

**REFERANS SİSTEMLERİNİN ZAMANSAL EVRİMİ VE TÜRKİYE İÇİN ULUSAL BİR MODEL : TURES-96 ( TÜRKİYE ULUSAL REFERANS SİSTEMİ-1996)**  
(TIME EVOLUTION OF REFERENCE SYSTEMS AND A NATIONAL MODEL FOR TURKEY : TURES-96 (TURKISH NATIONAL REFERENCE SYSTEM-96) )

**Bahadır AKTUĞ**

**ÖZET**

Mühendislik ölçmelerine yönelik bölgesel ve yerel jeodezik ağlar, temel kontrol ağı noktalarına bağlı olarak oluşturulduğundan, ağ yöneltme parametreleri (öteleme, dönüklük ve ölçek) kullanılan temel kontrol ağı noktalarının o ana kadar sahip olduğu seküler ve episodik deformasyon oranında değişmektedir.

Klasik jeodezik ağlarda, ağın yöneltme parametreleri ve bunların değişimini belirleyen ağ noktaları; bölgesel olarak litosfere yapışık bir referans koordinat sisteminde yer almaktadır. Fay sınırları gibi özel deformasyon alanları dışında, kullanılan yersel ölçü teknikleri ve ağ noktalarının göreceli yakınlığı nedeniyle, ağdaki deformasyon ihmal edilebilir düzeyde kalmaktadır. Modern referans koordinat sistemlerinin oluşturulması, yatay ve düşey kontrol ağlarının birlikte tanımlanmasını olanaklı hale getirmekle birlikte, yeni referans sistemleri ve buna bağlı olarak oluşturulan referans koordinat sistemleri litosferin hareketlerine çok daha duyarlı hale gelmiştir.

Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-99A (TUTGA-99A), Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRS)'ne dayalı olarak üretilmiş olup, referans koordinat sistemi olarak ITRS'in o zaman için güncel gerçekleşimi Uluslararası Yersel Referans Koordinat Sistemi (ITRF-1996) kullanılmıştır. Bu anlamda, TUTGA-99A'nın seküler değişimi tüm dünya üzerindeki ana plaka hareket ve yüzölçümlerine bağlı olarak oluşturulan SND (NNR/no-net-rotation, sıfır-net-dönüklük) hız alanı içerisinde tanımlanmıştır. ITRS'in yeni veri gruplarıyla tekrar yer yüzeyinde uyarlanması ITRF2000 ile devam etmiş olup, artan veri kümesi ve veri değerlendirme yöntemlerine bağlı olarak geliştirilmesi beklenmektedir.

Temel ağ noktalarının kusursuz olarak hesaplanamayan (ölçü/kestirim) hızları, yayın epogundan itibaren artan seküler bir deformasyon meydana getirmektedir. Tüm mühendislik çalışmalarına altlık teşkil eden temel jeodezik ağlarda seküler değişimin minimum seviyede tutulması, yerel mühendislik çalışmalarındaki bütünlük ve farklı ITRS çözümlerine dayalı jeodezik uygulamalar arasındaki tutarlılık bakımından zorunludur. Bu çalışmada ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000 ile Avrupa'ya uyarlanmış Avrupa Yersel Referans Sistemi ETRS (European Terrestrial Reference System)'den üretilmiş ETRF94, ETRF96, ETRF1997 ve ETRF2000 referans koordinat sistemleri, koordinat ve hız alanları açısından incelenmekte, seküler değişimi doğrudan ITRS-SND çözümlerine bağlı olmayan ve Anadolu Plakasının katı blok hareketine dayanan Türkiye Ulusal Referans Sistemi (TURES-96) ve buna dayalı Türkiye Ulusal Referans Koordinat Sistemleri (TUREF-96, TUREF-2000) önerilmektedir.

**ABSTRACT**

Due to the fact that the establishment of geodetic networks within surveying studies is based on the sites of fundamental control networks, network orientation parameters (translation, rotation and scale) in those studies depend on the cumulative secular and episodic deformation of fundamental network sites to be used.

In classical geodetic networks, the deformation within the network remains at a negligible level except for the special deformation areas like fault boundaries since the sites determining changes of network orientation parameters are at a reference frame attached to the lithosphere and are located at relatively shorter distances to each other depending on terrestrial observation techniques used. Although the establishment of modern reference frames enabled defining the horizontal and vertical control networks together, newly-defined reference frames became much more susceptible to the motions of lithosphere.

Turkish National Fundamental GPS Network-99A (TNFGN-99A) was produced based on International Terrestrial Reference System (ITRS) and the most up-to-date version of ITRF at that time, ITRF-96 was used. In this sense, secular change of TNFGN-99A was defined within NNR (no-net-rotation), which is formed based on plate motions and their areas on earth. Realization of ITRS on the earth with newly-added data has continued with ITRF2000 and it is expected that ITRS will be improved with the increasing data amount and new data processing methods.

Inability of computing perfect secular changes (observation/interpolation) of fundamental network causes an increasing deformation from the publishing epoch on. Minimizing the secular changes of fundamental geodetic network underlying almost all surveying studies based on different realizations of ITRS is compulsory in terms of integrity and consistency of geodetic applications. In this study, reference frames, ITRF94, ITRF96, ITRF97, ITRF2000 and ETRF94, ETRF96, ETRF1997 and ETRF2000 which were derived from ETRS (European Terrestrial Reference System) adapted for Europe are inspected with an aspect of the coordinates and the velocities and TURES-96 (Turkish National Reference System-96), the velocity field of which is independent of ITRS solutions and based on rigid body rotation of Anatolian Plate, and Turkish National Reference Frames TUREF96 and TUREF2000 based on TURES-96 are proposed.

## 1. GİRİŞ

Referans koordinat sistemleri, tarihsel gelişim süreci içerisinde yatay ve düşey kontrol ağları olarak ayrı ayrı tanımlanmıştır. Yatay kontrol amacıyla tasarlanan iki boyutlu ağların yersel ölçülerle yeryüzüne uygulanması ise, ağa ait öteleme, dönüklük ve ölçek parametrelerinin çeşitli ölçü yöntemleriyle belirlenmesiyle gerçekleştirilmiştir. Klasik yatay kontrol ağları, ağın tamamının aynı anda ölçülememesi ve söz konusu ağ yöneltme parametrelerinin zaman içerisinde değişiminin ihmal edilmesi nedeniyle plaka hareketlerine bağlı olarak kümülatif olarak artan seküler deformasyona sahiptir /29,31/.

Temel kontrol ağının tamamlanmasını izleyen dönemde, bu ağın sıklaştırılması amacıyla yapılan yerel ve bölgesel çalışmalarda, kullanılan temel kontrol ağı noktalarının o ana kadar sahip olduğu deformasyon oranında sıklaştırma ağı etkilenmekte ve nokta koordinat değerleri değişmektedir. Bu anlamda yersel bir temel kontrol ağının başlangıç yöneltme parametreleri, farklı yersel gözlemlerle (triangülasyon, trilaterasyon, astronomik ölçümler vb) yapılmakla birlikte, yöneltme parametrelerin zamana bağlı değişimi ağ noktalarının zamana bağlı değişimi ile belirlenmektedir /30,31/. Ağ yöneltme parametrelerinin zaman içerisindeki değişimine örnek olarak, Anadolu'nun batıya doğru hareketinin yaratacağı bölgesel öteleme değişimi, Marmara'daki sıkışma rejimi veya Ege'nin Kuzey-Güney doğrultulu açılmasının yaratacağı ölçek değişimi, Orta Anadolu'nun saat ibresinin tersi yönündeki katı blok hareketinin oluşturacağı dönüklük değişimi verilebilir.

Klasik jeodezik ağlarda, ağın yöneltme parametrelerinin değişimini belirleyen ağ noktalarının; litosfere yapışık bir referans koordinat sisteminde bulunması ve kullanılan yersel ölçü tekniklerine bağlı olarak birbirlerine nispeten yakın olmaları nedeniyle, fay sınırları gibi özel deformasyon alanları dışındaki bölgelerde, ağdaki deformasyonun yerel anlamda ihmal edilebilir düzeyde kaldığı söylenebilir.

Yerin ağırlık merkezi ve dönüşündeki düzensizliklere duyarlı ölçü sistemlerinin gelişmesi, referans sistemlerinin yer merkezli olarak tanımlanmasına olanak vermiştir. Bu şekilde; litosfere yapışık referans sistemlerinin aksine, ağların yer merkezli bir sistemde yöneltmesi nutasyon, presesyon ve yer dönme parametreleri (yerin dönüşü ve kutup gezinmesi) ile tanımlanabilmektedir /9/.

Modern referans koordinat sistemlerinin oluşturulması, yatay ve düşey kontrol ağlarının birlikte tanımlanmasını olanaklı hale getirmekle birlikte, tanımlanan yeni referans koordinat sistemleri litosferin hareketlerine çok daha duyarlı hale gelmiştir /5,7,8,9,29/. Bu durum ağ yöneltme parametreleri yanında bu parametrelerin zamana bağlı değişimlerinin de belirlenmesini zorunlu kılmıştır /3,5,7,8,25,26/. Kinematik referans sistemlerinin tanımlanmasında kullanılan ve toplam (net) kinetik enerjinin, yer merkezli bir sistemde ise toplam (net) dönüklüğün sıfır olması anlamına gelen SND (sıfır-net-dönüklük) kavramı, serbest dengelemede kullanılan NNR (no-net-rotation)'dan bu anlamda farklı olup, ayrıntılı bilgi /3/'de verilmektedir.

Plaka hareketlerinin neden olduğu seküler değişim bölgesel olarak farklılık gösterdiğinden söz konusu değişimi asgari düzeyde tutan referans koordinat sistemlerine ihtiyaç duyulmuştur /10,19/. Örneğin Uluslararası Jeodezi Birliği (IAG)'nin aşağıdaki referans koordinat sistemleri alt komisyonları tanımlanmıştır :

- 1 SC1.3a Avrupa (EUREF)
- 2 SC1.3b Güney ve Orta Amerika (SIRGAS)
- 3 SC1.3c Kuzey Amerika (NAREF)
- 4 SC1.3d Afrika (AFREF)
- 5 SC1.3e Güney-Doğu Asya ve Pasifik
- 6 SC1.3f Antarktika (SCAR)

Bölgesel referans koordinat sistemlerinin yanında büyük bölgelerde alt bölgeler için de referans koordinat sistemlerinin tanımlanması ve/veya yerel gerçekleştirmeleri bulunmaktadır /4,6/. Örneğin SC1.3d numaralı bölgesel referans koordinat sistemi AFREF'in, NAFREF (Kuzey), SAFREF(Güney), CAFREF(Orta), EAFREF(Doğu), WAFREF(Batı) gerçekleştirmeleri tanımlanmıştır /4/.

Bu çalışmada; ITRF94, ITRF96 ve ITRF97'nin en güncel ITRF çözümü olan ITRF2000'den olan koordinat ve hız farkları ile, SND (sıfır-net-dönüklük) koşulu taşımayan bölgesel bir referans sistemi olan ETRS-89'un, ETRF94, ETRF96, ETRF1997 ve ETRF2000 gerçekleştirmeleri arasındaki koordinat ve hız farkları incelenmiş, seküler değişimi ITRS çözümlerinden bağımsız ve Anadolu Plakasının katı blok hareketine dayanan yeni ve ulusal bir referans sistemi TURES-96 önerilmiştir.

İkinci bölümde dört boyutlu referans koordinat sistemlerinin tanımlanmasındaki ana matematik model olan 14-parametrelili Helmert Transformasyonu tanıtılmakta, üçüncü bölümde farklı ITRS gerçekleştirmeleri arasındaki koordinat ve hız farkları, dördüncü bölümde

ise ulusal bir referans koordinat sistemi için model oluşturabilecek ETRS gerçekleştirmeleri arasındaki farklar incelenmekte, son bölümde ise ulusal bir referans sistemi olarak önerilen TURES-96 ve diğer referans koordinat sistemleri ile ilişkisi açıklanmaktadır.

## 2. 4-B HELMERT DÖNÜŞÜMÜ

Farklı datum ve referans koordinat sistemleri arasındaki dönüşümler sıkça yapılmaktadır. Uzak tabanlı sistemlerin gelişimi ile birlikte ortaya çıkan yüksek duyarlıktaki ölçüler, parametreler yanında bu parametrelerin zamana bağlı değişimlerini de hesaplamayı zorunlu kılmıştır /2,3/. Yirmi yılı aşkın bir zamandır elde edilen SLR (Satellite Laser Ranging) ve VLBI (Very Long Baseline Interferometry) ile yaklaşık 15 yıldır toplanan GPS (Global Positioning System) ölçülerinin aynı referans koordinat sisteminde ifade edilmesi, bu sistemler arasında zamana bağlı bir matematiksel modelin oluşturulması ihtiyacını ortaya çıkarmıştır /7,8,9,13,14,15,18,24,27,28/. Bu amaçla 7-parametrelili Helmert dönüşüm modelinin zamana göre diferansiyeli alınarak 14-parametrelili Helmert dönüşüm modeli elde edilebilir. Konum vektörleri arasında  $\underline{X}_1$ 'den  $\underline{X}_2$ 'ye standart Helmert Dönüşümü /23/,

$$\underline{X}_2 = \underline{X}_1 + \underline{T} + D \underline{X}_1 + R \underline{X}_1 \quad (1)$$

şeklinde tanımladığında öteleme ve dönüklük matrisleri,

$$T = \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad R = \begin{bmatrix} 0 & -R_3 & R_2 \\ R_3 & 0 & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & 0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

şeklinde olup  $T$  öteleme vektörü,  $R_1, R_2, R_3$  sırasıyla X, Y ve Z eksenlerindeki dönüklük açıları ve  $D$  ölçek faktörüdür. (1) eşitliğinin zamana göre türevi alındığında;

$$\dot{\underline{X}}_2 = \dot{\underline{X}}_1 + \dot{\underline{T}} + \dot{D} \underline{X}_1 + D \dot{\underline{X}}_1 + \dot{R} \underline{X}_1 + R \dot{\underline{X}}_1 \quad (3)$$

$R$  ve  $D$  nin çok küçük olduğu ve bunların nokta hızlarını ifade eden  $\dot{\underline{X}}$  ile çarpımının ihmal edilebilir düzeyde olduğu göz önünde tutulursa, (3) eşitliği

$$\dot{\underline{X}}_2 = \dot{\underline{X}}_1 + \dot{\underline{T}} + \dot{D} \underline{X}_1 + \dot{R} \underline{X}_1 \quad (4)$$

halini alır /6,7/. Koordinat ve hız denklemleri, matris gösterimle verilecek olursa, 14-parametrelili Helmert Dönüşümü,

$$\begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} D & -R_3 & R_2 \\ R_3 & D & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_2 \\ \dot{Y}_2 \\ \dot{Z}_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{Y}_1 \\ \dot{Z}_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{T}_X \\ \dot{T}_Y \\ \dot{T}_Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \dot{D} & -\dot{R}_3 & \dot{R}_2 \\ \dot{R}_3 & \dot{D} & -\dot{R}_1 \\ -\dot{R}_2 & \dot{R}_1 & \dot{D} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

şeklinde dir.

### 3. FARKLI ITRS ÇÖZÜMLERİ

Farklı ITRS çözümleri arasındaki yöneltme parametrelerinin zamana bağlı değişimleri, farklı ITRS çözümlerinde bulunan koordinat ve hızlar arasında farklılıklar yaratmaktadır. Bu nedenle farklı ITRF sürümlerinin koordinat ve hızlarına dayalı olarak yapılan bölgesel çözümler farklı referans koordinat sistemlerindedir. Bu durumu sayısal olarak göstermek amacıyla, Avrupa ve Asya'da bulunan ve bölgesel referans sistemi tanımlanmasında sıkça kullanılan 33 GPS noktasının ITRF94, ITRF96, ITRF97 referans koordinat sistemlerindeki koordinat ve hızlar alınmış, bu sürümlerin hızları ile 1997.0 ve 2005.0 epoklarındaki koordinatları ITRF2000 ile karşılaştırılmıştır. İstasyonların hepsinin tüm çözümlerde bulunmaması veya yerlerinin değiştirilmesi nedeniyle karşılaştırmalar, ITRF94, ITRF96, ITRF97 için sırasıyla 15, 33 ve 35 istasyonla gerçekleştirilmiştir.

İstasyonların bir bölümünün yer ve/veya isim değiştirmiş olması ve bazı istasyonlarda birden fazla ölçü türü bulunması nedeniyle karşılaştırmalar DOMES numaraları üzerinden yapılmıştır. DOMES numaralama sistemi ilk olarak, 1980'lerde Fransız Ulusal Coğrafya Enstitüsünden Claude Boucher tarafından MERIT (Monitoring of Earth Rotation and Intercomparison of Techniques) kampanyasında kullanılan noktalara ayırt edici isim vermek amacıyla tasarlanmıştır. Bu amaçla ilk katalog da Bureau International de l'Heure (BIH) tarafından "Directory Of MERIT Sites", ismiyle yayınlanmış ve DOMES kısaltması doğmuştur /20,22/.

ITRF94 koordinat ve hızlarının 1997.0 epogundaki karşılaştırılması için ITRF2000 ile ITRF94 koordinat ve hızları alınmış, ITRF94 sistemindeki koordinatlar öncelikle noktaların hızları kullanılarak 1993.0'dan 1997.0'a getirilmiştir. İki sistem arasındaki koordinatlar aynı epokta karşılaştırıldıktan sonra ITRF2000 koordinatları /21/'de verilen 14 Helmert Parametresi ve (5) eşitliği kullanılarak ITRF94 sistemine dönüştürülmüştür. Hızların karşılaştırılması için ise ITRF2000 hızları (6) eşitliği ve yine yayınlanan dönüşüm parametreleri yardımıyla ITRF94 sistemine dönüştürülmüştür. ITRF2000 koordinat ve hızlarını ITRF97, ITRF96 ve ITRF94'e dönüştürmek için kullanılan dönüşüm parametreleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmektedir. ITRF94 ile ITRF2000 arasındaki farklar 1997.0 ve 2005.0 için ayrı ayrı hesaplanmış olup, elde edilen sonuçlar Kuzey, Doğu ve yükseklik bileşenleri cinsinden Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo-1: ITRF2000'den ITRF97, ITRF96 ve ITRF94'e olan dönüşüm parametreleri\* /21/

$T_X$	$T_Y$	$T_Z$	$D$	$R_X$	$R_Y$	$R_Z$
cm	cm	cm	ppb	.001"	.001"	.001"
0.67	0.61	-1.85	1.55	0.00	0.00	0.00

- ITRF94, ITRF96 ve ITRF97 çakışık olup, aralarındaki dönüşüm parametreleri sıfırdır.

Tablo-2: ITRF2000'den ITRF97, ITRF96 ve ITRF94'e olan dönüşüm parametrelerinin değişim hızı\* /21/

$\dot{T}_X$	$\dot{T}_Y$	$\dot{T}_Z$	$\dot{D}$	$\dot{R}_X$	$\dot{R}_Y$	$\dot{R}_Z$
cm/y	cm/y	cm/y	ppb/y	.001"/y	.001"/y	.001"/y
0.00	-0.06	-0.14	0.01	0.00	0.00	0.02

\* ITRF94, ITRF96 ve ITRF97 çakışık olup, aralarındaki dönüşüm parametreleri sıfırdır.

+

Tablo-3: ITRF2000 ile ITRF94 Koordinat ve Hız Farkları (K:Kuzey, D:Doğu, Y:Yükseklik)

		Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Hız Farkları			Hız Farkları		
		Epok : 1997.0			Epok : 1997.0			Epok : 2005.0			Epok : 2005.0			-			-		
		Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş			Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş			Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş		
		K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10302M003	TROM	14.7	-13.1	9.1	0.4	-9.5	4.4	5.6	-33.2	32.9	-11.1	-32.4	17.8	-1.1	-2.5	3.0	-1.5	-2.9	1.7
10402M004	ONSA	20.1	-10.3	10.4	3.6	-5.7	8.9	24.7	-15.3	39.8	2.9	-12.7	28.8	0.6	-0.6	3.7	-0.1	-0.9	2.6
10403M002	KIRU	20.5	-13.1	22.3	5.7	-9.8	18.2	23.2	-35.1	74.8	5.8	-34.4	60.2	0.3	-2.8	6.6	0.1	-3.1	5.3
10503S011	METS	20.9	1.4	14.8	4.2	4.1	12.8	26.1	11.7	40.4	5.6	12.6	28.3	0.7	1.3	3.2	0.2	1.1	2.0
11001M002	GRAZ	16.6	-4.4	-6.2	-1.9	-0.3	-4.3	14.0	-4.6	-21.2	-11.2	-1.8	-28.0	-0.3	0.0	-1.9	-1.2	-0.2	-3.0
12204M001	JOZE	17.0	-8.1	-9.4	-1.1	-4.8	-8.9	15.8	-16.8	-24.7	-7.8	-15.0	-33.6	-0.1	-1.1	-1.9	-0.8	-1.2	-3.0
12205M002	BOR1	21.4	-7.8	-6.7	3.6	-3.9	-6.4	30.5	-12.3	-6.7	7.0	-9.9	-15.6	1.1	-0.6	0.0	0.5	-0.7	-1.1
12734M008	MATE	24.5	-10.0	-3.0	5.1	-6.0	1.0	30.7	-19.1	2.0	3.7	-16.0	-1.8	0.8	-1.1	0.6	-0.2	-1.2	-0.4
13101M004	BRUS	13.1	-9.5	-0.1	-4.2	-3.9	-0.1	-8.1	-19.0	-10.7	-32.2	-15.1	-19.1	-2.7	-1.2	-1.3	-3.5	-1.4	-2.4
13212M007	HERS	21.1	-8.9	-3.0	4.1	-2.9	-3.2	26.5	-4.8	-22.9	2.5	-0.4	-31.3	0.7	0.5	-2.5	-0.2	0.3	-3.6
13504M003	KOSG	18.3	-11.0	2.8	1.2	-5.6	2.5	16.2	-18.3	14.5	-7.4	-14.6	5.6	-0.3	-0.9	1.5	-1.1	-1.1	0.4
14001M004	ZIMM	11.5	-4.3	-7.2	-6.6	0.9	-5.7	3.7	0.4	-22.9	-21.6	4.2	-29.5	-1.0	0.6	-2.0	-1.9	0.4	-3.0
14106M003	POTS	18.4	5.4	-44.4	0.8	9.8	-44.4	24.6	13.7	-77.6	1.1	16.5	-86.5	0.8	1.0	-4.1	0.0	0.8	-5.2
14201M009	WETT	25.0	-5.1	7.0	6.8	-0.7	8.0	34.8	-7.9	31.2	10.2	-4.8	23.6	1.2	-0.3	3.0	0.4	-0.5	1.9
14201M010	WTZR	20.8	-5.7	5.8	2.7	-1.3	6.8	25.4	-8.6	25.1	0.8	-5.6	17.5	0.6	-0.4	2.4	-0.3	-0.6	1.3
Minimum		11.5	-13.1	-44.4	-6.6	-9.8	-44.4	-8.1	-35.1	-77.6	-32.2	-34.4	-86.5	-2.7	-2.8	-4.1	-3.5	-3.1	-5.2
Maksimum		25.0	5.4	22.3	6.8	9.8	18.2	34.8	13.7	74.8	10.2	16.5	60.2	1.2	1.3	6.6	0.5	1.1	5.3
Ortalama		18.9	-7.0	-0.5	1.6	-2.6	-0.7	19.6	-11.3	4.9	-3.4	-8.6	-4.2	0.1	-0.5	0.7	-0.6	-0.7	-0.4
Standart Sapma		3.8	5.1	15.1	3.8	5.1	14.3	11.8	13.8	37.5	11.8	14.2	35.9	1.1	1.2	3.0	1.1	1.2	2.9

Tablo-4: ITRF2000 ile ITRF96 Koordinat ve Hız Farkları

		Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Hız Farkları			Hız Farkları		
		Epok : 1997.0			Epok : 1997.0			Epok : 2005.0			Epok : 2005.0			-			-		
		Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş			Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş			Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş		
		K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10002M006	GRAS	16.4	-9.6	-1.2	-2.1	-4.3	1.2	19.6	-8.5	-10.3	-6.6	-4.4	-15.6	0.4	0.1	-1.1	-0.7	-0.1	-2.2
10202M001	REYK	9.5	-11.9	1.0	-2.1	-3.7	-4.1	-7.2	9.2	-11.4	-25.3	15.1	-25.3	-2.1	2.6	-1.6	-2.9	2.3	-2.7
10302M003	TROM	15.4	-3.1	5.0	1.1	0.5	0.4	7.2	4.6	31.9	-9.5	5.4	16.8	-1.0	1.0	3.4	-1.3	0.6	2.2
10317M001	NYAL	14.9	-6.8	15.4	3.6	-2.2	8.7	8.9	-10.7	82.6	-3.6	-9.9	65.2	-0.8	-0.5	8.4	-0.9	-1.0	7.2
10402M004	ONSA	16.6	-6.5	2.5	0.0	-2.0	1.0	20.4	-7.2	21.9	-1.4	-4.6	10.8	0.5	-0.1	2.4	-0.2	-0.4	1.3
10403M002	KIRU	17.6	-3.2	5.8	2.7	0.1	1.7	29.7	7.1	59.6	12.2	7.8	45.0	1.5	1.3	6.7	1.3	0.9	5.5
10503S011	METS	16.7	-3.2	-0.3	0.0	-0.5	-2.3	16.1	3.3	24.0	-4.5	4.2	11.9	-0.1	0.8	3.0	-0.5	0.6	1.8
11001M002	GRAZ	16.8	-7.4	-3.3	-1.8	-3.3	-1.5	18.1	-7.3	-28.6	-7.1	-4.5	-35.4	0.2	0.0	-3.2	-0.7	-0.2	-4.3
11001M002	GRAZ	17.8	-7.2	2.5	-0.7	-3.2	4.4	19.2	-7.2	-22.8	-6.0	-4.4	-29.5	0.2	0.0	-3.2	-0.7	-0.2	-4.3
11206M006	PENC	20.1	-6.7	-3.4	1.5	-3.2	-1.6	24.2	-5.3	-15.8	-0.7	-2.9	-22.8	0.5	0.2	-1.6	-0.3	0.0	-2.7
11502M002	GOPE	18.5	-6.6	-6.4	0.4	-2.4	-5.5	31.7	-10.3	-27.0	7.3	-7.6	-34.9	1.7	-0.5	-2.6	0.8	-0.6	-3.8
12204M001	JOZE	19.8	-4.5	-5.3	1.8	-1.2	-4.8	24.2	8.2	-28.0	0.7	10.0	-36.9	0.6	1.6	-2.8	-0.1	1.4	-4.0
12205M002	BOR1	17.1	-5.7	-3.1	-0.8	-1.9	-2.8	18.9	3.2	-12.6	-4.7	5.5	-21.6	0.2	1.1	-1.2	-0.5	1.0	-2.3
12207M002	BOGO	18.2	-4.1	-0.1	0.2	-0.8	0.3	27.9	9.8	4.5	4.5	11.7	-4.6	1.2	1.7	0.6	0.6	1.6	-0.6
12209M001	LAMA	17.3	-3.5	-3.9	"	-0.1	-4.0	19.4	10.0	-27.2	-3.6	11.8	-36.9	0.3	1.7	-2.9	-0.4	1.5	-4.1
12313M001	IRKT	8.5	11.7	2.3	-6.3	3.7	0.2	-7.8	8.3	2.8	-25.7	4.5	-10.6	-2.0	-0.4	0.1	-2.4	0.1	-1.4
12330M001	ZWEN	17.5	0.8	0.2	-0.4	1.6	-0.2	13.5	18.5	-19.4	-8.3	18.4	-30.1	-0.5	2.2	-2.4	-1.0	2.1	-3.8
12334M001	KIT3	15.2	3.2	-7.6	-4.4	-0.6	-3.0	15.9	-11.3	-35.0	-9.6	-13.1	-40.5	0.1	-1.8	-3.4	-0.7	-1.6	-4.8
12348M001	POL2	15.3	4.6	1.1	-3.5	-0.2	4.1	2.8	-8.7	-6.6	-21.1	-11.2	-14.2	-1.6	-1.7	-1.0	-2.3	-1.4	-2.3
12717M003	NOTO	15.9	-7.5	-6.2	-3.8	-3.4	-1.0	7.5	-16.3	-25.7	-20.4	-12.8	-27.7	-1.0	-1.1	-2.4	-2.2	-1.2	-3.4
12725M003	CAGL	17.1	-5.6	-6.8	-2.1	-0.6	-2.7	60.7	54.7	-13.4	33.2	58.8	-16.5	5.4	7.5	-0.8	4.4	7.4	-1.7
12734M008	MATE	16.5	-7.4	-3.9	-2.9	-3.4	0.2	13.1	-8.4	-6.1	-13.9	-5.3	-9.9	-0.4	-0.1	-0.3	-1.5	-0.2	-1.3
12741M001	VE NE	13.5	-3.9	-0.7	-5.1	0.6	1.5	-16.0	30.3	39.6	-41.7	33.7	33.6	-3.7	4.3	5.0	-4.7	4.1	4.0
13101M004	BRUS	15.2	-8.9	-4.7	-2.1	-3.3	-4.7	13.9	-11.0	-29.4	-10.2	-7.1	-37.8	-0.2	-0.3	-3.1	-1.1	-0.5	-4.3
13212M007	HERS	16.2	-8.9	-5.5	-0.8	-2.9	-5.7	15.7	-10.4	-39.1	-8.3	-6.0	-47.5	-0.1	-0.2	-4.2	-1.0	-0.4	-5.3
13406M001	VILL	14.9	-9.9	-3.6	-3.3	-3.3	-0.9	23.1	-1.8	-26.8	-3.9	3.7	-30.6	1.0	1.0	-2.9	-0.1	0.9	-3.8
13504M003	KOSG	15.5	-8.5	-4.4	-1.6	-3.2	-4.7	16.1	-6.8	-5.9	-7.4	-3.1	-14.9	0.1	0.2	-0.2	-0.7	0.0	-1.3
14001M004	ZIMM	16.1	-4.8	-19.2	-2.0	0.4	-17.7	16.6	7.5	-48.1	-8.7	11.3	-54.8	0.1	1.5	-3.6	-0.9	1.3	-4.7
14106M003	POTS	16.3	-6.6	-5.0	-1.3	-2.1	-4.9	17.6	-11.5	-49.4	-5.9	-8.7	-58.4	0.2	-0.6	-5.6	-0.6	-0.8	-6.7
14201M009	WETT	18.5	-8.3	1.2	0.4	-3.9	2.2	27.0	-10.2	12.9	2.4	-7.2	5.2	1.1	-0.2	1.5	0.2	-0.4	0.4
14201M010	WTZR	16.9	-6.1	-1.4	-1.2	-1.7	-0.4	24.9	-8.0	9.7	0.3	-5.0	2.0	1.0	-0.2	1.4	0.1	-0.4	0.3
20805M002	ANKR	16.7	-1.6	-4.4	-3.2	-0.1	0.4	15.7	5.3	-19.4	-11.3	6.5	-23.2	-0.1	0.9	-1.9	-1.1	0.8	-3.0
24901M002	BAHR	16.9	1.9	-20.8	-3.7	0.6	-11.0	-19.8	-4.3	-33.2	-48.7	-4.3	-31.2	-4.6	-0.8	-1.6	-5.7	-0.6	-2.5
Minimum		8.5	-11.9	-20.8	-6.3	-4.3	-17.7	-19.8	-16.3	-49.4	-48.7	-13.1	-58.4	-4.6	-1.8	-5.6	-5.7	-1.6	-6.7
Maksimum		20.1	11.7	15.4	3.6	3.7	8.7	60.7	54.7	82.6	33.2	58.8	65.2	5.4	7.5	8.4	4.4	7.4	7.2
Ortalama		16.2	-4.7	-2.6	-1.4	-1.5	-1.7	15.7	0.4	-7.6	-7.8	2.6	-15.8	-0.1	0.6	-0.6	-0.8	0.5	-1.8
Standart Sapma		2.3	4.8	6.4	2.2	1.9	4.6	14.6	14.2	29.9	14.5	14.4	27.7	1.7	1.8	3.2	1.7	1.7	3.2

ITRF2000 ile ITRF96 ve ITRF97 arasındaki koordinat ve hız farkları da aynı şekilde incelenmiştir. Bu amaçla noktaların ITRF2000 sisteminde ve ITRF96 ile ITRF97 sistemindeki koordinatları 1997.0 ve 2005.0 epoklarına getirilmiş ve farklar elde edilmiştir. Aynı işlem bu defa dönüştürülmüş koordinat ve hız değerleriyle gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmektedir.

Farklar incelendiğinde, özellikle tektonik olarak farklı rejimdeki bölgelerde yer alan NYAL, REYK, KIRU gibi istasyonların doğrusal hız modeline uymayan davranışlarının büyük farkların oluşmasında etkili olduğu, bu durumda dönüşümün de yetersiz kaldığı değerlendirilmektedir. Stabil bir bölgede yer almalarına karşın büyük farklar elde edilen istasyonlardaki temel problemin ise ITRF2000 öncesi ITRF çözümlerinde bu istasyonların koordinatlarının 2005.0 epoğuna getirilmesinde kullanılan ve önceki verilerle hesaplanmış hızların yeterli duyarlılıkla belirlenememiş olmasıdır.

Daha eski ITRS çözümlerine göre oldukça duyarlı olduğu kabul edilen ITRF96 ve ITRF97 çözümleri için gerçekleştirilen dönüşümün, deformasyon alanı içerisindeki noktalar haricinde kabul edilebilir duyarlılıkta olmakla birlikte bazı noktalarda dönüşümün daha büyük farklara neden olduğu görülmektedir. Ancak koordinatların dönüştürülmemiş farkları incelendiğinde, 2005.0 epoğunda 3 cm'yi geçen değerler dönüşümün gerekliliğini ortaya koymaktadır.

#### 4. EUREF/ ETRS89 VE REFERANS KOORDİNAT SİSTEMLERİ

1990 yılında EUREF kararlarını takip eden Firenze toplantısı sonucunda 1nci Karar olarak "IAG( Uluslar arası Jeodezi Birliği) EUREF tarafından uygulanacak olan sistemin 1989.0 epoğundaki ITRS ve Avrasya'nın deformasyona maruz olmayan bölümüne çakışık olmasını ve adının Avrupa Yersel Referans Sistemi 89 (ETRS89) olmasını tavsiye etmiştir. Bunun üzerinde oluşturulan EUREF hem Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRS) ile sıkı ilişkisini koruyacak hem de zamana bağlı değişimini minimize edecek şekilde tasarlanmıştır /19/.

ETRS temel olarak 1989.0 epoğunda ITRF89 ile çakışık kabul edilmiş, referans sisteminin zamana bağlı değişimi ise Avrasya'nın stabil bölümüne göre tanımlanmıştır. SND (sıfır-net-dönüklük) koşulu doğrudan kullanılmamakla birlikte Avrasya'nın stabil hareketini ifade etmek için yine SND'ye ihtiyaç duyulmaktadır. ETRS ile ITRS ilişkisi sıkı sıkıya korunduğundan yapılan çözümlerde her iki sistemdeki koordinat ve hızlar kullanılabilen ve birbirlerine dönüştürülebilmektedir.

Avrupa'nın büyük bölümünün tektonik olarak stabil bir alanda yer aldığı göz önüne alındığında, Avrasya'ya göre tanımlanacak hız alanının, noktaların koordinat değişimini asgari düzeyde tutacağı açıktır.

ETRS'nin sağladığı en büyük kolaylık ise, yeni veri gruplarıyla güncellenen ITRS çözümleriyle olan ilişkisi sayesinde farklı referans koordinat sistemlerinde (farklı ITRS sürümleriyle) gerçekleştirilmiş olan sonuçları doğrudan karşılaştırma olanağı sunmasıdır.

Farklı ITRS sürümleri ile elde edilen ETRS gerçekleştirmelerini karşılaştırmak amacıyla ITRF2000'den elde edilen ETRF2000 ile ITRF94, ITRF96 ve ITRF97'den sırasıyla elde edilen ETRF94, ETRF96, ETRF97 referans koordinat sistemleri hız ve koordinat açısından karşılaştırılmıştır. Tüm ETRS sürümleri aynı referans sisteminde (ETRS89) olduğundan ayrıca bir dönüşüme ihtiyaç duyulmamıştır.



Tablo-5: ITRF2000 ile ITRF97 Koordinat ve Hız Farkları

		Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Hız Farkları			Hız Farkları		
		Epok : 1997.0			Epok : 1997.0			Epok : 2005.0			Epok : 2005.0			-			-		
		Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş			Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş			Dönüştürülmemiş			Dönüştürülmüş		
		K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10002M006	GRAS	18.1	-4.3	-3.0	-0.5	1.0	-0.5	31.3	0.2	-4.1	5.2	4.3	-9.3	1.7	0.6	-0.1	0.7	0.4	-1.1
10202M001	REYK	12.2	-7.8	5.2	0.6	0.4	0.2	11.7	4.7	-3.4	-6.5	10.5	-17.3	-0.1	1.6	-1.1	-0.9	1.2	-2.1
10302M003	TROM	13.7	-1.8	7.7	-0.6	1.8	3.1	10.1	6.2	30.4	-6.6	7.0	15.2	-0.4	1.0	2.8	-0.8	0.6	1.6
10302M006	TRO1	11.4	-9.1	-8.5	-2.9	-5.5	-13.1	7.9	-1.1	14.1	-8.8	-0.3	-1.0	-0.4	1.0	2.8	-0.8	0.6	1.6
10317M001	NYAL	11.8	-4.4	18.1	0.5	0.2	11.3	11.3	-1.5	65.5	-1.2	-0.8	48.0	-0.1	0.4	5.9	-0.2	-0.1	4.6
10317M003	NYA1	13.2	-7.7	5.6	1.9	-3.1	-1.2	12.7	-4.8	53.0	0.2	-4.1	35.5	-0.1	0.4	5.9	-0.2	-0.1	4.6
10402M004	ONSA	16.6	-3.2	0.1	0.1	1.4	-1.5	19.9	-2.7	8.4	-1.9	-0.1	-2.6	0.4	0.1	1.0	-0.2	-0.2	-0.1
10403M002	KIRU	14.0	-2.0	4.0	-0.8	1.2	-0.1	17.7	2.7	4.2	0.3	3.4	-10.4	0.5	0.6	0.0	0.2	0.3	-1.3
10503S011	METS	15.4	-2.2	2.7	-1.3	0.5	0.8	17.9	-0.3	37.2	-2.7	0.7	25.1	0.3	0.3	4.3	-0.2	0.0	3.1
11001M002	GRAZ	18.0	-3.8	1.0	-0.6	0.3	2.9	26.0	-1.8	-5.4	0.8	1.0	-12.1	1.0	0.3	-0.8	0.2	0.1	-1.9
11206M006	PENC	20.7	-4.2	0.1	2.1	-0.7	1.9	19.3	-1.8	-11.6	-5.7	0.6	-18.6	-0.2	0.3	-1.5	-1.0	0.1	-2.6
11502M002	GOPE	18.7	-3.5	-0.1	0.6	0.7	0.8	22.5	-4.3	9.3	-1.9	-1.5	1.3	0.5	-0.1	1.2	-0.3	-0.3	0.0
12204M001	JOZE	19.7	-3.2	2.4	1.7	0.1	2.9	22.5	0.4	23.6	-1.1	2.2	14.7	0.4	0.5	2.6	-0.3	0.3	1.5
12205M002	BOR1	17.8	-3.8	-1.1	0.0	0.1	-0.9	23.4	1.9	15.8	-0.2	4.2	6.8	0.7	0.7	2.1	0.0	0.6	1.0
12207M002	BOGO	17.4	-2.6	1.7	-0.5	0.8	2.1	18.4	1.6	7.0	-5.0	3.5	-2.1	0.1	0.5	0.7	-0.5	0.4	-0.5
12209M001	LAMA	16.5	-2.0	-2.2	-1.2	1.4	-2.2	18.6	-0.8	26.1	-4.4	1.0	16.4	0.3	0.2	3.5	-0.4	0.0	2.4
12313M001	IRKT	12.5	6.8	5.5	-2.2	-1.2	3.4	15.7	-6.5	0.0	-2.2	-10.3	-13.4	0.4	-1.7	-0.7	0.1	-1.1	-2.1
12330M001	ZWEN	16.7	-1.0	3.2	-1.3	-0.2	2.8	15.7	-1.4	-16.5	-6.2	-1.5	-27.2	-0.1	0.0	-2.5	-0.6	-0.2	-3.7
12334M001	KIT3	17.3	4.4	-2.3	-2.3	0.6	2.3	21.8	-8.4	-24.2	-3.7	-10.2	-29.6	0.6	-1.6	-2.7	-0.2	-1.4	-4.0
12348M001	POL2	17.4	4.1	0.4	-1.4	-0.7	3.3	15.7	-7.9	1.0	-8.2	-10.4	-6.6	-0.2	-1.5	0.1	-0.9	-1.2	-1.2
12351M001	ZECK	18.4	-0.9	-1.9	-1.2	-0.7	1.7	29.4	2.5	20.2	3.9	2.6	14.3	1.4	0.4	2.8	0.6	0.5	1.5
12717M003	NOTO	19.1	-5.1	-5.5	-0.5	-1.0	-0.3	21.6	-10.5	-16.8	-6.3	-7.0	-18.8	0.3	-0.7	-1.4	-0.7	-0.8	-2.4
12725M003	CAGL	18.6	-3.7	-3.9	-0.6	1.2	0.2	32.4	-1.2	-6.8	4.9	2.9	-9.9	1.7	0.3	-0.4	0.6	0.2	-1.3
12734M008	MATE	18.7	-3.9	-3.4	-0.7	0.0	0.7	24.6	-2.6	-7.7	-2.5	0.5	-11.6	0.7	0.2	-0.6	-0.3	0.1	-1.6
12741M001	VENE	16.7	-2.0	3.2	-1.9	2.6	5.4	44.4	-9.8	-35.3	18.7	-6.4	-41.3	3.5	-1.0	-4.8	2.5	-1.2	-5.8
13101M004	BRUS	18.0	-5.0	0.8	0.7	0.6	0.8	24.1	0.2	0.0	0.0	4.1	-8.4	0.8	0.7	-0.1	-0.1	0.5	-1.2
13212M007	HERS	17.7	-3.9	1.1	0.7	2.1	0.9	24.9	4.2	-8.9	0.9	8.6	-17.4	0.9	1.0	-1.3	0.0	0.8	-2.3
13406M001	VILL	17.7	-5.7	2.4	-0.5	0.9	5.0	33.2	3.2	-14.6	6.3	8.7	-18.5	2.0	1.1	-2.1	0.8	1.0	-3.0
13504M003	KOSG	16.8	-4.7	-0.4	-0.3	0.7	-0.7	22.3	1.2	2.4	-1.2	4.9	-6.5	0.7	0.7	0.4	-0.1	0.5	-0.7
14001M004	ZIMM	17.7	-2.4	-11.1	-0.4	2.8	-9.6	26.6	6.4	-27.1	1.3	10.2	-33.7	1.1	1.1	-2.0	0.2	0.9	-3.0
14106M003	POTS	17.2	-2.9	-0.6	-0.4	1.6	-0.6	21.8	-5.5	-5.2	-1.8	-2.7	-14.1	0.6	-0.3	-0.6	-0.2	-0.5	-1.6
14201M009	WETT	18.1	-5.1	0.3	-0.1	-0.7	1.3	25.7	-4.5	10.6	1.1	-1.5	2.9	1.0	0.1	1.3	0.1	-0.1	0.2
14201M010	WTZR	17.7	-3.2	0.6	-0.4	1.2	1.5	25.4	-2.6	10.9	0.7	0.5	3.2	1.0	0.1	1.3	0.1	-0.1	0.2
20805M002	ANKR	18.8	-0.9	10.3	-1.2	0.6	15.2	38.6	-20.5	-178.1	11.7	-19.3	-181.9	2.5	-2.5	-23.6	1.6	-2.5	-24.7
24901M002	BAHR	20.6	0.5	-3.3	-0.1	-0.8	6.5	13.2	-13.4	-17.3	-15.8	-13.3	-15.3	-0.9	-1.7	-1.8	-2.0	-1.6	-2.7
Minimum		11.4	-9.1	-11.1	-2.9	-5.5	-13.1	7.9	-20.5	-178.1	-15.8	-19.3	-181.9	-0.9	-2.5	-23.6	-2.0	-2.5	-24.7
Maksimum		20.7	6.8	18.1	2.1	2.8	15.2	44.4	6.4	65.5	18.7	10.5	48.0	3.5	1.6	5.9	2.5	1.2	4.6
Ortalama		16.9	-2.9	0.8	-0.4	0.3	1.3	22.0	-2.2	-1.2	-1.1	-0.2	-9.8	0.6	0.1	-0.3	-0.1	-0.1	-1.4
Standart Sapma		2.4	3.2	5.2	1.1	1.5	4.7	8.0	5.6	37.4	6.0	6.7	35.3	0.9	0.9	4.7	0.8	0.8	4.7

ETRF2000 ile ETRF94, ETRF96 ve ETRF97 arasındaki koordinat farkları 1989.0, 1997.0 ve 2005.0 epoklarında ayrı ayrı hesaplanmış ve hız farklarıyla birlikte sırasıyla Tablo 6, 7 ve 8'de verilmektedir.

Tablo-6: ETRF2000 ile ETRF94 Koordinat ve Hız Farkları

		Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Hız Farkları		
		Epok : 1989.0			Epok : 1997.0			Epok : 2005.0			-		
		K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10302M003	TROM	10.3	11.8	-9.2	-5.9	6.3	14.8	-22.0	0.8	38.7	-2.0	-0.7	3.0
10317M001	NYAL	6.6	14.4	-19.6	-4.7	16.1	22.5	-15.9	17.8	64.7	-1.4	0.2	5.3
10402M004	ONSA	3.8	0.9	-10.8	5.1	1.8	18.9	6.3	2.8	48.5	0.2	0.1	3.7
10403M002	KIRU	3.7	13.2	-23.1	-1.7	3.8	29.2	-7.0	-5.7	81.5	-0.7	-1.2	6.5
10503S011	METS	3.7	-4.6	-2.1	-1.1	12.5	22.7	-5.9	29.6	47.6	-0.6	2.1	3.1
11001M002	GRAZ	7.9	2.0	20.0	0.1	-0.8	4.3	-7.8	-3.6	-11.3	-1.0	-0.4	-2.0
12204M001	JOZE	5.9	4.5	15.7	-3.7	-3.2	-0.2	-13.3	-11.0	-16.0	-1.2	-1.0	-2.0
12205M002	BOR1	1.0	2.6	4.3	3.3	-0.3	4.5	5.7	-3.1	4.7	0.3	-0.4	0.0
12209M001	LAMA	-20.0	0.5	18.3	-14.8	-5.5	2.6	-9.6	-11.6	-13.0	0.7	-0.8	-2.0
12334M001	KIT3	-19.0	-35.9	4.3	-22.3	-36.6	2.0	-25.6	-37.3	-0.3	-0.4	-0.1	-0.3
12734M008	MATE	8.4	5.9	4.1	8.9	-11.9	9.6	9.5	-29.8	15.1	0.1	-2.2	0.7
13101M004	BRUS	23.9	8.5	19.2	3.2	-0.3	9.3	-17.5	-9.0	-0.7	-2.6	-1.1	-1.2
13212M007	HERS	5.1	-3.1	26.8	12.9	1.8	6.0	20.7	6.8	-14.8	1.0	0.6	-2.6
13406M001	VILL	13.0	-6.1	-29.2	17.6	-10.2	-40.7	22.2	-14.2	-52.2	0.6	-0.5	-1.4
13504M003	KOSG	9.6	5.8	0.2	7.3	0.0	12.1	5.1	-5.7	23.9	-0.3	-0.7	1.5
14001M004	ZIMM	9.3	-0.9	20.1	0.0	1.3	3.5	-9.2	3.5	-13.0	-1.2	0.3	-2.1
14106M003	POTS	0.4	3.4	-1.6	2.3	13.3	-34.3	4.2	23.2	-67.1	0.2	1.2	-4.1
14201M009	WETT	4.7	5.9	-6.7	10.1	1.5	18.2	15.6	-2.9	43.1	0.7	-0.6	3.1
14201M010	WTZR	5.5	3.5	-3.4	5.1	-1.1	15.9	4.8	-5.7	35.3	0.0	-0.6	2.4
Minimum		-20.0	-35.9	-29.2	-22.3	-36.6	-40.7	-25.6	-37.3	-67.1	-2.6	-2.2	-4.1
Maksimum		23.9	14.4	26.8	17.6	16.1	29.2	22.2	29.6	81.5	1.0	2.1	6.5
Ortalama		4.4	1.7	1.4	1.1	-0.6	6.4	-2.1	-2.9	11.3	-0.4	-0.3	0.6
Standart Sapma		9.9	10.7	15.9	9.3	11.3	17.5	14.0	16.0	38.5	1.0	0.9	3.0

Avrasya'nın genel tektoniğine uymayan ve/veya özel deformasyon alanlarında kalan NYAL, KIRU, ONSA, TROM istasyonların hız farklarının yer aldığı sütunda büyük artış değerleri görülmektedir. Koordinat farkları üç farklı epokta (1989.0, 1997.0, 2005.0) hesaplanmıştır. ETRS'nin tanımlandığı epokun 1989.0 olduğu hatırlanırsa, karşılaştırma için sırasıyla 8 ve 16 yıllık epok kaydırması yapıldığı görülmektedir. Buna rağmen deformasyondan uzakta kalan noktalar için elde edilen 1 cm'nin altındaki farklar, farklı veri gruplarıyla ve farklı ITRS sürümleriyle elde edilse bile ETRS gerçekleştirmelerinin koordinat farklarını asgari düzeyde tutacak şekilde bir hız alanına sahip olduğunu göstermektedir /13,19/.

## 5. TURES-96

Ülkemiz için tanımlanacak yeni referans koordinat sisteminin GPS ile gerçekleştirileceği ancak ITRS ve ETRS gerçekleştirmelerinin farklı uzaysal ölçü teknikleriyle (GPS, VLBI, SLR, LLR, DORIS) ile yapıldığı değerlendirilerek, yalnız GPS ile oluşturulan referans koordinat sistemleriyle ITRS ve ETRS ile benzer duyarlıkların elde edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Bu amaçla sadece GPS verileri ile oluşturulan yörünge koordinat sistemleri IGS96, IGS97 /32/, IGS00(v1) /16,33/ ve IGS00(v2) /17/ ile bunların karma ölçü teknikleriyle elde edilen versiyonları ITRF96, ITRF97 ve ITRF2000 arasındaki farklar değerlendirilmiş, son ITRF sürümü ITRF2000 ile son IGS sürümü IGS00(v2) farkları incelenmiştir. Referans koordinat

sistemi tanımlanmasında sıkça kullanılan istasyonlar için IGS analiz koordinatörünce yayınlanan ITRF2000-IGS00(v2) farkları Tablo 9'da verilmektedir /17/. Çoğunluğu mm'nin altındaki farklar sadece GPS ile elde edilen referans koordinat sistemi gerçekleştirmelerinin karma ölçü teknikleriyle elde edilen referans koordinat sistemi gerçekleştirmelerine oldukça yakın sonuçlar verdiğini ve sadece GPS ölçüleriyle yüksek duyarlılıkta referans koordinat sistemi gerçekleştirilebileceğini göstermektedir.

TUTGA-99A, ITRF96'ya dayalı olarak üretilmiş ve hız alanı da ITRF96'ya, diğer bir ifade ile SND'ye göre tanımlanmıştır /11/. Bu durum, TUTGA-99A'nın ITRF96 ile 1997.0 epogunda çakışık olduğu şeklinde ifade edilebilir. ITRF96 ile ITRF2000 arasındaki öteleme, dönüklük ve ölçek ilişkileri sabit olmayıp, zamana bağlı parametreler şeklindedir. ITRF96 TUTGA-99A'nın ITRF96'ya dayalı olarak oluşturulması sebebiyle, TUTGA-99A-ITRF2000 arasındaki öteleme, dönüklük ve ölçek ilişkilerinin de benzer şekilde tanımlanması gerekmektedir. Bu anlamda TUTGA-99A'nın 1998.0 ve 2000.45 epoklarında iki ayrı koordinat kümesi olarak yayınlanması ile 1997.0 epogunda ITRF96 ile çakışık olması karıştırılmamalıdır.

ITRS'in en güncel gerçekleştirmesi olan ITRF2000 ile yapılacak çözümlerin eski çözümlerle olan uyumunu araştırmak amacıyla Tablo 1 ve 2'de verilen dönüşüm parametreleri kullanılarak ITRF2000 ile ITRF96 arasındaki dönüşümün Türkiye üzerindeki etkisi hesaplanmıştır. Bu amaçla 2005.0 epogundaki ITRF2000 koordinat ve hızların, aynı epoktaki ITRF96 sisteminde ifade edilebilmesi için gerekli düzeltmeler bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar; koordinatların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenleri ile hızların kuzey, doğu ve yükseklik bileşenleri için sırasıyla Şekil 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmektedir.

Görüleceği üzere en büyük farklar hem koordinat hem de hızlar için kuzey bileşinde bulunmaktadır. Koordinat için 3 cm, hızlar için 1 mm'yi bulan farklar, ITRF2000'in doğrudan ITRF96 yerine kullanılamayacağını göstermektedir.

Tablo-7: ETRF2000 ile ETRF96 Koordinat ve Hız Farkları

		Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Hız Farkları		
		Epok : 1989.0			Epok : 1997.0			Epok : 2005.0			-		
		K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10002M006	GRAS	3.1	-1.4	6.9	5.0	-5.3	-2.0	6.8	-9.2	-10.9	0.2	-0.5	-1.1
10202M001	REYK	18.3	-18.6	17.8	15.8	10.4	5.7	13.3	39.3	-6.5	-0.3	3.6	-1.5
10302M003	TROM	8.6	-5.9	-16.0	-6.7	16.4	11.0	-22.0	38.7	38.0	-1.9	2.8	3.4
10317M001	NYAL	6.3	4.3	-48.1	-3.7	22.4	18.3	-13.8	40.5	84.6	-1.3	2.3	8.3
10402M004	ONSA	1.2	1.2	-9.1	1.7	6.5	10.5	2.3	11.7	30.1	0.1	0.7	2.5
10403M002	KIRU	-8.7	-8.8	-41.8	-4.4	14.0	12.6	0.0	36.8	66.9	0.5	2.9	6.8
10503S011	METS	4.4	-5.8	-15.2	-5.9	6.8	8.2	-16.3	19.4	31.7	-1.3	1.6	2.9
11001M002	GRAZ	4.9	-1.0	32.3	0.9	-2.9	7.7	-3.2	-4.9	-17.0	-0.5	-0.3	-3.1
11206M006	PENC	4.8	-2.7	21.3	2.0	-3.9	8.7	-0.8	-5.0	-3.8	-0.4	-0.2	-1.6
11502M002	GOPE	-4.8	4.1	24.9	2.3	-0.9	4.3	9.4	-5.9	-16.3	0.9	-0.6	-2.6
12204M001	JOZE	2.6	-12.1	27.2	-1.5	1.6	4.0	-5.6	15.3	-19.2	-0.5	1.7	-2.9
12205M002	BOR1	4.2	-8.7	18.2	-0.2	1.9	9.5	-4.7	12.5	0.9	-0.6	1.3	-1.1
12207M002	BOGO	-3.8	-14.2	5.4	-1.5	0.7	10.8	0.8	15.5	16.1	0.3	1.9	0.7
12209M001	LAMA	3.1	-12.9	28.7	-3.2	3.1	5.6	-9.6	19.2	-17.5	-0.8	2.0	-2.9
12330M001	ZWEN	8.5	-16.4	30.6	-10.8	2.0	10.8	-30.1	20.4	-9.0	-2.4	2.3	-2.5
12348M001	POL2	18.8	9.7	19.4	-21.5	-22.6	11.2	-61.8	-54.9	3.0	-5.0	-4.0	-1.0
12717M003	NOTO	14.9	8.0	26.8	1.6	-11.4	7.2	-11.7	-30.9	-12.4	-1.7	-2.4	-2.5
12734M008	MATE	10.6	0.7	10.7	1.5	-9.1	9.0	-7.6	-18.8	7.3	-1.1	-1.2	-0.2
12741M001	VENE	33.9	-31.0	-30.6	0.5	-0.7	10.2	-33.0	29.6	51.0	-4.2	3.8	5.1
13101M004	BRUS	6.3	1.0	28.4	5.4	-0.3	4.4	4.5	-1.6	-19.7	-0.1	-0.2	-3.0
13212M007	HERS	6.1	1.9	37.6	7.9	1.2	3.1	9.8	0.6	-31.4	0.2	-0.1	-4.3
13406M001	VILL	0.0	-6.4	30.9	11.7	-7.4	7.2	23.4	-8.3	-16.4	1.5	-0.1	-3.0
13504M003	KOSG	5.1	-2.0	6.2	5.5	2.2	4.8	6.0	6.3	3.5	0.1	0.5	-0.2
14001M004	ZIMM	5.8	-12.0	27.5	5.9	-1.3	-2.2	6.0	9.5	-31.9	0.0	1.3	-3.7
14106M003	POTS	3.8	5.1	48.9	0.9	1.0	4.6	-1.9	-3.2	-39.7	-0.4	-0.5	-5.5
14201M009	WETT	0.5	1.0	0.9	4.7	-2.4	12.1	8.9	-5.8	23.3	0.5	-0.4	1.4
14201M010	WTZR	-3.0	2.0	-2.7	1.2	-1.5	8.5	5.4	-4.9	19.6	0.5	-0.4	1.4
20805M002	ANKR	6.4	-7.8	23.6	-7.9	-10.5	9.4	-22.1	-13.2	-4.7	-1.8	-0.3	-1.8
	Minimum	-35.3	-57.6	-48.1	-21.5	-22.6	-2.2	-61.8	-54.9	-39.7	-5.0	-4.0	-5.5
	Maksimum	33.9	9.7	48.9	15.8	22.4	18.3	48.0	44.7	84.6	5.2	6.4	8.3
	Ortalama	4.4	-6.4	11.1	0.5	0.1	7.6	-3.4	6.7	4.1	-0.5	0.8	-0.4
	Standart Sapma	11.1	13.3	23.6	7.1	8.8	4.3	19.6	22.7	29.4	1.8	2.1	3.3

Tablo-8: ETRF2000 ile ETRF97 Koordinat ve Hız Farkları

		Koor.Farkları			Koor.Farkları			Koor.Farkları			Hız Farkları		
		Epok : 1989.0			Epok : 1997.0			Epok : 2005.0			-		
		K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y	K	D	Y
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
10002M006	GRAS	-4.7	-1.2	9.3	7.2	-1.6	7.2	19.2	-2.1	5.2	1.5	-0.1	-0.3
10202M001	REYK	5.4	-5.2	18.5	18.1	15.4	9.7	30.7	36.0	0.9	1.6	2.6	-1.1
10302M003	TROM	3.8	-4.1	-8.9	-6.9	18.6	13.8	-17.5	41.2	36.6	-1.3	2.8	2.8
10302M006	TRO1	1.9	-12.2	-25.2	-8.8	10.4	-2.5	-19.5	33.0	20.2	-1.3	2.8	2.8
10317M001	NYAL	-1.9	0.6	-25.1	-6.3	25.6	22.2	-10.8	50.6	69.6	-0.6	3.1	5.9
10317M003	NYA1	-1.7	-2.9	-38.4	-6.1	22.1	8.9	-10.5	47.1	56.3	-0.6	3.1	5.9
10402M004	ONSA	0.5	2.2	-0.3	0.5	8.6	8.3	0.5	14.9	16.8	0.0	0.8	1.1
10403M002	KIRU	-3.4	-1.6	10.0	-7.7	15.7	10.1	-12.1	33.0	10.1	-0.6	2.2	0.0
10503S011	METS	0.6	0.0	-23.4	-6.6	8.8	11.1	-13.7	17.5	45.6	-0.9	1.1	4.3
11001M002	GRAZ	-0.9	-0.1	15.8	2.5	-0.7	9.4	5.9	-1.3	3.0	0.4	-0.1	-0.8
11206M006	PENC	11.6	-1.7	24.6	2.0	-1.4	12.8	-7.7	-1.2	1.0	-1.2	0.0	-1.5
11502M002	GOPE	5.0	3.9	1.1	3.1	2.9	10.0	1.2	1.8	18.9	-0.2	-0.1	1.1
12204M001	JOZE	4.9	-1.8	-8.9	-0.8	2.7	11.8	-6.5	7.3	32.5	-0.7	0.6	2.6
12205M002	BOR1	0.9	-2.7	-7.0	0.3	3.9	10.6	-0.2	10.5	28.2	-0.1	0.8	2.2
12207M002	BOGO	4.7	-2.2	6.5	-2.3	2.9	11.9	-9.3	8.1	17.3	-0.9	0.7	0.7
12209M001	LAMA	2.1	0.9	-20.1	-4.0	3.8	8.1	-10.2	6.8	36.4	-0.8	0.4	3.5
12313M001	IRKT	5.6	4.8	15.9	-21.0	-33.5	10.2	-47.5	-71.8	4.5	-3.3	-4.8	-0.7
12330M001	ZWEN	5.1	0.0	34.1	-11.2	0.4	14.2	-27.5	0.7	-5.7	-2.0	0.0	-2.5
12334M001	KIT3	5.9	8.6	30.8	-15.7	-22.4	9.1	-37.2	-53.3	-12.7	-2.7	-3.9	-2.7
12348M001	POL2	10.9	7.0	8.8	-18.6	-23.8	10.1	-48.0	-54.6	11.3	-3.7	-3.9	0.2
12351M001	ZECK	-3.8	-5.3	-12.0	-10.2	-10.4	9.8	-16.6	-15.4	31.5	-0.8	-0.6	2.7
12717M003	NOTO	8.2	7.6	19.1	5.8	-8.6	7.7	3.3	-24.8	-3.7	-0.3	-2.0	-1.4
12725M003	CAGL	-3.4	1.4	10.6	8.4	-5.1	7.4	20.3	-11.7	4.2	1.5	-0.8	-0.4
12734M008	MATE	3.2	1.8	13.1	3.3	-4.9	9.4	3.3	-11.5	5.7	0.0	-0.8	-0.5
12741M001	VENE	-20.9	13.2	52.9	2.4	0.6	14.3	25.6	-11.9	-24.4	2.9	-1.6	-4.8
13101M004	BRUS	1.1	-1.5	10.7	7.1	4.6	9.9	13.2	10.6	9.2	0.8	0.8	-0.1
13212M007	HERS	0.7	-2.1	21.4	10.8	6.8	11.1	20.9	15.7	0.8	1.3	1.1	-1.3
13406M001	VILL	-4.2	-3.3	29.6	16.0	-3.5	12.1	36.2	-3.7	-5.4	2.5	0.0	-2.2
13504M003	KOSG	1.6	-1.2	5.1	6.5	6.3	7.4	11.3	13.8	9.7	0.6	0.9	0.3
14001M004	ZIMM	-0.4	-5.1	22.3	7.1	1.2	5.4	14.5	7.5	-11.4	0.9	0.8	-2.1
14106M003	POTS	0.8	5.5	13.3	1.0	4.5	9.1	1.2	3.4	4.9	0.0	-0.1	-0.5
14201M009	WETT	0.4	2.2	-0.4	3.7	1.1	10.6	6.9	0.0	21.5	0.4	-0.1	1.4
14201M010	WTZR	-1.9	2.7	0.3	1.4	1.6	11.3	4.6	0.6	22.2	0.4	-0.1	1.4
20805M002	ANKR	-6.1	10.8	211.6	0.2	-19.2	23.1	6.5	-49.1	-165.3	0.8	-3.7	-23.6
Minimum		-20.9	-12.2	-38.4	-21.0	-33.5	-2.5	-48.0	-71.8	-165.3	-3.7	-4.8	-23.6
Maksimum		11.6	13.2	211.6	18.1	25.6	23.1	36.2	50.6	69.6	2.9	3.1	5.9
Ortalama		0.9	0.6	12.2	-0.6	1.0	10.5	-2.0	1.4	8.7	-0.2	0.1	-0.2
Standart Sapma		5.7	5.1	40.2	8.9	12.6	4.3	20.0	28.1	36.6	1.5	2.0	4.8

Tablo-9: ITRF2000 ile IGS00(v2) arasındaki koordinat ve hız farkları /17/

	Koordinat Farkları (mm)			Hız Farkları (mm/yıl)		
	K	D	Y	K	D	Y
BAHR	-0.5	0.7	1.1	-0.4	-2.0	-1.0
BORI	-0.2	-0.4	2.2	-0.1	-0.4	-0.2
BRUS	-0.1	-0.4	0.2	0.3	0.0	-0.6
GRAS	-0.8	-0.5	-2.6	-0.2	-0.1	-0.6
GRAZ	-0.4	0.1	0.0	0.2	0.7	-2.1
IRKT	-0.5	-0.1	0.6	0.0	0.6	-1.2
KIT3	-0.2	0.3	1.1	0.4	0.3	1.3
LAMA	-0.5	0.7	-2.3	0.9	0.6	2.4
MATE	-0.1	-0.3	1.8	0.3	-0.8	-1.7
NYAL	0.1	-1.0	2.9	0.0	-0.3	-0.9
ONSA	-0.3	-0.3	-0.1	-0.3	0.1	2.0
POL2	-0.8	0.5	2.5	-0.5	0.3	0.3
POTS	-0.2	-0.3	-0.9	0.1	0.1	-0.2
TROM	0.0	-2.2	3.3	-0.1	-1.3	1.4
VILL	-0.5	-0.2	2.1	0.2	-0.3	-1.1
WTZR	-0.2	-0.4	1.5	-0.1	-0.2	-1.2
ZIMM	-1.3	0.3	-6.5	0.5	-0.7	2.2
Minimum	-1.3	-2.2	-6.5	-0.5	-2.0	-2.1
Maksimum	0.1	0.7	3.3	0.9	0.7	2.4
Ortalama	-0.4	-0.2	0.4	0.1	-0.2	-0.1
Standart Sapma	0.3	0.7	2.4	0.4	0.7	1.4

TUTGA-99A'nın mevcut güncellenme ihtiyacı ve bu güncelleme sürecinde ITRF2000 ve sonraki ITRF sürümlerinin kullanılmasının muhtemel olması sebebiyle özellikle yerel jeodezik uygulamalarda karışıklığa sebebiyet vermemek amacıyla, tek anlamlı ve ulusal bir referans koordinat sistemine ihtiyaç bulunmaktadır. Yayınlanmış olan ve halihazırda kullanılan TUTGA-99A koordinat ve hızlarının, ITRF96 sisteminde ve 1997.0 epogunda bu sistemle çakışık olduğu değerlendirildiğinde, yeni tanımlanacak bir referans koordinat sisteminin eski sisteme doğrudan bağlı olmasının süreklilik ve bütünlük sağlayacağı açıktır. Bu amaçla farklı alternatifler aşağıda açıklanmakta olup, Tablo 10'da özetlenmiştir.

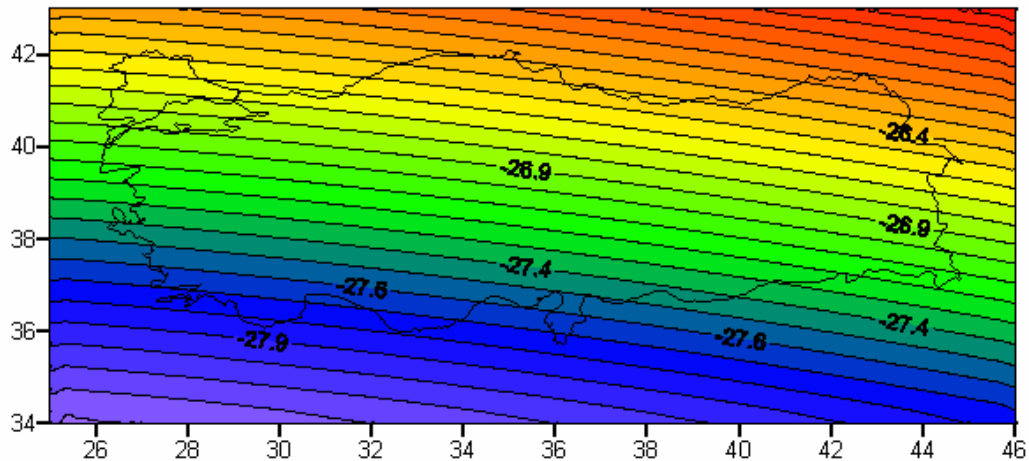
- ITRF-96 sistemiyle 1997.0 veya 2005.0 epogunda çakışık olan bir referans koordinat sistemi tanımlamak ve ITRF2000 ile sonraki ITRS sürümleriyle yapılacak çözümleri bu referans koordinat sistemine dönüştürmek. Hız referans sistemi olarak ise ITRF96'in SND gerçeğini seçerek 1998.0, 2000.45 (TUTGA-99A) veya herhangi bir epokta koordinat ve hızları üretmek.
- Yine ITRF96 sistemiyle 1997.0 veya 2005.0 epogunda çakışık olan bir referans koordinat sistemi tanımlamak ve ITRF2000 ile sonraki ITRS sürümleriyle yapılacak çözümleri bu referans koordinat sistemine dönüştürmek ancak SND yerine Anadolu'nun stabil bölümünün hareket etmediği bir hız referans sistemi kullanarak 1998.0, 2000.45 (TUTGA-99A) veya herhangi bir epokta koordinatları üretmek.
- ITRF2000 sistemiyle 1997.0 epogunda çakışık olan bir referans koordinat sistemi tanımlamak ve ITRF2000 ile önceki ve sonraki ITRS sürümleriyle yapılan/yapılacak

çözümleri bu referans koordinat sistemine dönüştürmek, hız referans sistemi olarak ITRF2000'nin SND gerçekleşimi olarak seçerek 1998.0, 2000.45 (TUTGA-99A) veya herhangi bir epokta koordinatları üretmek. Daha önceden yayınlanmış ve ITRF96 ile 1997.0 epogunda çakışık olan koordinat ve hızlar için ise her noktaya ayrı ayrı yada bütün noktalar için tek bir ortalama öteleme değeri oluşturmak.

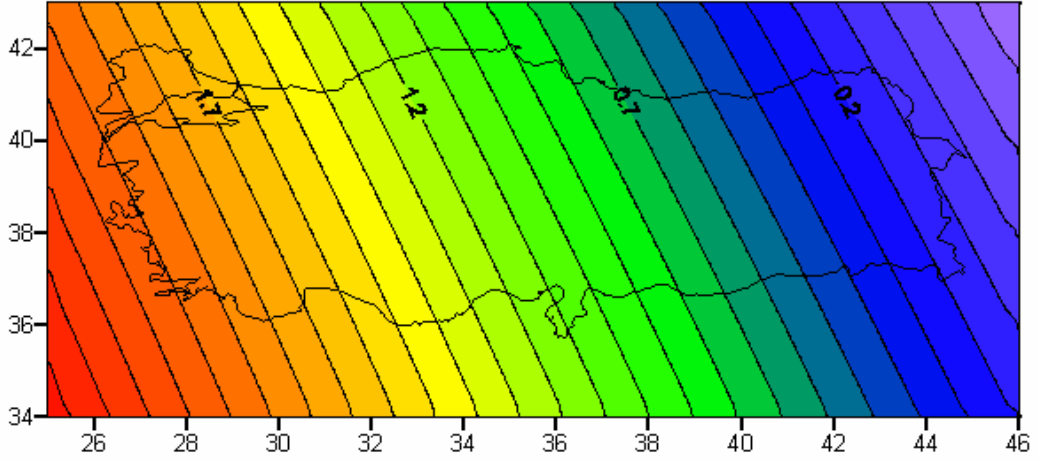
- ç. ITRF2000 sistemiyle 1997.0 epogunda çakışık olan bir referans koordinat sistemi tanımlamak ve ITRF2000 ile önceki ve sonraki ITRS sürümleriyle yapılan/yapılacak çözümleri bu referans koordinat sistemine dönüştürmek, ancak SND yerine Anadolu'nun stabil bölümünün hareket etmediği bir hız referans sistemi kullanarak 1998.0, 2000.45 (TUTGA-99A) veya herhangi bir epokta koordinatları üretmek. Daha önceden yayınlanmış ve ITRF96 ile 1997.0 epogunda çakışık olan koordinat ve hızlar için ise her noktaya ayrı ayrı öteleme değerleri oluşturmak.
- d. ITRF96 sistemiyle 1997.0 epogunda çakışık olan bir referans koordinat sistemi tanımlamak ve sonraki tüm çözümleri bu sistemde gerçekleştirmek ve hız referans sistemi olarak SND'nin ITRF96 gerçekleşimini seçerek 1998.0, 2000.45 (TUTGA-99A) veya herhangi bir epokta koordinatları üretmek.
- e. ITRF96 sistemiyle 1997.0 epogunda çakışık olan bir referans koordinat sistemi tanımlamak ve sonraki tüm çözümleri bu sistemde gerçekleştirmek ve ancak hız referans sistemi olarak SND yerine Anadolu'nun stabil bölümünün hareket etmediği bir hız referans sistemi seçerek 1998.0, 2000.45 (TUTGA-99A) veya herhangi bir epokta koordinatları üretmek.

Tablo-10: TUTGA-99A için Referans Koordinat Sistemi Seçenekleri

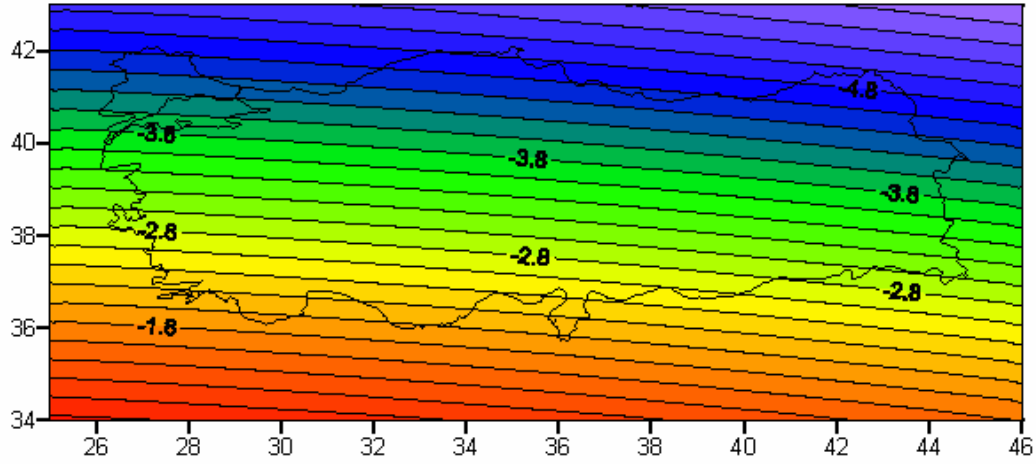
	Referans Sistemi			Dönüşüm Parametreleri	Epok
	Koordinat	Hız	Çözüm		
a	ITRF-96	SND (ITRF-96)	ITRF-XX	Global	1997.0/2005.0
b	ITRF-96	Anadolu-Sabit	ITRF-XX	Global/Bölgesel	1997.0/2005.0
c	ITRF-00	SND (ITRF-00)	ITRF-XX	Global/Bölgesel	1997.0
d	ITRF-00	Anadolu-Sabit	ITRF-XX	Global/Bölgesel	1997.0
e	ITRF-96	SND (ITRF-96)	ITRF-96	-	1997.0
f	ITRF-96	Anadolu-Sabit	ITRF-96	-	1997.0



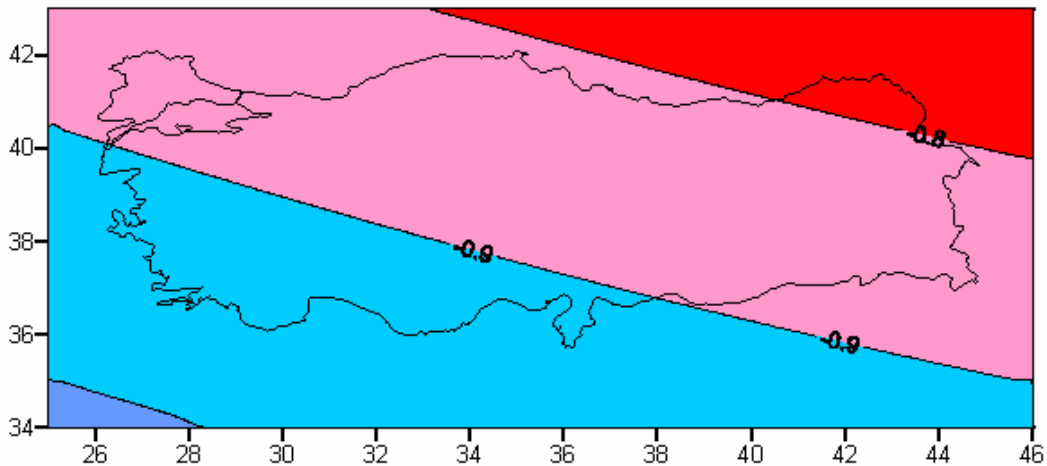
Şekil-1: ITRF2000 ile ITRF1996 arasında koordinatların kuzey bileşeninde 2005.0 epogundaki farklar (mm)



Şekil-2: ITRF2000 ile ITRF1996 arasında koordinatların Doğu bileşeninde 2005.0 epeğündeki farklar (mm)

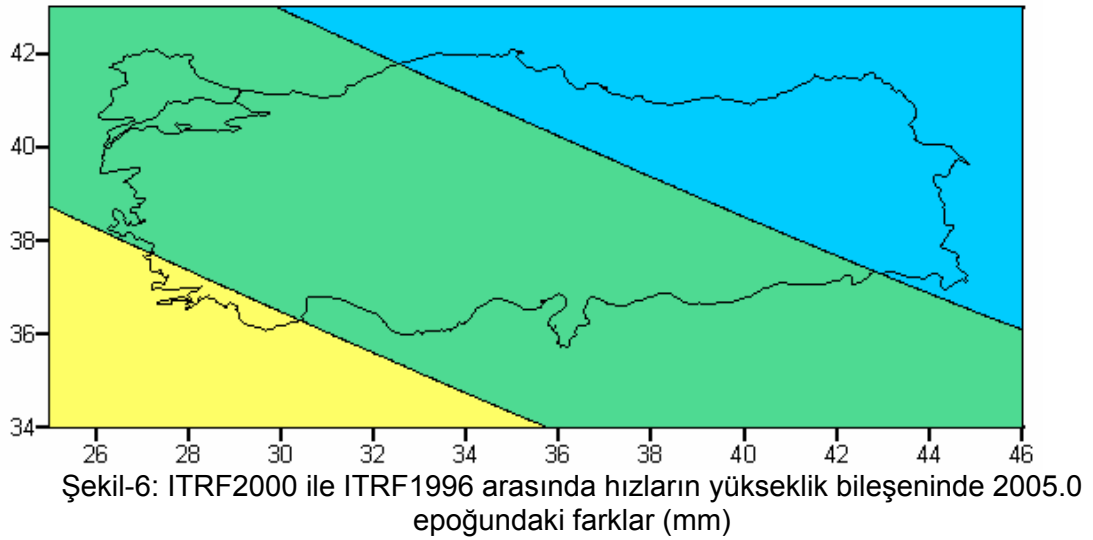
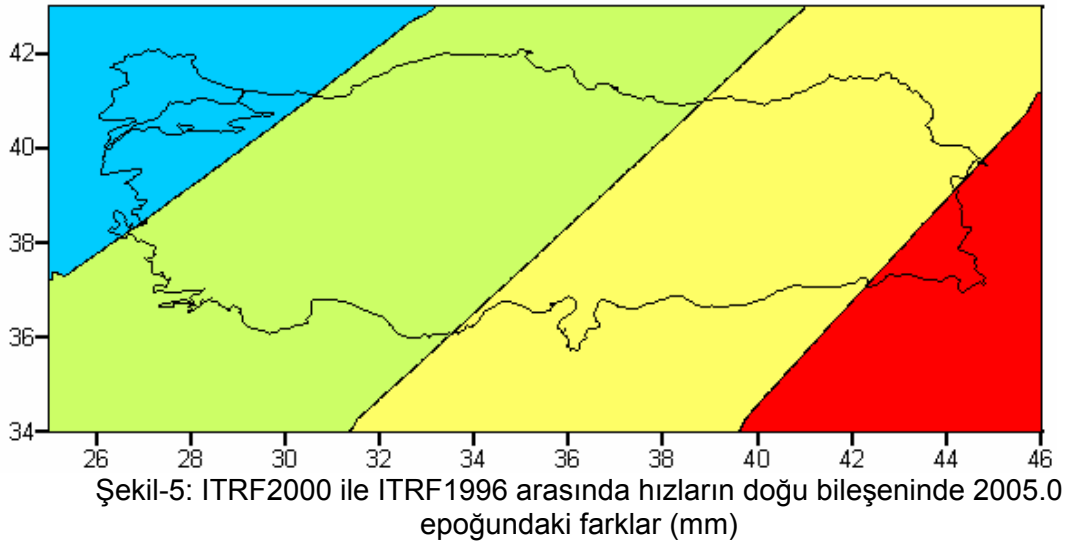


Şekil-3: ITRF2000 ile ITRF1996 arasında koordinatların yükseklik bileşeninde 2005.0 epeğündeki farklar (mm)



Şekil-4: ITRF2000 ile ITRF1996 arasında hızların kuzey bileşeninde 2005.0 epeğündeki farklar (mm)





(a), (b), (d) ve (e) seçenekleri önceki çözümlerle olan bütünlük ve süreklilik açısından diğer iki alternatife üstünlük sağlamaktadır. Ancak (d) ve (e)'nin uygulanması, daha fazla veri grubuyla daha iyi belirlenmiş koordinat ve hız kümesiyle (örneğin ITRF2000) yapılmış çözümlerin kullanılmaması, (a) ve (b)'nin uygulanması ise bu çözümler kullanılsa bile ITRF-96'ya dönüşüm zorunluluğu nedeniyle belirli bir duyarlık kaybına uğrayacakları anlamına gelmektedir. Bu dönüşüm parametreleri IERS tarafından yayınlanan dönüşüm parametreleri /21/ (Tablo 1, 2) olabileceği gibi bölgesel olarak ayrıca da hesaplanabilir. Yeni çözümler ile (a) seçeneğinin uygulanması, TUTGA-99A için koordinat ve hızlarda iyileştirme niteliği taşırken (b) seçeneğinde ise koordinatlarda iyileştirme ancak hızlarda bütünüyle yenilenme niteliği taşımaktadır. Eğer yeni referans koordinat sistemi, ITRF96 ile 1997.0 dışında bir epokta çakışık olacak şekilde seçilirse, yeni çözümler hem (a) hem de (b) seçeneğinde koordinat ve hızların güncellenmesini gerektirmektedir.

(c) ve (ç) seçenekleri önceden yayınlanmış koordinat ve hız kümesiyle ayrıca bağlantı kurmayı gerektirmektedir. Bu durumda yayınlanmış eski koordinat ve hızların bütünüyle güncellenme zorunluluğu bulunmaktadır. Ancak, en güncel ITRF sürümü olan ITRF2000 noktalarının nicelik ve niteliği açısından üstünlük sağlamaktadır. Başka bir deyişle bu seçeneklerle daha iyi bir ITRF gerçekleşimi sağlanacaktır. Yayınlanmış koordinat ve hızların güncellenmesi (b) seçeneğinde olduğu gibi IERS tarafından yayınlanan dönüşüm

parametreleri (Tablo 1, 2) olabileceği gibi bölgesel olarak ayrıca da hesaplanabilir. (ç) seçeneği ile yeni referans sistemi tanımlanması yine (c) gibi koordinatların güncellenmesini gerektirmekle beraber hızları büyük oranda değiştirecektir (yayınlanmış değerlere göre).

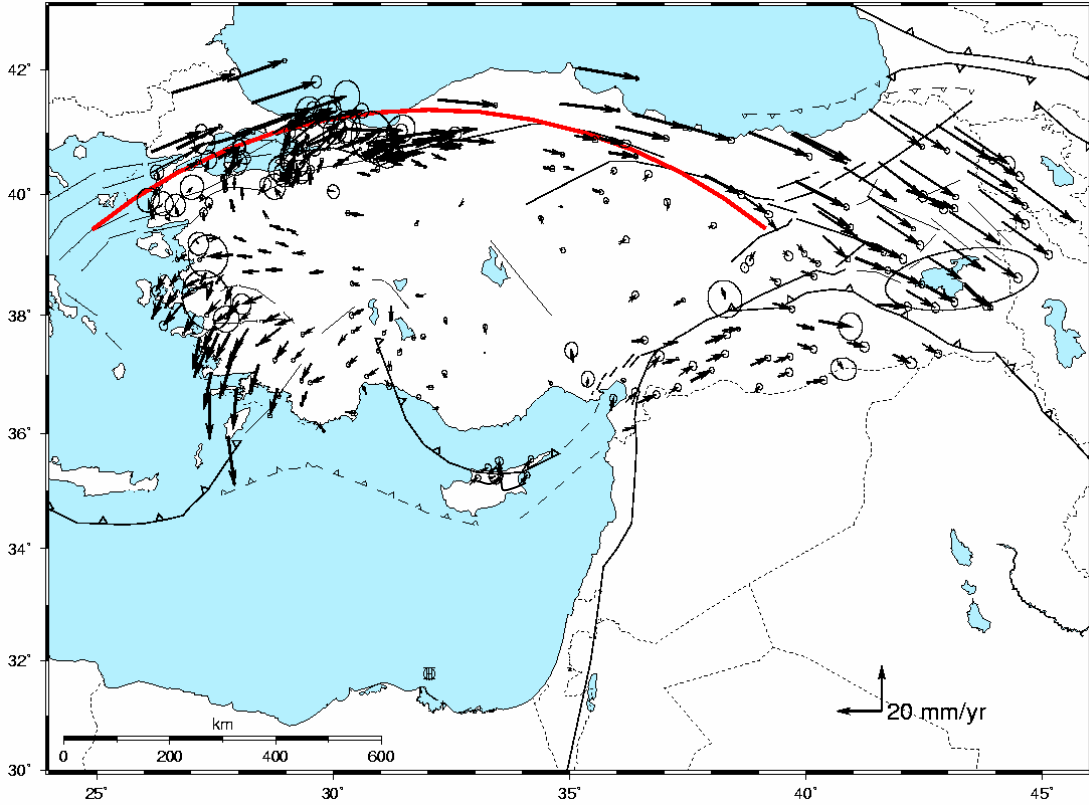
(d) ve (e) seçenekleri diğer seçeneklerin aksine eski ITRF sürümü olan ITRF96'nın yeniden gerçekleşimi anlamına geleceğinden (d) seçeneği ile hiçbir değişiklik yapmadan yeni çözümleri yayınlamak olanaklı olacaktır. (e) seçeneği de (d) gibi yayınlanmış koordinat ve hızlarla sıkı sıkıya bağlantılı olmakla birlikte, hızların güncellenmesini gerektireceğinden, örneğin günümüzde (2005.0-1997.0) yıllık seküler düzeltme nedeniyle koordinatları da önemli ölçüde değiştirecektir. (d) ve (e) seçeneği ITRF96'nın doğrudan yeniden gerçekleşimi anlamına geleceğinden, referans koordinat sisteminin tanımlanması için kullanılacak nokta kümesi sınırlı ve hız alanı ITRF2000 kadar duyarlı olmayacaktır. Bu iki seçenek için ITRF2000'den üretilen ITRF96 koordinatlarının kullanılması düşünülebilir. Ancak bu dönüşümlerin ITRF'in iç duyarlılığını azaltacağı unutulmamalıdır.

Yukarıda açıklanan olası seçenekler değerlendirilerek Türkiye için ulusal bir referans koordinat sistemi tasarlanmış ve Türkiye Ulusal Referans Sistemi-96 (TURES-96) adı verilmiştir. Buna göre TURES-96 ;

- a. ITRF96 ile 1997.0 epoğunda çakışık (1997.0 epoğunda ITRF-96'ya göre öteleme ve dönüklülüğü sıfır olacaktır),
- b. Noktaların seküler değişimini en az seviyede tutan bir hız alanına sahip,
- c. Güncel ITRF sürümleriyle ilişkisi iyi belirlenmiş ve
- ç. Kullanılan ITRF sürümünden bağımsız olarak, jeodezik uygulamalarda tek anlamlı olacaktır.

Noktaların seküler değişiminin (intersismik hızlarının) minimize edilmesi doğrudan kullanılan hız referans sistemi ile ilişkili olup, temel kontrol ağı noktalarının yıllık hızlarının asgari düzeyde tutacak bir hız alanı oluşturulması anlamına gelmektedir. ETRS-89 da benzer amaç için tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir /19/. Ülkemiz gibi farklı tektonik özelliklerde bölgelerden oluşan bir alanda tüm hızları sıfıra yakın şekilde tanımlamak kuşkusuz olanaklı değildir. Ancak temel kontrol ağı noktalarının çoğunluğunun yer aldığı bölümün hızlarını minimize edecek bir yaklaşım olanaklıdır. Buna göre TURES-96 için önerilen hız alanı, Anadolu'nun stabil bölümünün SND'ye göre hareket etmediği bir hız alanıdır /3/. Anadolu'daki noktaların hızları, dünya üzerindeki plakalarla elde edildiği SND koşuluna göre tanımlandığında tüm noktalar senelik ortalama 1.5 cm/yıl oranında değişime sahiptir. Nokta hızlarında 0.5 cm mertebesinde yapılacak parametre tahmin ve kestirim hatası 10 yılda 5 cm'ye ulaşmaktadır. İki hız alanını grafik olarak karşılaştırmak amacıyla /12/'de verilen ITRF (SND) ve Anadolu-sabit sistemdeki hız alanları sırasıyla Şekil 7 ve 8'de gösterilmektedir.





Şekil-8: Türkiye ve çevresinin Anadolu-sabit bir sistemde tanımlı sisteminde tanımlı intersismik hız alanı (Ayhan vd. 2003'den alınmıştır).

Tablo-11: Avrasya'nın ITRF2000'e göre hareketi

<u>Avrasya-ITRF2000(SND)</u>	<u><math>\varphi</math> (°)</u>	<u><math>\lambda</math> (°)</u>	<u><math>\omega</math> (°/Myr)</u>
Altamimi (2002)	$-99.374 \pm 2.710$	$57.965 \pm 1.211$	$0.260 \pm 0.005$

Tablo-12: Anadolu'nun Avrasya'ya göre çeşitli kaynaklarda verilen hareketi

<u>Anadolu-Avrasya</u>	<u><math>\varphi</math> (°)</u>	<u><math>\lambda</math> (°)</u>	<u><math>\omega</math> (°/Myr)</u>
Ayhan vd. (2002)	$31.765 \pm 0.107$	$32.036 \pm 0.045$	$1.302453 \pm 0.02$
Kreemer et.al. (2003)	32.0	33.4	$1.346 \pm 0.105$
McClusky vd. (2000) (1)	$30.7 \pm 0.8$	$32.6 \pm 0.4$	$1.2 \pm 0.1$
McClusky vd. (2000) (2)	$31.0 \pm 0.8$	$31.8 \pm 0.4$	$1.2 \pm 0.1$
Westaway (1994)	31.0	35.5	$0.83 \pm 0.1$
Le Pichon (1979)	30	34	0.44
Le Pichon (1995)	32.73	32.03	1.72

Farklı ITRS sürümlerinden TURES-96 koordinat ve hızlarının hesaplanması iki farklı şekilde yapılabilir:

- ITRF<sub>XX</sub> ile ITRF96 arasındaki dönüşüm parametrelerinin temel kontrol ağının ağırlık merkezine göre hesaplanması ve bu değerlerin öteleme şeklinde tüm noktalara uygulanması.
- ITRF<sub>XX</sub> ile ITRF96 arasındaki dönüşüm parametrelerinin her nokta için ayrı ayrı hesaplanması.

Herhangi bir ITRS sürümüyle elde edilecek TURES-96 koordinat ve hızları aynı referans

sisteminde olmalarına rağmen, TURES-96 gerçekleşiminin üretildiği kaynağı belirtmek amacıyla, ITRF<sub>XX</sub>'ten elde edilen TURES-96 gerçekleşimi için TUREF<sub>XX</sub> gösterimi kullanılacaktır. ITRS sürümleriyle TURES-96 arasındaki dönüşümden önce ITRF2000 ve sonraki ITRS sürümleriyle yapılmış çözümlerinin yada daha önceki sürümlerle yapılmış kampanya çözümlerinin, TURES-96 sisteminde ifade edilmesi için gerekli işlem adımları aşağıda verilmektedir.

Herhangi bir ITRF<sub>XX</sub> Çözümünden TURES-96 referans sisteminde TUREF<sub>XX</sub> gerçekleşiminin Elde Edilmesi:

1. Öncelikle XX isimli ITRF sürümüyle elde edilen koordinatlar, yine bu sürüme ait hız alanı kullanılarak  $t$  epogundan 1997.0 epoguna getirilir.

$$X_{XX}^{ITRF}(97.0) = X_{XX}^{ITRF}(t) + \dot{X}_{XX}^{ITRF} \cdot (1997.0 - t) \quad (7)$$

2. Daha sonra 1997.0 epogunda ITRF<sub>xx</sub> ile ITRF<sub>96</sub> arasında 14-parametrelili dönüşüm yapılır. Dönüşüm parametreleri Örneğin ITRF2000 için Tablo 1 ve Tablo 2'den alınabilir. Söz konusu dönüşüm parametreleri Türkiye için bölgesel olarak da hesaplanabilir. Genel dönüşüm eşitliği,

$$\begin{bmatrix} X_{XX}^{TUREF} \\ Y_{XX}^{TUREF} \\ Z_{XX}^{TUREF} \end{bmatrix}_{(1997.0)} = \begin{bmatrix} X_{XX}^{ITRF} \\ Y_{XX}^{ITRF} \\ Z_{XX}^{ITRF} \end{bmatrix}_{(1997.0)} + \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix}_{(1997.0)} + \begin{bmatrix} D & -R_3 & R_2 \\ R_3 & D & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & D \end{bmatrix}_{(1997.0)} \begin{bmatrix} X_{XX}^{ITRF} \\ Y_{XX}^{ITRF} \\ Z_{XX}^{ITRF} \end{bmatrix}_{(1997.0)} \quad (8)$$

şeklinde yazıldığında, dönüşüm parametreleri (9), (10) ve (11) eşitliklerinden yararlanarak hesaplanabilir.

$$\begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix}_{(1997.0)} = \begin{bmatrix} T_{xx,ITRF96} \\ T_{xx,ITRF96} \\ T_{xx,ITRF96} \end{bmatrix}_{(t_0)} + \begin{bmatrix} \dot{T}_{xx,ITRF96} \\ \dot{T}_{xx,ITRF96} \\ \dot{T}_{xx,ITRF96} \end{bmatrix} (97.0 - t_0) \quad (9)$$

$$\begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \end{bmatrix}_{(1997.0)} = \begin{bmatrix} R_{xx,ITRF96} \\ R_{xx,ITRF96} \\ R_{xx,ITRF96} \end{bmatrix}_{(t_0)} + \begin{bmatrix} \dot{R}_{xx,ITRF96} \\ \dot{R}_{xx,ITRF96} \\ \dot{R}_{xx,ITRF96} \end{bmatrix} (97.0 - t_0) \quad (10)$$

$$D(97.0) = D_{xx,ITRF96}(t_0) + \dot{D}(97.0 - t_0) \quad (11)$$

Burada,

- $X_{XX}^{TUREF}$  : ITRF<sub>XX</sub> den üretilmiş TURES-96 gerçekleşimi (TUREF<sub>XX</sub>),  
 $X_{XX}^{ITRF}$  : ITRF<sub>XX</sub> sisteminde 1997.0 epogundaki koordinatları  
 $t_0$  : Dönüşüm parametrelerinin hesaplandığı epogu göstermektedir.

ifade etmektedir. Bu şekilde 1997.0 epogunda TURES-96 koordinatları elde edilmiş olur.

Bu aşamada referans koordinat sistemi değişikliğinin uygulama kolaylığı açısından diğer bir alternatif de her nokta için ayrı ayrı hesaplanması gereken (8) eşitliği yerine (9), (10) ve (11) eşitlikleri kullanılarak TURES-96'nın ağırlık merkezi için öteleme vektörünün hesaplanması ve tüm noktalara uygulanmasıdır.

$$\begin{bmatrix} X_{XX}^{TUREF} \\ Y_{XX}^{TUREF} \\ Z_{XX}^{TUREF} \end{bmatrix}_{(1997.0)} = \begin{bmatrix} X_{XX}^{ITRF} \\ Y_{XX}^{ITRF} \\ Z_{XX}^{ITRF} \end{bmatrix}_{(1997.0)} + \begin{bmatrix} TT_X^{xx,ITRF96} \\ TT_Y^{xx,ITRF96} \\ TT_Z^{xx,ITRF96} \end{bmatrix}_{(1997.0)} \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} TT_X^{xx,ITRF96} \\ TT_Y^{xx,ITRF96} \\ TT_Z^{xx,ITRF96} \end{bmatrix}_{(1997.0)} = \begin{bmatrix} T_X \\ T_Y \\ T_Z \end{bmatrix}_{(1997.0)} + \begin{bmatrix} D & -R_3 & R_2 \\ R_3 & D & -R_1 \\ -R_2 & R_1 & D \end{bmatrix}_{(1997.0)} \begin{bmatrix} \bar{X} \\ \bar{Y} \\ \bar{Z} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Burada  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  ve  $\bar{Z}$  temel kontrol ağına ait ağırlık merkezinin koordinatlarıdır.

3. Hızların elde edilmesi amacıyla daha önce sözü edilen Avrasya-SND ile Anadolu-Avrasya Euler kutup parametreleri kombinasyonu (iki Euler vektörü farkı ile) kullanılabileceği gibi, Anadolu'nun stabil bölümünün hareketi doğrudan SND'ye göre hesaplanabilir. Bu durumda elde edilen Anadolu-SND vektörü bileşenleri dönüklük matrisini oluşturacaktır.

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_{XX}^{TUREF} \\ \dot{Y}_{XX}^{TUREF} \\ \dot{Z}_{XX}^{TUREF} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{X}_{XX}^{ITRF} \\ \dot{Y}_{XX}^{ITRF} \\ \dot{Z}_{XX}^{ITRF} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -\dot{R}_3 & \dot{R}_2 \\ \dot{R}_3 & 0 & -\dot{R}_1 \\ -\dot{R}_2 & \dot{R}_1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{XX}^{ITRF} \\ Y_{XX}^{ITRF} \\ Z_{XX}^{ITRF} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Dikkat edilirse (14) eşitliği gerçekte, ITRF<sub>XX</sub> hız alanından Anadolu'nun katı blok hareketi (SND'ye göre) çıkarılarak elde edilen artık hız alanını ifade etmektedir.

## 6. SONUÇ

Global Konumlama Sisteminin, sağladığı kolaylık ve yüksek duyarlık nedeniyle daha uzunca bir süre temel jeodezik ölçü sistemi olarak kullanılması beklenmektedir. Gelecek yıllarda GPS, GLONASS ve GALILEO sistemleriyle oluşturulacak GNSS sistemlerinin jeodezik çalışmalarda yaygınlaşmaya başlayacak olması, geleceğin referans sistemlerinin ve referans koordinat sistemlerinin yer merkezli ve litosferin hareketlerine duyarlı sistemler olacağını göstermektedir.

Referans sisteminin teorik olarak yöneltmesini sağlayan yerin ağırlık merkezi, yerin dönme eksenini gibi olguların da zaman içerisinde değiştiği değerlendirildiğinde, temel kontrol ağlarını dört boyutlu olarak tanımlamak için nokta hızlarını sağlamak yeterli değildir. Koordinat ve hızlar için referans alınan referans koordinat sisteminin zaman içerisindeki değişimi ve farklı sürümler arasındaki referans sistemi yönetme ilişkileri de dikkate alınmalıdır. Referans koordinat sisteminin oluşturulması ve yöneltmesinin, yer yüzeyinde

koordinatları yüksek duyarlılıkla bilinen noktalar kümesi ile gerçekleştirildiği hatırlanırsa, sağlıklı bir referans koordinat sisteminin tanımlanabilmesi ve uygulanabilmesi için bu hassas noktalar kümesinin en güncel koordinat ve hızlarının kullanılması zorunludur.

Sonuç olarak, ülkemiz ihtiyaçları doğrultusunda ulusal bir referans koordinat sisteminden yukarıda açıklanan beklentileri karşılamak amacıyla düşünülen TURES-96, mühendislik uygulamalarında kullanıcılar için aşağıdaki avantajları sağlayacaktır:

- a. Günümüzdeki en güncel ITRF uygulaması, ITRF2000 olup, gelişen ölçü de veri değerlendirme yöntemleriyle yeni sürümlerin oluşturulması kaçınılmazdır. TUTGA-99A'nın ITRF96'ya dayalı olması nedeniyle yeni ITRS sürümleriyle güncellenmesi resmi olarak yayınlanan TUTGA-99A ile referans koordinat sistemi farklılığı yaratacaktır. Bu anlamda TURES-96 geçmiş çözümleri de kapsayacak şekilde tek anlamlıdır.
- b. Anadolu'nun stabil bölümünü esas olan TURES96 hız alanı, farklı kaynaklardan elde edilen Euler parametreleri ile tanımlanmış olsa bile, bu parametreler ile oluşturulacak katı blok dönmesinin noktalar üzerindeki etkisi ihmal edilebilir derecededir. Bu nedenle, farklı referans koordinat sistemleri ve farklı katı blok dönme modelleri kullanılsa da ihmal edilebilir düzeyde artık hız alanı farklılıkları elde edilebilmektedir. TURES-96 hız alanı referans sistemi, ITRS sürümlerindeki farklılıklara daha az duyarlıdır.
- c. Katı blok hareketine uymayan bölümler için tanımlanacak seküler hızlar, farklı ITRF sistemlerindeki hızlar yerine artık(residual) hızlar olacağından, uzun dönemli epok kaydırma çalışmalarında hızların hatasız olmamasından kaynaklanacak koordinat farklılıkları asgari düzeyde olacaktır.
- ç. TURES-96, 1997.0 epogunda ITRF96 ile çakışık olarak tanımlandığından, gelecekte farklı ITRS sürümleri ile yapılacak çözümlerin, ITRS sürümleri arasında resmi olarak yayınlanan global dönüşüm ilişkileri nedeniyle aynı referans koordinat sisteminde olmasını sağlayacaktır.
- d. TURES-96'da tanımlanacak koordinatların seküler değişimi; kestirim hataları, çevrede hızı belirli noktaların nitelik ve nicelik olarak dağılımı, epok sayıları ile epok aralıklarına daha az duyarlı olacağından, yayınlanan koordinat ve hız kümesi daha uzun süre güncelliğini ve doğruluğunu koruyacaktır.
- e. Kullanıcılar, farklı ITRF gerçekleştirmeleri ile üretilmiş kontrol noktası koordinat ve hızlarını TURES-96'nın tek anlamlı olması nedeniyle herhangi bir dönüşüme gerek kalmadan doğrudan kullanabileceklerdir.
- f. TURES-96, tektonik olarak son derece aktif bir coğrafyada ülke ihtiyaçları doğrultusunda bir hız referans sistemi (dünyadaki ana plaka hareketleri yerine Anadolu'nun stabil hareketini esas alması) olması nedeniyle ulusaldır.

**KAYNAKLAR**

- /1/ Aktuğ, B, Ayhan, M.E., Demir, C. : 1992-2004 Yılları GPS Kampanyalarının Birleştirilmesi ve Türkiye Hız Alanının Belirlenmesi, İç Rapor, UZYTEK.:05-04, Jeodezi D.Bşk.lığı, Haziran, 2004, Ankara.
- /2/ Aktuğ, B. : Günümüz Jeodezik Ölçü Sistemlerinde Veri İndirgemesi ve Kısıtların Ele Alınması, Harita Dergisi, Ocak, 2004, Ankara.
- /3/ Aktuğ, B. : ITRF Hız Alanı ve Görelî Hız Referans Sistemlerine Bakış, Harita Dergisi, Temmuz, 2003, Ankara.
- /4/ Altamimi, Z., Ray, J. : Status of AFREF (African Referans Frame) Project, IGS2004 Workshop, 01-05 Mart 2004, Bern, İsviçre.
- /5/ Altamimi, Z., Wöppelmann, G., Bouin, M.N. : GPS Time Series and Reference Frame Issues. Workshop on New Technical Developments in Sea and Land Level Observing Systems, UNESCO, Paris, October 14-16, 2003.
- /6/ Altamimi, Z., Ray, J. : Tests of IGS Reference Frame Stability, IGS2004 Workshop, 01-05 Mart 2004, Bern, İsviçre.
- /7/ Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : ITRF2000: A New Release of the International Terrestrial Reference Frame for Earth Science Applications, Geophysical Research Letters, Vol.107, No.B10, pp.2214, 2002.
- /8/ Altamimi, Z., Sillard, P., Boucher, C. : New Trends for the Realization of the International Terrestrial Reference System, Adv. Space Res., Vol.30, No.2, pp.175-184, 2002.
- /9/ Altamimi, Z., Boucher, C. : The Worldwide Centimetric Terrestrial Reference Frame and Its Associated Velocity Field, Adv.Space Res. Vol.13, No.11, pp. (11)151-(11)160, 1993.
- /10/ Altamimi, Z., Boucher, C. : The ITRS and ETRF89 Relationship: New Results from ITRF2000, TWG/Status of the EUREF Permanent Network, pp.49-52, 2002.
- /11/ Ayhan, M.E., C. Demir, O. Lenk, A. Kılıçoğlu, B.Aktuğ, M.Açıköz, O.Firat, Y.S.Şengün, A.Cingöz, M.A. Gürdal, A.İ.Kurt, M.Ocak, A.Türkezer, H. Yıldız, N. Bayazıt, M. Ata, Y. Çağlar, A.Özerkan : Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A), Harita Dergisi Özel Sayı, No.16, Ankara, Mayıs, 2002.



- /12/ Ayhan, E.M., Aktuğ, B. : Contemporary Crustal Deformation in Turkey  
Acıkgöz, M., Demir, C., Constrained by Global Positioning System  
Lenk, O. Reilinger, Measurements Between 1992 and 2002, International  
R.E., Workshop on "the North Anatolian, East Anatolian and  
Dead Sea Fault Systems: Recent Progress in Tectonics  
and Paleoseismology, and Field Training Course in  
Paleoseismology", The Cultural and Convention Center  
of the Middle East Technical University (METU)  
Ankara, Turkey. 31 August - 12 September 2003.
- /13/ Boucher, C, Altamimi, : Memo: Specifications for Reference Frame Fixing in the  
Z. Analysis of a EUREF GPS Campaign, 2001.
- /14/ Boucher, C, Altamimi, : ITRF and its relationship to GPS, GPS World, Volume 7,  
Z. Number 9, September 1996.
- /15/ Davies, P., Blewitt, G. : Methodology for Global Geodetic Time Series  
Estimation: A new tool for geodynamics, J.Geophys.  
Res., 105, 11,083-11,100, 2000.
- /16/ Ferland, R. : IGS00 (v2), IGSMail-4642, 9 Oct 2003 2003.
- /17/ Ferland, R. : IGS00 (v2) Final, IGSMail-4666, 29 Oct 2003.
- /18/ Ferland, R., Kouba, J., : Analysis Methodology and Recent Results of the IGS  
Hutchison, D. Network Combination, Earth Planets Space, 52, 953-957,  
2000.
- /19/ Gurtner, W., Boucher, : The Use of the IGS/EUREF Permanent Network For  
C., Bruyninx, C., Marel, EUREF Densification Campaigns, EUREF Symposium  
H.V.D. in Sofia, June 4-7, 1997.
- /20/ Institut Geographique : The DOMES numbering System, [http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF/DOMES\\_DESC.TXT](http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF/DOMES_DESC.TXT)  
National Central Bureau
- /21/ Institut Geographique : ITRF Solutions, <http://lareg.ensg.ign.fr/ITRF/ITRS-ITRF.html>  
National Central Bureau
- /22/ IGS Central Bureau : DOMES and DOMEX numbering system,  
[http://ilrs.gsfc.nasa.gov/stations/site\\_procedures/domes\\_and\\_domex/](http://ilrs.gsfc.nasa.gov/stations/site_procedures/domes_and_domex/)
- /23/ Kılıçoğlu, A. : Jeodezide Dönüşümler, İTÜ Yüksek Lisans Tezi,  
İstanbul, 1995.
- /24/ Marel, H.V.D. : Reference Frames, Observation Systems and  
Applications, Observation Systems and Applications,  
Spearhead Earth, Delft University of Technology, 2003.

- /25/ Merrigan, M.J., Swift, E.R., Wong, R., Saffel, J.T. : A Refinement to the World Geodetic System 1984 Reference Frame, Institute of Navigation, ION-GPS-2002, Portland, OR Sept., 2002.
- /26/ National Imagery and Mapping Agency : Department of Defense World Geodetic System 1984, Technical Report, Third Edition, National Imagery and Mapping Agency, 2000.
- /27/ Sillard, P., Altamimi, Z., Boucher, C. : The ITRF Realization and its associated Velocity Field, Geophysical Research Letters, Vol.25, No.17, pp.3323-3326, Sep., 1998.
- /28/ Sillard, P., Boucher, C. : Review of Algebraic Constraints in Terrestrial Reference Frame Datum Definition, Journal of Geodesy, 75, 63-73, 2001.
- /29/ Snay, R., Soler T. : WGS-84 and ITRS, Modern Terrestrial Reference Systems, Part-III, Professional Surveyor, 2000.
- /30/ Snay, R. : Using HTDP Software to Transform Spatial Coordinates Across Time and Between Reference Frames, Surveying and Land Information Systems, Vol.59, No.1, pp.15-25, 1999.
- /31/ Snay, R. : Horizontal Time-dependent Positioning, Professional Surveyor Magazine, November, 2003.
- /32/ Springer, T. : ITRF96/97 IGS Product Changes, IGSMAIL-2432, 1999.
- /33/ Weber, R. : Towards ITRF2000, IGSMAIL-3605, 2001.