

## Araştırma Makalesi / Research Article

**C1-C2 Noktalarının Enterpolasyon Yöntemiyle Elde Edilen GNSS Hızlarına Ait Doğrulukların Araştırılması**Hülya BALABAN<sup>1</sup>, Halil İbrahim SOLAK<sup>2,4</sup>, İbrahim TİRYAKIOĞLU<sup>3,4</sup><sup>1</sup> İller Bankası 6. Bölge Müdürlüğü, Proje ve Mekânsal Planlama Müdürlüğü, Konya.<sup>2</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Afyonkarahisar.<sup>3</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar.<sup>4</sup> Afyon Kocatepe Üniversitesi Deprem Uygulama ve Araştırma Merkezi, Afyonkarahisar.

Sorumlu yazar e-posta\*: balabanhulya066@gmail.com.

hbsolak@aku.edu.tr.

itiryakioglu@aku.edu.tr.

ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6726-1043>ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-5286-0369>ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4954-7109>

Geliş Tarihi: 14.01.2023

Kabul Tarihi: 08.06.2023

**Anahtar kelimeler**GNSS; Noktasal  
Hız; Türkiye Ulusal  
Referans Çerçevesi  
(TUREF)**Öz**

Bu çalışmada, Afyonkarahisar ve civar illerde bulunan C1 ve C2 noktalarının geçmiş dönemlerde enterpolasyonla hesaplanan hızları ile Harita Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan güncel hız alanı kullanılarak hesaplanan hızları karşılaştırılıp, değerlendirilmiştir. Elde edilen güncel hızlar ile geçmiş dönemdeki hızlar arasındaki farklar incelenmiş ve bileşen bazında fark haritaları oluşturulmuştur. Fark haritaları incelendiğinde bileşen bazında farkın yüksek çıktığı değerlerin X bileşeninde 17 mm/yıl, Y bileşeninde 14 mm/yıl, Z bileşeninde ise 14 mm/yıl olduğu görülmüştür.

**Investigation of Accuracy of GNSS Velocities of C1-C2 Sites Obtained by Interpolation Method****Keywords**GNSS; Velocity; Turkey  
National Reference  
Frame**Abstract**

In this research, the velocities of C1 and C2 sites in Afyonkarahisar and its surroundings, which were calculated by interpolation in the past (published by the TKGM) and present (published by the HGM), were compared. The differences at each site were calculated using these two velocity fields and difference maps were created for each coordinate component. The results obtained show that the differences between the two velocity fields reach 10 mm/yr. Maximum differences were figured out to be 17 mm/yr for the X component, 14 mm/yr for the Y component and 14 mm/yr for the Z component.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

**1. Giriş**

Alp-Himalaya kuşağı üzerinde bulunan ülkemiz; Anadolu plakası ile Avrasya-Arabistan levhalarının çarpışması, Afrika levhasının Ege Denizi altına dalması sonucu şekil değişikliğine uğramıştır (Duman vd. 2017). Avrasya ve Arabistan levhalarının çarpışması sonucu batıya yönelik hareket eden Anadolu Levhası içinde ve levhanın etrafında meydana gelen tektonik deformasyonlar ve bunların neden olduğu deprem etkinliği ülkemizin sismotektoniğini etkilemektedir (Duman vd. 2017).

Ülkemizde geçmişten bugüne birçok deprem meydana gelmiştir. 1900 yılı ve öncesinde 200'den fazla yıkıcı depremin meydana geldiği, bu depremlerin birçok medeniyetin yıkılmasına bile neden olduğu bilinmektedir. 1900 ile 2023 yılları arasında ülkemizde ve çevresinde büyüklüğü 6 ve üzerinde olan 208 büyük deprem kayıtlara geçmiştir (Duman vd. 2017, AFAD).

Ülkemiz böylesine aktif bir tektoniğe sahip iken meydana gelen depremlerde güncel jeodezik ölçü doğruluğunun çok üstünde büyüklüğe varan düşey ve yatay yer kabuğu hareketleri oluşturmaktadır. Bu sayede jeodezik GNSS (Global Navigation Satellite

System) ölçülerinden elde edilen sonuçlarla bu hareketler modellenenmektedir (Ayhan vd. 2001).

Türkiye’de, kurulduğu günden bu yana bölgesel ve statik bir jeodezik datum olan European Datum 1950 (ED-50) olarak hizmet veren Türkiye Ulusal Yatay Kontrol Ağı (TUYKA); tektonik hareketler sonucu deformasyona uğramış ve yüksek konumlama doğruluklarına cevap veremez hale gelmiştir. Bu nedenle de tektonik hareketleri de içinde bulunduran modern, kinematik ve yer merkezli bir sistemde 3 boyutlu bir ağın kurulması ihtiyacı duyulmuş ve 1997-1999 yılları arasında gerçekleştirilen çalışmalarla 594 noktalı olarak Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA-99) kurulmuştur (Ayhan vd. 2002, Cingöz vd. 2020).

Daha sonra meydana gelen 1999 İzmit ve Düzce depremi ile 2000 Çerkeş/Çankırı depremlerinin büyük bir alanda oluşturduğu düşeyde ve yatayda yer değiştirmeler sebebiyle, 2000 ve 2001 yıllarına ait özellikle deprem alanlarını içeren noktalarda yapılan ölçülerle yenilenerek TUTGA-99A tanımlanmış ve sıklaştırma çalışmaları ile nokta sayıları günümüzde 864’e ulaşmıştır (Ayhan vd. 2002, Harita Dergisi Temmuz 2020, 164).

Bu depremlerin etkisiyle Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı (TUTGA) noktalarının koordinatlarında ve hızlarında oluşan değişimlerden kaynaklı; ülkemizde kadastral çalışmalarda kullanılan C1 ve C2 dereceden noktaların hızları da etkilenmiştir. Büyük Ölçekli Harita Ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde (BÖHHBÜYY) “C1 Derece Noktalar için üst derecedeki ağlara dayalı, baz uzunluğu 15-20 km olan C2 Derece Noktalar için kenar uzunluğu 5 km olan noktalardır” ifadeleri kullanılmaktadır. Bu noktaların hızları TUTGA ve TUSAGA-Aktif (Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı) verileri ile gerekli kestirmeler yapılarak hesaplanmaktadır. 2022 yılında enterpolasyon kaynaklı hız problemlerini çözmek için Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından ulusal hız alanı yayımlanmıştır. Bu araştırmada farklı dönemlerde enterpolasyon ile elde edilen kadastral nokta hızlarının güncel hızları hesaplanmıştır. Elde edilen hızlar arasındaki farklar ile bölgesel hız değişim haritaları üretilmiştir.

## 2. C1 ve C2 Noktalarının Datum Dönüşümü ve Hız Alanlarının Üretilmesi

Ülkemizde bulunan C1 ve C2 noktalarının hızları enterpolasyon yöntemiyle yani geçmiş yıllarda elde

edilen hızlarla hesaplanmıştır. Enterpolasyon yönteminde kullanılan hızlar ise Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından hazırlanan ve sunulan TUTGA ve TUSAGA-Aktif verileri ile gerekli kestirmeler yapılarak hesaplanmıştır. Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından elde edilen hızlar ise zamana bağlı olarak değişkenlik göstermiş ve bu değişimlerin nedenine inildiğinde pek çok etkenin neden olduğu görülmüştür. Bu etkenlerden bazıları tektonik hareketler sonucu meydana gelen değişiklikler ve ölçü sayısındaki veri yetersizliği olarak sıralanabilir. Ülkemizde meydana gelen depremlerin etkisiyle noktaların hızlarında ve koordinatlarında değişimler meydana gelmektedir. Post sismik dönem yani deprem sonrası dönem depremin büyüklüğüne göre 1-2 ay ile 5-15 yıl arasında sürebilmektedir (Tiryakioğlu vd. 2017a, Tiryakioğlu vd. 2017b). Bu süre içerisinde noktaların hızlarının ve koordinatlarının yeniden hesaplanması, revize edilmesi gerekmektedir. Hızları etkileyen bir diğer unsur ise hızı belirleyecek yeterli parametrelerin olmamasıdır.

2011 yılında ülkemiz için hız alanı belirlenirken fay hatları dikkate alınmamıştır. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)’ne göre üretilen C1, C2 ve C3 noktalarının hızlarının hangi TUTGA ve TUSAGA Aktif noktasından belirleneceği ve hangi enterpolasyon yöntemini seçeceği kullanıcının kendisine bırakılmış olup, hızların değiştiği ana fay sistemleri için bir metot belirtilmemiştir. Günümüzde yapılan GPS ölçülerinde elde edilen koordinatları epok kaydırma işlemleri uygulanmaktadır. Epok kaydırma işleminde BÖHHBÜYY’ne göre aşağıdaki eşitlik (1) kullanılmaktadır. Bu noktada T ölçü epodur ve  $V_x$ ,  $V_y$  ile  $V_z$  noktanın TUSAGA-Aktif istasyonundan hesaplanmış olan son hızlarıdır.

$$\begin{bmatrix} X(T) \\ Y(T) \\ Z(T) \end{bmatrix}_{TUTGA} = \begin{bmatrix} X(T_0) \\ Y(T_0) \\ Z(T_0) \end{bmatrix}_{TUTGA} + (T - T_0) \cdot \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix}_{TUTGA} \quad (1)$$

C1 ile C2 derece noktaların referans epodundaki koordinatlarının elde edilmesine yönelik olarak da bu noktaların hızları TUTGA ile TUSAGA-Aktif nokta hızlarının enterpolasyonu ile hesaplanmaktadır. Buna yönelik olarak BÖHHBÜYY’e göre aşağıda yer alan eşitlik (2) kullanılmaktadır (BÖHHBÜYY, 2018).

$$\begin{bmatrix} X(T_0) \\ Y(T_0) \\ Z(T_0) \end{bmatrix}_{T_{UREF}} = \begin{bmatrix} X(T) \\ Y(T) \\ Z(T) \end{bmatrix}_{T_{UREF}} + (T_0 - T) \cdot \begin{bmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{bmatrix}_{MODEL} \quad (2)$$

Nokta hızlarının hesabında genel olarak mesafe ile ters orantılı entropolasyon metodu kullanılır. Söz konusu metotta öncelikle 3 boyutlu uzayda koordinatla hızları bilinen noktaların P noktasındaki uzaklıkları eşitlik (3) ile elde edilir.

$$S_1 = \sqrt{(X_1 - X_P)^2 + (Y_1 - Y_P)^2 + (Z_1 - Z_P)^2} \quad (3)$$

Her 3 noktanın P noktasına uzaklığı bulunmasının ardından aşağıda yer alan eşitliklerin yardımı ile P noktasının hızı entropolasyon yöntemi ile bulunmaktadır.

$$V_{xP} = ((V_x1/S_1) + (V_x2/S_2) + (V_x3/S_3)) / ((1/S_1) + (1/S_2) + (1/S_3))$$

$$V_{yP} = ((V_y1/S_1) + (V_y2/S_2) + (V_y3/S_3)) / ((1/S_1) + (1/S_2) + (1/S_3)) \quad (4)$$

$$V_{zP} = ((V_z1/S_1) + (V_z2/S_2) + (V_z3/S_3)) / ((1/S_1) + (1/S_2) + (1/S_3))$$

Burada;

S: Sabit noktalar ile koordinatı hesaplanacak noktalar arası uzaklık;

V<sub>x</sub>, V<sub>y</sub> ve V<sub>z</sub>; sabit noktaların kartezyen hızlarını göstermektedir.

Bu formüllerle yeni tesis edilen P noktasının entropolasyon yöntemi ile hızları belirlenebilmektedir (BÖHHBÜYY, 2018).

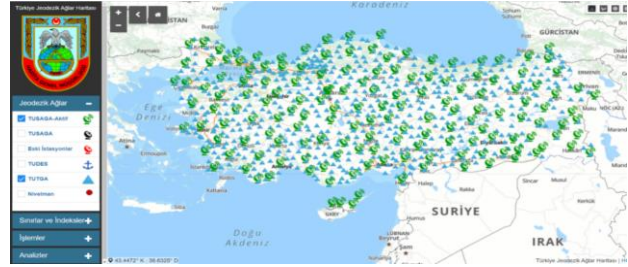
### 3. Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinde bulunan Afyon, Kütahya, Uşak, Manisa, Isparta, Konya, Eskişehir, Ankara, Bursa illeri seçilmiştir. Bu illerin sınırları içerisinde kalan 19 adet TUSAGA-Aktif noktası ve 28 Adet TUTGA noktası çalışma kapsamında kullanılmıştır. Bu noktaların seçiminde Harita Genel Müdürlüğü web sayfasında periyodik olarak yayın yaptığı dergilerinden olan (Kurt vd. 2020) makalesinde kullanılan yatay konum farkları haritasındaki büyük değişikliklerin meydana geldiği yerler çalışma bölgesi olarak alınmıştır (Şekil 1). Seçimi yapılan bölgelerin TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktaları ile bağlantısı Harita Genel Müdürlüğü Türkiye Jeodezik Ağlar Haritasında (Şekil 2)'de yer

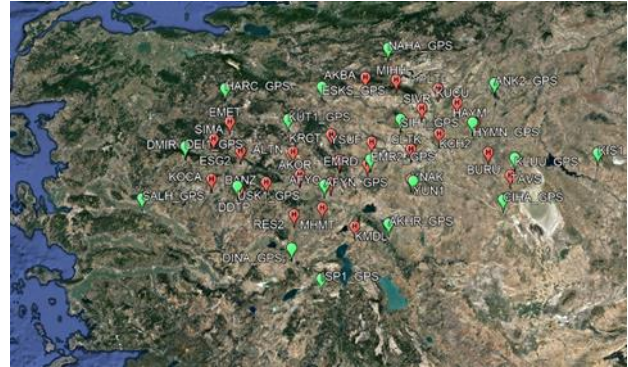
alan noktalarla eşleştirilerek TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktaları saptanmıştır.



Şekil 1. Yatay konum farkları haritası.



Şekil 2. HGM Türkiye Jeodezik Ağlar Haritası (TUTGA ve TUSAGA-Aktif).



Şekil 3. Çalışma bölgesinde kullanılan TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının dağılımını gösteren harita (Google Earth ekran görüntüsü).

### 4. Verilerin Analizi

Bu çalışma bölgesi içinde bulunan TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarının 1992-2021 yılları arasında hesaplanan hız verileri ile ölçü epokları HGM'den resmi yazı ile temin edilmiştir. Bu veriler kullanılarak farklı dönemlerde hesaplanan hızlar için bölgesel bir hız alanı oluşturulmuştur. Böylelikle çalışma alanı içerisindeki her bölge için entropolasyon yöntemi ile noktasal hızlar elde edilmiştir. Ancak tez çalışması devam ederken 2022 yılı Haziran ayında Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından Türkiye Ulusal Hız Alanı (TUREF Hız Alanı) web sitelerinde yayınlanmıştır (İnt. Kyn. 1).

Bu hız alanı için Harita Genel Müdürlüğü'nün envanterindeki tarihsel GPS verileri yeniden değerlendirilmiş, zaman serileri incelenmiş ve uyumsuz olanlar ayıklanmıştır (Kurt vd. 2020). GPS kampanyaları uzun zaman 3 gün tekrarlı şekilde günde minimum 8 saat olarak yapılmıştır. Böylelikle merkezleştirme hatalarının önüne geçilmesi sağlanmıştır. Bununla beraber IGS ürünlerindeki gelişmeler, yörüngedeki uydu sayılarının artırılması ve zorunlu merkezleştirmeli yeni aparatların kullanıma başlamasıyla uzun dönem zaman serileri olan noktalarda bir gün 8 saat ölçüler yapılmaya başlanmıştır.

Bu veri setinde, kullanıcıların yönetmeliğe göre hız kestiriminde kullanabildikleri TUTGA ve TUSAGA-Aktif noktalarına ilave olarak, nokta çözünürlüğünü artırmak amacıyla Harita Genel Müdürlüğü'nde mevcut jeodinamik, mareograf istasyonlarında bulunan GPS noktaları ile bazı kurum ve belediyelerin istasyonları da yer almaktadır (İnt. Kyn. 2). Belirlenen nokta hızlarından yola çıkarak tüm noktalar istatistiksel olarak anlamlı 5 bölgeye ayrılmıştır. Çalışmada oluşturulan bölgeler ve TUREF hızları verilmiştir. Bu bölgelerden oluşturulan 6'x6' çözünürlüklü grid dosyaları ile kullanıcının konumunu girdiği noktada hız bilgisini elde etmesini sağlayan bir uygulama geliştirilerek HGM web sitesinde Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından Türkiye Ulusal Hız Alanı (TUREF Hız Alanı) adresinde kullanıcıların hizmetine sunulmuştur (İnt. Kyn. 1).

Bu web sitesinde hız kestirimi yapılacak noktanın enlem ve boylam konum bilgisine dayalı olarak TUREF Datumu-ITRF 96 hızları (Vx, Vy, Vz) sorgulanabilmektedir. Web sitesine dair ekran görüntüsü Resim 1'de gösterilmiştir.

### TUREF HIZ ALANI-2020

Hız Kestirimi Yapılacak Noktanın Enlem ve Boylamını Giriniz: (Nokta Türkiye sınırları içerisinde olmalıdır)

Enlem (°):

Boylam (°):

Sonuçlar (TUREF Datumu-ITRF96 Hızları) :

Vx (m/yıl): -0.00609

Vy (m/yıl): 0.00031

Vz (m/yıl): 0.00471

**Resim 1.** HGM web sitesinde hız kestirimi yapılacak noktanın enlem ve boylam bilgisine dayanarak Vx, Vy, Vz (m/yıl) hızlarını sorgulama ekranı.

HGM den alınan veriler kullanılarak Enterpolasyon yöntemiyle hesapladığımız hızlar ile web sitesindeki hızlar karşılaştırılmış ve anlamlı farklar bulunamamıştır. Bu nedenle çalışma boyunca HGM tarafından yayınlanan hızlar referans alınmıştır.

Daha sonra çalışma alanı içerisinde bulunan ve hızları TUTGA hızlarından enterpolasyonla elde edilen (geçmiş dönemlerde hesaplanan) C1 ve C2 noktalarının tespiti işlemine geçilmiştir. Bu noktaların tespitinde Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından kurulan Harita Bilgi Bankası (HBB) Portalı kullanılmıştır. Bu portal ülke düzeyinde büyük ölçekli mekânsal bilgi sistemlerinin oluşturulması hedefine yönelik olarak harita yapan ve yaptıran kuruluşlarca gelişen teknolojinin faydalarından da yararlanarak oluşturulan haritalara ait bilgi ve belgelere ilişkin meta verilerin ilgili kurumlarca girişine, güncellenmesine ve internet üzerinden sunumuna ve bu sayede mükerrer harita üretimi ile kaynak israfının önlenmesi hedefine yönelik geliştirilen bir Mekânsal Bilgi Sistemidir (İnt. Kyn. 3). Bu sistemde pafta bazında sorgulanan bölgedeki C1, C2 noktalarının Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı'nın sunduğu veriler listelenmektedir. Bu veriler arasında nokta numarası, koordinat türü, pafta adı, koordinat bilgileri, Vx, Vy, Vz hızları, noktaların üretim yılı, tesis yılları vb. bulunmaktadır.

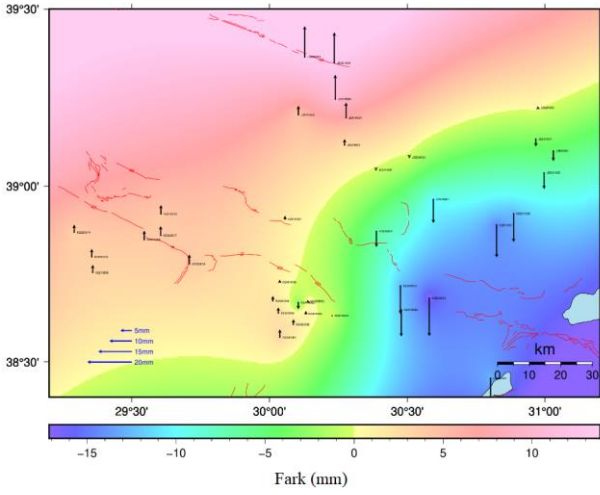
Nokta No.	Nokta Adı	Koordinat Türü	Pafta Adı	X	Y	Z	X Sigma	Y Sigma	Z Sigma
4	K2210006	Geoğraf Koordinat	K22-B	5481382.408	5420795.388	5197032.575	5.0000000	5.0000000	5.0000000
6	K2210010	Geoğraf Koordinat	K22-B	5489221.455	5440412.234	5197173.493	5.0148000	5.0148000	5.0148000
7	K2210014	Geoğraf Koordinat	K22-B	5519745.083	5433022.897	5195489.384	-	-	-
8									
9									
10									
11									
12									
Nokta No.	Hız Yılı	Datum	Elipsoid Yık.	Enlem	Boylam	Tesis Türü	Vx	Vy	Vz
14	K2210006	-	5421.08040000	38.754861	29.534807	-	-0.0000000	-0.0000000	0.0000000
15	K2210010	-	5179.70420000	38.794829	29.534873	PL/VE	-0.0000000	-0.0000000	0.0000000
16	K2210014	5.00000000	505.98050861	38.869535	29.291285	PL/VE	-0.0000000	-0.0000000	0.0000000
17									
18									
19									
20									
21									
Nokta No.	DÖNEM Durumu	Elipsoid	Trs. Y. Kuramı	Projeksiyon Y.	Projeksiyon X	Proje No	Referans	Nokta Türü	Üretim Yılı
22	K2210006	2 GR50D	-	544229.55120000	5291485.81040000	2005	C1-AGA		2007
24	K2210010	2 GR10D	-	548977.10900000	5294402.24100000	2005	C2-SGA		2007
25	K2210014	2 GR50D	-	551881.80281000	5404261.48820000	2005	C2-SGA		2009
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
Özellikler	Proje Müdürlüğü	Kontrol Müdürlüğü							
33	Tarih	Tarih							
34	Açılış Yılı	Açılış Yılı							
35	İmza	İmza							

**Şekil 4.** Seçilen C1 ve C2 noktalarının tablo değerleri.

## 5. Hız Farklarının Hesaplanması ve Bulgular

Çalışma bölgesi içinde bulunan C1 ve C2 noktalarının nokta numarası, nokta türü, enlem, boylam bilgileri ve enterpolasyon yöntemiyle (geçmiş dönemlerde) hesaplanan hızları, üretim yılları ve referans yılları Harita Bilgi Bankası'ndan elde edilmiştir. Çizelgede yer alan hızların güncel TUREF hızlarıyla karşılaştırılabilmesi için ITRF-96, 2005 epoğundaki hızlar alınmıştır.

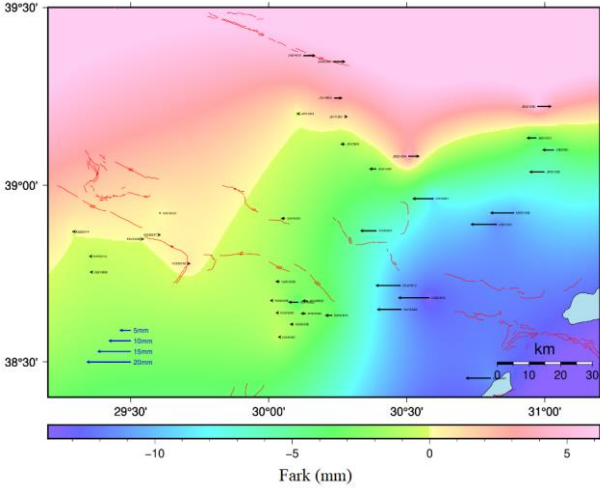




Şekil 5. X bileşenindeki hız farkları grafiği.

Şekil 5 incelendiğinde, X bileşenindeki hız farklarının en yüksek olduğu değerin 17 mm/yıl olduğu görülmektedir. Ayrıca farkların ortalaması (mutlak değer) 6 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

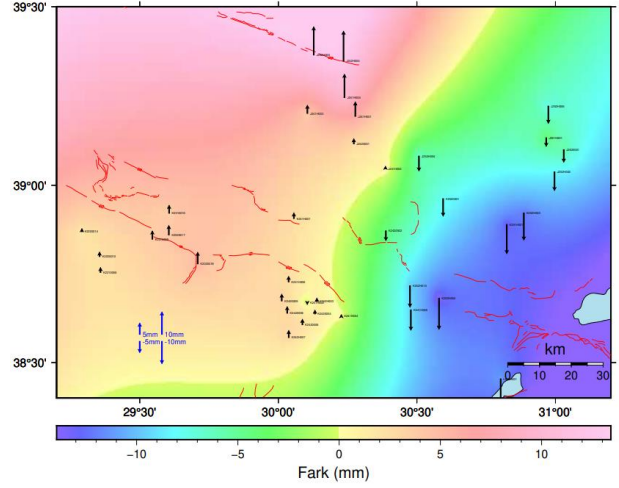
Farkların en yüksek olduğu noktalar K252H004(C2), K251H001(C1), K252H003(C2), K242H010(C2) nokta numaraları olup Afyonkarahisar ilinin Çay-Bolvadin-Çobanlar ilçe yakınlarında yer almaktadırlar.



Şekil 6. Y bileşenindeki hız farkları grafiği.

Şekil 6 incelendiğinde, Y bileşenindeki hız farklarının en yüksek olduğu değerin 14 mm/yıl olduğu görülmektedir. Ayrıca farkların ortalaması (mutlak değer) 4.25 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

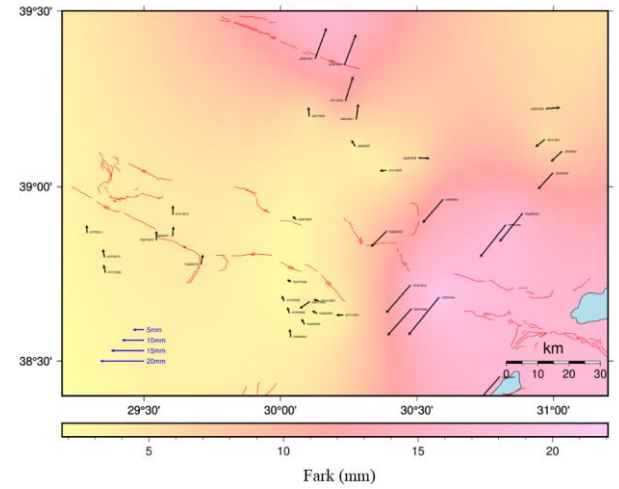
Farkların en yüksek olduğu noktalar K252H004(C2), K251H001(C1), L251H001(C1), K242H010(C2) nokta numaraları Afyonkarahisar ili Çay-Bolvadin-Çobanlar ilçesi yakınlarında yer almaktadırlar.



Şekil 7. Z bileşenindeki hız farkları grafiği.

Şekil 7 incelendiğinde, Z bileşenindeki hız farklarının en yüksek olduğu değerin 14 mm/yıl olduğu görülmektedir. Ayrıca farkların ortalaması (mutlak değer) 6 mm/yıl olarak hesaplanmıştır.

Farkların en yüksek olduğu noktalar K252H004(C2), K251H001(C1), K252H003(C2), L251H001(C1) nokta numaraları olup Afyonkarahisar ili Çay-Bolvadin-Çobanlar ilçesi yakınlarında yer almaktadırlar.



Şekil 8. XY bileşenindeki hız farkları grafiği.

Yukarıdaki fark haritaları incelendiğinde özellikle çalışma bölgesinin güneydoğusu ve kuzeyinde farkların maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir. Bu hız farklarının (bileşen bazındaki) büyüklükleri o noktanın gerçek hızından bile 2 kat fazla olduğu görülmüştür. Bu farkın temel sebebi C1 ve C2 noktalarının tesis edildiği yıllarda noktanın hızlarının hesaplanmasında (enterpolasyon yöntemiyle) kullanılan TUTGA noktalarının noktaya olan uzaklığı ve hız doğruluğunun etkili olduğu düşünülmüştür. Bu nedenle bölgede bulunan TUTGA noktalarının

HGM'den temin edilen ölçü epoklarından C1 ve C2 noktalarının tesis yılında anlamlı hız verilerinin olup olmadığı araştırılmıştır. Bir TUTGA noktasının anlamlı bir hızının hesaplanabilmesi için geçmiş yıllarda en az 3 kampanya statik GNSS ölçüsünün olması gerekmektedir. HGM'den elde edilen GNSS ölçü dönemlerinde yapılan incelemelerde bölgede bulunan TUTGA noktalarının C1 ve C2 noktalarının tesis yıllarından önce en az 2 tane ölçüsü olan noktalar (ALYT Hariç) olduğu görülmüştür. Ancak özellikle hız farklarının maksimum seviyede olduğu bölgelerde 2002 yılında meydana gelen 6.2 mw büyüklüğündeki Çay-Sultandağı depremi sonrası post sismik dönem etkisinin olduğu görülmüştür. Deprem sonrası dönemde bölgedeki TUTGA noktalarının hızlarının güncelleme çalışmalarına (yeniden hesaplanılmasına) başlanmış olduğu ve düşük doğrulukta (2 kampanya veri olmasından dolayı) olan TUTGA hızlarının yeniden hesaplandığı düşünülmektedir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Harita Genel Müdürlüğü'nden temin edilen TUTGA noktaları 1992-2020 yılları arası ölçüm epokları çizelgesi.

Nokta Adı	1.epok tarihi	2.epok tarihi	3.epok tarihi	4.epok tarihi	5.epok tarihi	6.epok tarihi	7.epok tarihi
EMRD_GSU	2003.544	2016.318	2017.448				
KMDL_GPS	1997.859	2001.555					
KMDL_GSU	2003.544	2005.347	2014.352	2016.433	2017.541		
ALYT_GPS	2005.347	2011.495	2016.318	2017.634			
AFYO_GPS	1992.693	1994.771	1996.712	1997.859	1998.73	2000.709	2001.555
AFYO_GSU	2003.544	2005.347	2011.495	2016.318			
MHMT_GPS	1997.859	2001.555	2003.544	2005.347	2016.318		
AKOR_GPS	1997.859	2003.590	2011.495	2016.357			

## 6. Tartışma ve Sonuç

Yatay yönde ve düşey yönde farkın yüksek çıktığı Batı Anadolu Fay (BAF) hattı üzerinde bulunan Afyonkarahisar ili ve çevresinde bulunan C1 ve C2 noktalarının güncel Vx, Vy ve Vz hızları ile geçmiş dönemlerde entropolasyon yöntemiyle hesaplanan GNSS hızları arasındaki fark karşılaştırılıp, nedeni araştırılmıştır.

Bu anlamda çalışma alanı içerisinde bulunan 19 adet TUSAGA-Aktif noktası ve 28 adet TUTGA noktası tespit edilip, çalışmada kullanılmıştır. Bu noktaların koordinat bilgileri ve GNSS hızları ilgili kurumlardan temin edilmiştir. Bu noktaların GNSS hızlarından yola çıkılarak kestirme yapılacak C1 ve C2 noktalarının hızları manuel olarak enterpole edilmiştir. Fakat bu tez çalışması süreci içerisinde (2022 yılı Temmuz ayında) Harita Genel Müdürlüğü

kendi web sayfasında kullanıcıların konumunu girdikleri noktanın hız bilgisini elde etmesini sağlayan "TUREF HIZ ALANI - 2020" adlı bir uygulama geliştirmiştir.

Hız kestirimi yapılacak noktanın enlem ve boylam bilgilerine bağlı olarak TUREF Datumu- ITRF 96 hızlarına (Vx, Vy, Vz) erişilebilmektedir. Bu bağlamda çalışma alanı içerisinde bulunan 15 adet C1 ve 23 adet C2 noktası hızları incelenmiştir.

Bu uygulama kapsamında çalışma bölgesi içerisinde bulunan C1 ve C2 noktalarının enlem ve boylam bilgileri girilerek TUREF Datumu-ITRF 96 hızları (Vx, Vy, Vz) sorgulatılıp, tablo haline getirilmiştir. Bunun yanı sıra hesaplanan hızların doğruluklarını tespit etmek amacıyla Harita Bilgi Bankası (HBB) web sitesinde çalışma bölgesi içerisinde bulunan C1 ve C2 noktalarının 1/25000 ölçekli haritada pafta numaraları tespit edilip, sorgulama yapılmıştır. Her bir pafta sınırları içerisinde kalan C1 ve C2 noktalarının; nokta numaraları, nokta türleri, enlem ve boylam bilgileri, entropolasyon yöntemiyle hesaplanan hızları, üretim ve referans yılları hakkındaki bilgiler listelenip, tablo haline getirilmiştir. Bu uygulamayı yaparken C1 ve C2 noktalarının üretim yılları ve referans yıllarının 2005 yılı ve sonrası olmasına dikkat edilmiştir.

İki farklı uygulamadan elde edilen bilgilerden yola çıkarak noktaların X, Y ve Z bileşenindeki TUREF hızları (Vx, Vy, Vz) karşılaştırılıp, bileşen bazında fark haritaları oluşturulmuştur.

Bu bağlamda X bileşeninde hesaplanan hızlar arasında farkın en yüksek çıktığı değer 17 mm/yıl olup, K252H004 numaralı C2 noktası olup bu nokta Ege bölgesinde Afyonkarahisar ilinin Salar kasabasının güneybatısında bulunmakta ve "AFYO, AKOR, MHMT" isimli TUTGA noktaları arasında yer almaktadır.

X bileşenindeki farkın yüksek çıktığı diğer noktalar ise 13-15 mm/yıl ile Afyonkarahisar il sınırı içerisinde bulunan C derece noktalarıdır. Y bileşenindeki hız farkları en yüksek 11- 14 mm/yıl hesaplanmıştır. Z bileşenindeki hız farkları ise 11-14 mm/yıl arasındadır. Bu C dereceli noktalar AFYO, AKOR, MHMT, EMRD, ALYT ve KMDL adlı TUTGA noktaları arasında bulunmaktadır.

Bu TUTGA noktaları 2002 yılında meydana gelen Mw:6.2 büyüklüğündeki Çay-Sultandağı depreminin etki alanında bulunduğu görülmektedir. Bu nedenle C1 ve C2 noktalarının üretim yıllarında bu TUTGA

noktalarının hızlarını yeterli doğrulukta hesaplayacak epokta ölçü olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte bölgenin post sismik dönemdeki hareketler kapsamında geçmiş dönem hareketlerinden farklı davranışta bulunduğu düşünülmektedir. Bununda TUTGA hızlarının kısa dönemdeki hızları üzerine olumsuz etkisi nedeniyle enterpolasyonla hesaplanan C1 ve C2 hızlarının hatalı hesaplanmış olma ihtimali üzerinde durulmaktadır. Özellikle büyük depremler sonrasında tesis edilecek olan C1 ve C2 derece noktaların koordinat hesaplamalarında deprem öncesi hızların kullanılması koordinat hesaplarında yanlışlıklar yapılmasına neden olmaktadır. Bu durum deprem sonrası atım ve hızlar hesaplanmayan noktalardan üretilen kadastral ve mühendislik çalışmalarında hatalara neden olabileceği potansiyeli taşımaktadır.

## 7. Kaynakça

- Aktuğ, B., Kılıçoğlu, A., Lenk, O., Özdemir, S., Sezer, S., 2011. *Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı Güncel Koordinat ve Hızlarının Hesaplanması, Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, 145*, Ankara.
- Aktuğ, B., Kurt, M., Lenk, O., Özdemir, S., Parmaksız, E., Seymen, S., Sezer, S., 2011. *ED-50 (European Datum-1950) ile TUREF (Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi) Arasında Datum Dönüşümü, Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi, 146*, Ankara.
- Aktuğ, B., Ayhan, M. E., Demir, C., Fırat, O., Kılıçoğlu, A., Lenk, O., Özerkan, A., 2002. *Türkiye Ulusal Temel GPS Ağı-1999A (TUTGA-99A), Harita Genel Müdürlüğü, Harita Dergisi, Özel Sayı 16*, Ankara.
- Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY), 2018. Resmi Gazete, 26 Haziran 2018, **30460**.
- Cingöz, A., Kurt, A. İ., Özel, Ö., Özdemir, S., Peker, S., Simav, M., 2020. *Türkiye Ulusal Temel GNSS Ağı (TUTGA) Güncel Koordinat ve Hızlarının GNSS Verilerinin Yeniden Değerlendirilmesi Kapsamında Hesaplanması, Harita Genel Müdürlüğü, Harita Dergisi, 164*, 1-17, Ankara.
- Çınar, F., 2021. 21.07.2017 Bodrum-Kos Depremi Sonrası Bölgedeki GNSS Nokta Koordinatlarının Güncellenmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 51s, Afyonkarahisar
- Demirkol, E. Ö., Yıldırım, A., Gürdal, M. A., 2002. *Avrupa Datumu 1950 (ED-50) ile Dünya Jeodezik Sistemi 1984 (World Geodetic System 1984: WGS84) Arasında Datum Dönüşümü ve Askeri Uygulamaları, Harita Genel Komutanlığı, 15s*, Ankara.
- Duman, T. Y.(Ed.), Emre, Ö., Özalp, S., Çan, T., Olgun, Ş., Elmacı, H., Şaroğlu, F., 2017. *Türkiye ve Yakın Çevresindeki Diri Faylar ve Özellikleri. Türkiye Sismotektonik Haritası Açıklama Kitabı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi 34*, 12 s, Ankara.
- Farhan, H. T., 2021. Farklı Analiz Merkezlerinden Yayınlanan Rapid Ve Ultra-Rapid Ürünlerinin Hassas Nokta Konumlama (Ppp) Performansının Analizi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 52s, Konya.
- İlvan, A., 2014. Mersin İli Toroslar İlçesi Örneğinde Lokal Datum Dönüşüm Parametrelerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Çalışma, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 67s, İstanbul.
- Kahveci, M., Yıldız, F., 2005. *GPS Teori ve Uygulama, Nobel Yayın Dağıtım, 215s*, İstanbul.
- Kahveci, M., 2010. *GPS/GNSS Gözlemlerini Değerlendirme Yöntemlerinde Son Gelişmeler, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 102*, 3-9.
- Koca, B. ve Ceylan, A., 2018. *Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler, Geomatik, 3, 1*, 63-73.
- Koca, B., 2019. *GNSS Sistemlerindeki Güncel Durum Ve Son Gelişmelerin Güncellenmesi, Selçuk Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 109s*, Konya.
- Mercan, H., 2006. *GPS Sıklaştırma Ağlarının Değerlendirme Stratejileri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 82s*, İstanbul.

Sözbilir, H., Tiryakioğlu, İ., Özkaymak, Ç., Solak, H. İ., Yavaşoğlu, H. H., 2018. Batı Anadolu'daki Güncel Blok Hareketlerinin Jeodezik, Jeofizik ve Jeolojik Veriler Açısından Değerlendirilmesi, Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) 2018 Sismojeodezik Çalışmalar, İzmir.

Şişman, Y., Dilaver, A., 2005. Datum Dönüşümünde Kalite Kontrol, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

Tiryakioğlu, İ., 2012. GNSS Ölçüleri İle Güneybatı Anadolu' daki Blok Hareketleri ve Gerilim Alanlarının Belirlenmesi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora tezi, 110s, İstanbul.

Tiryakioğlu, İ., Yavaşoğlu, H., Ugur, M.A., Özkaymak, Ç., Yılmaz, M., Kocaoğlu, H., Turgut, B., 2017a. Analysis of October 23 (Mw 7.2) and November 9 (Mw 5.6), 2011 Van earthquakes using long-term GNSS time series.. Earth Science Research Journal, **21(3)**, 147-156.

Tiryakioğlu, İ., Aktuğ, B., Yiğit, C.O., Yavaşoğlu, H.H., Sözbilir, H., Özkaymak, Ç., Poyraz, F., Taneli, E., Bulut, F., Doğru, A., Özener, H., 2017b. GPS Ölçülerinden 20 Temmuz 2017 Kos Depremi (Mw6.6) Kaynak Parametrelerinin Belirlenmesi, 21. Aktif Tektonik Araştırma Gurubu Toplantıları (ATAG 21), 26-28 Ekim 2017, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.

Toker, K., 2015. Türkiye'de Çeşitlerine Göre Kadastro Süreçlerinin Analizi, Proceeding of the World Cadastre Summit 2015, İstanbul.

Toydemir, T., 2019. Sultandağı fayında Jeodezik Gerinim (Strain) ile İstatistiksel Depremsellik Verilerinin İlişkilendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 73s, Afyonkarahisar.

Üstün, A., 1996. Datum Dönüşümleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 97s, İstanbul.

Yalçın, B., 2007. Yerel Bir Ağda GPS Ölçü Süresinin Nokta Konum Doğruluğuna Etkisinin

Araştırılması, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 153s, Konya.

### **İnternet Kaynakları**

1-<https://turefhizalani.harita.gov.tr/>, (08.03.2023)

2-<https://www.harita.gov.tr/sunum/>, (08.03.2023)

3-<https://hbb.tkgm.gov.tr/home/>, (08.03.2023)