8
ZWEN 12330M001		-0.2	-0.1	1.1
PENC 11206M006		0.8	1.3	-2.3
RMS (KOOR.BİL.)		0.9	0.9	1.8
PARAMETRE SAYIŞI : 7				
KOORDİNAT SAYIŞI : 12				
DÖNÜŞÜMÜN RMS'İ : 1.7 MM				
PARAMETRELER :				
X YÖNÜNDE KAYITLIK		3.2 +- 0.9 MM		
Y YÖNÜNDE KAYITLIK		1.6 +- 0.9 MM		
Z YÖNÜNDE KAYITLIK		-6.8 +- 0.9 MM		
X EKSENİ ETRAFTNDA DÖNÜKLÜK		0 0 0.0005 +- 0.0003"		
Y EKSENİ ETRAFINDA DÖNÜKLÜK		- 0 0 0.0011 +- 0.0003"		
Z EKSENİ ETRAFINDA DÖNÜKLÜK		0 0 0.0002 +- 0.0002"		
ÖLÇEK FAKTÖRÜ		0.002 +- 0.001 MM/KM		

Yapılan çözümlerin doğruluğu hakkında fikir edinmek için Matera(MATR) noktasının ITRF96(1997,4) koordinatlarına 00005 m koşul uygulanarak Ankara (ANKR), PENC ve Zwenigorod(ZWEN) noktalarının koordinatları hesaplanmıştır Daha sonra ANKR, **PENC** ve ZWEN noktalarının hesaplanmış koordinatlarıyla bunların yayımlanmış olan ITRF96(1997.4) koordinatları arasındaki mutlak koordinat farkları hesaplanmıştır. Sonuçlar Tablo-14'de verilmiştir Tablodan da görüleceği gibi elde edilen koordinat doğrulukları yatay bileşenlerde bir cm.nin altında, düşey bileşende ise bir cm mertebesindedir.

Tablo-14. Koordinat Farkları (ITRF96(1997.4) yayımlanmış koordinatlar MATE koordinatları sıkı koşullu çözüm sonuçtan)

Nokta Adı	dX (mm)	dY(mm)	dZ(mm)
ANKR	0.8	-8.6	3.5
PENC	6.0	-1.8	11.7
ZWEN	6.7	-1.5	10.3

7.SONUÇLAR

Daha önce de belirtildiği gibi EUVN97 GPS kampanyasının temel hedefi Avrupa Birleşik Düşey GPS Ağı'nı oluşturmak, ortak bir sistemde belirlenmiş nivelman nokta yükseklikleri (om, normal ortometrik yükseklikler) ve ölçülmüş gravite değerlerim kullanarak Avrupa jeoidini belirlemektir Bu hedefe ulaşmak için Öncelikle GPS yükseklik I erini n en yüksek duyarlıkla belirlenebileceği en uygun değerlendirme stratejilerinin ortaya konması gerekmektedir. Bunun belirlenmesi için üç farklı değerlendirme stratejisi uygulanarak sonuçlarının karşılaştırılmasına karar verilmiştir Bu karşılaştırmaların yapılmasındaki amaç ise 15 derecelik yükseklik açışı kullanılarak ağırlıklandırmasız çözümün mü yoksa 5 derecelik yükseklik açışı kullanılarak ağırlıklandırılmalı çözümün mü standart EUVN97 değerlendirme stratejisi olacağı belirlemektir. Türkiye alt ağı çözümlerine ilişkin tablo ve

grafikler incelendiği nde 15 derece yükseklik açışı kullanılarak ağırlıklandırmasız çözümün 5 derecelik yükseklik açışı kutlanılarak ağırlıklandırılmalı çözüm ile yaklaşık aynı sonuçları verdiği görülmektedir. Bununla birlikte 15 derece yükseklik açışı ve ağırlıklandırmasız çözüm ile çok az farklı da olsa daha iyi tekrarlılık değerleri elde edilmiştir Diğer taraftan ITRF96 ile yapılan 7-parametrelili Helmert dönüşüm sonuçları her üç yöntem için de özellikle yükseklik bileşeninde aynı sonuçları vermiştir.

EUVN97 GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde troposferik model ve indirgeme fonksiyonu (mapping function) olarak Saastamoinen modeli kullanılmıştır /10/. Bilindiği gibi bu model özellikle 10 dereceden yukarı yükseklik açılan için uygun sonuçlar vermektedir. Dolayısıyla, 5 derecelik yükseklik açılan için bu ve benzer modellerin kullanılmasının noktaların yükseklik bileşeninde bazı sistematik hatalara neden olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, bu değerlendirmelerin düşük yükseklik açılan için uygun, farklı indirgeme fonksiyonlarının (ör. Niell, 1993) kullanılarak tekrar edilmesinin ve sonuçların karşılaştırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.

EUVN97 GPS ölçülerinin değerlendirilmesinde homojen bir veri kümesi oluşturmak için yaklaşık 7 saatlik veri olan ilk ve son günler değerlendirmeden çıkarılmıştır, ölçüler 24 saatlik olduğundan değerlendirmelerde yüksek duyarlılık sonuçlar elde edilmiştir Diğer taraftan, Tablo-9-14 incelendiğinde TR02 (Erdek) noktasının hemen tüm günlerdeki ölçüler için, özellikle yükseklik bileşeninde diğer noktalara göre daha kötü sonuç verdiği (~ 12 mm) görülmektedir. Bunun nedeni araştırıldığında kesin bir sonuç elde edilememekle birlikte, bu noktanın çok yakınındaki ağaçların olası bir sinyal yansıma etkisine (multipath) neden olduğu değerlendirilmektedir Yapılan incelemede Tablo-3'de verilen Faz Belirsizliği Bilinmeyenlerinin çözüm oranının düşük olmasının nedenlerinden birisinin ANKR-TR02 bazına ait faz belirsizliği bilinmeyenlerinin büyük oranda çözülmemesi olduğu görülmüştür.

Normal koşullarda QIF stratejisi, özellikle uzun süreli GPS gözlemleri ve uzun bazlar sözkonusu olduğunda etkili bir yöntemdir/7/. Dolayısıyla, Türkiye alt ağı'nın değerlendirilmesinde Ankara bağlantılı bazlar (Şekil-2) için Faz Belirsizliği çözüm oranının %90-95, global nokta bağlantılı bazlar için ise (ANKR-KIT3 dışında) %80-85 olması beklenmesine karşın değerlendirmeler sonucunda bu oranlara ulaşamadığı görülmüştür.

TEŞEKKÜR : EUVN97 GPS Kampanyasının Türkiye Alt Ağı ölçülerinin planlanması, ölçülmesi ve değerlendirilmesi aşamalarında emeği geçen tüm Harita Genel Komutanlığı personeline teşekkür ederiz,