

AKÜ FEMÜBİD 18 (2018) 015506 (1110-1117)

AKU J. Sci. Eng. 18 (2018) 015506 (1110-1117)

DOI: 10.5578/fmbd.67776

Araştırma Makalesi / Research Article

Gediz Fayı Yerkabuğu Hareketlerinin GNSS Gözlemleri ile İzlenmesi

Ergin Dönmez¹, İbrahim Tiryakioğlu^{2*},¹.Pamukkale Üniversitesi, Çivril Atasay Kamer Meslek Yüksekokulu, Emlak ve Emlak Yönetimi Bölümü, Denizli²Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar

* Sorumlu Yazar

e-posta: ergindonmez@gmail.com, itiryakioglu@aku.edu.tr

Geliş Tarihi:04.08.2018 ; Kabul Tarihi: 12.12.2018

Öz

Kabuk deformasyonlarının gözlenmesi ve incelenmesi gelecekte olabilecek depremlerin potansiyellerinin araştırılmasında hayati bir öneme sahiptir. Günümüzde jeodezik ağ kurma yöntemi yüzeysel kabuk deformasyonlarının izlenmesinde, oldukça tercih edilen bir yöntemdir. Özellikle 1980'li yıllardan itibaren jeodezik ağ ölçümünde GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemleri) kullanılması bu yöntemi oldukça kullanışlı hale getirmiştir. Gediz fayı tarihte büyük depremler üretmiş bir faydır. En son 28 Mart 1970 tarihinde, merkezi Kütahya'nın batısındaki Gediz yöresinde bir deprem meydana gelmiştir. Depremde Batı Anadolu sarsılmıştır. Deprem sonrasında toplam 40 km uzunluğunda bir fay kırılmıştır. 1970 Büyük Gediz depremi olarak bilinen depremden günümüze kadar fayda herhangi bir büyük deprem meydana gelmemiştir. Tarihsel depremler incelendiğinde fayın en uzun deprem üretme periyodu 48 yıldır. Çalışma bölgesi olan Gediz ilçesi çevresine 21 noktali bir GNSS ağı kurularak 2016, 2017 ve 2018 yıllarında periyodik olarak ölçülmüştür. Veriler GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmiş ve hız vektörleri oluşturulmuştur. Bölgeye ait hız vektörleri incelendiğinde bölgede bir enerji birikiminin olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler

GNSS; Gediz Fayı;
GAMIT/GLOBK

Monitoring of Tectonics Movements of Gediz Fault with GNSS Observations

Abstract

Observing and investigating the earth crust deformations are highly important tolls in the study of potential earthquakes in the future. Today, the method of geodetic networking is a highly preferred method in the monitoring of superficial crustal deformations. Especially in the 1980s, the use of GNSS (Global Navigation Satellite Systems) in geodetic network measurements has made this method quite convenient. Gediz fault has produced great earthquakes in history. On March 28, 1970, an earthquake occurred in Gediz that is located in the west of central Kütahya. Western Anatolia was shaken in the earthquake. After the earthquake, a 40 km long fault was broken. Since the earthquake known as the Great Gediz earthquake of 1970, no major earthquakes have occurred until in the region. When the historical earthquakes are examined, the longest earthquake generation period of the fault is 48 years. A 21-point GNSS network was established around the district of Gediz and the network has been periodically measured in 2016, 2017, and 2018. The GNSS data were evaluated with GAMIT/GLOBK software and the velocity vectors of the measurement points were produced. When the velocity field of the region was examined, it was seen that there was an energy accumulation in the region.

Keywords

GNSS; Gediz Fault;
GAMIT/GLOBK

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

İnsanlığın başlangıcından beri insanoğlu yaşadığı büyük felaket ve afetlerin neden kaynaklandığını merak etmiş ve bunlara karşı önlem olarak korunmak istemiştir. İşte bilim bu merakın ve

korunma isteğinin bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde insanlığın bilimi kullanarak nedenini ve korunma yollarını aradığı felaketlerin ve afetlerin başında ise depremler gelmektedir.

Gelişen bilim ve teknolojimize rağmen depremler önemini ve gizemini hala korumaktadırlar.

Deprem kısaca yer kabuğunda bir anda ortaya çıkan enerji sonucunda meydana gelen sismik dalgalanmalar ve bu dalgaların yeryüzünü sarsması olarak tanımlanabilir. Günümüzde bu yıkıcı sarsıntıların ne zaman olacağını belirlemek bilimi meşgul eden bir sır olarak güncelliğini korusa da sarsıntıları meydana getiren sebepler ortaya konarak açıklanmıştır.

Depremlerin meydana gelmelerini sağlayan mekanizma, 1915 yılında bilim adamı Alfred Lothar Wegener tarafından ortaya konulan Levha Tektoniği Teorisi (LTT) ile açıklanır. Wegener'ın kuramı, Pangaea adı verilen tek bir kıtanın çeşitli kuvvetlerin etkisinde parçalanarak diğer kıtaların meydana geldiğini savunmaktadır. Wegener bu sonuca dünya haritasında yer alan kıtaların bir yapboz oluşturduklarını fark ederek varmıştır.

LTT'ne göre yeryüzünün manto ve kabuk kısmını oluşturan Litosfer kırıklı ve parçalı bir yapıya sahiptir. Parçaların her birine levha, levhaların sınırlarını oluşturan kırıklara da fay denilir. Levhalar daima, bir birlerine göre milimetreyle ifade edilebilecek küçük hızlarda, hareket halindedirler ve bu hareketler faylarda depremlerin olmasını sağlamaktadırlar.

Bilindiği üzere Türkiye Avrasya plakası ile ona itirme kuvveti uygulayan Arap ve Afrika plakalarının temas ettiği bölgede yer almaktadır. Başka bir deyişle dünyanın ana fay hatlarının birinin üzerindedir. Bu durum mal ve can kayıplarına sebep olan büyük depremlerin geçmişten günümüze olduğu ve olmaya devam edeceği anlamına gelmektedir. Bu çalışmaya konu olan Gediz fayının da geçmişte ürettiği büyük depremlerle mal ve can kayıplarına sebep olduğu bilinmektedir. Özellikle 28 Mart 1970 Gediz depremi bu fayda meydana gelen en son ve en büyük depremdir. Fay bu depremden sonra suskun kalmıştır. Bu fayda tutulan deprem kayıtlara göre fayın en uzun sessiz kaldığı süre 48 yıldır. Dolayısıyla son büyük depremden buyana 48 yıl geçmiştir.

Bu çalışma Gediz fayına kurulan GNSS ağını ve 2016-2018 yılları arasındaki GNSS ölçülerini anlatmaktadır. Yapılan 3 Kampanya GNSS ölçüsü GAMIT GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiş, bölgenin hız alanı belirlenmiştir.

2. Tektonik Hareketlerin Belirlenmesinde GNSS Kullanımı

Deformasyon analizi Harita Mühendisliği' nin önemli konularından biridir. Büyük mühendislik yapılarının (baraj, viyadük, gökdelen vb.) belirli dönem içerisindeki hareketlerinin izlenmesi ile yapıdaki deformasyonların belirlenmesi amacıyla değişik çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle GNSS teknolojisinde gelişmelerle birlikte bu deformasyonların izlenmesi daha da kolay bir hal almıştır. GNSS teknolojisi ile genel olarak yüksek doğrulukta koordinatlar elde edilmektedir. Bu koordinatların zamansal değişimlerinin izlenmesi ile elde edilen koordinat farklarının deformasyon olarak yorumlanmasının yanında bu değişimlere yol açan kuvvetler de incelenmektedir. Son yıllarda tektonik hareketlerin izlenmesinde GNSS ölçmelerinden elde edilen verilerin kullanımı popüler hale gelmiştir (McClusky *et al.* 2000, Reilinger *et al.* 2006, Tiryakioğlu *et al.* 2013, 2017). Tektonik hareketlerin belirlenmesinde kullanılan en önemli GNSS çıktısı hız verisidir. Bu hızlar çeşitli dönemlerde elde edilen koordinatlar arasındaki farklardan çeşitli matematiksel modellerle (Kalman Filtreleme vb.) elde edilirler. Günümüzde fayın geometrik yapısına göre kurulan bir jeodezik ağda farklı dönemlerde yapılacak olan GNSS ölçüleri ile faya ilişkin (fay kayma hızı vb.) güncel bilgilere ulaşmak mümkündür. Fayın İnter-Sismik, Pre-Sismik, Ko-Sismik ve Post-Sismik dönemlerinin her birinde GNSS verilerinin kullanılabilirliği birçok çalışmada gösterilmiştir (Brendan *et al.* 2016, Oktar and Erdoğan, 2018, Tiryakioğlu *et al.* 2017).

İnter sismik ve pre sismik dönemlerde GNSS hızları ile üst kabukta ortaya çıkan yamulmalar (yamulma-strain), yani yeryüzünde meydana gelen geometrik değişimler elde edilebilmektedir. Bu yamulmalardan yola çıkarak cisimdeki değişimlere neden olan kuvvet alanları kestirilmektedir. Yamulma analizlerinde çalışma bölgesi üzerinde

GNSS hızları belirli noktalar seçilerek, bölgenin karakteristik hareketleri bu noktalara bağlı olarak ortaya konmaktadır. Bu nedenle yamulma analizi datum tanımından bağımsızdır. Koordinat farklarının analiz edildiği sistemlerde ortaya çıkabilecek datum bağımlılığı probleminden de kurtulmak için, datumdan bağımsız olan ve fiziksel özellikleri de yansıtan yamulma analizi deformasyonlarının belirlenmesinde kullanılmaktadır (Baysal *et al.* 2010).

3. Elastik Atım Teorisi

Depremlerin nasıl meydana geldiğini açıklamada kullanılan “Elastik Atım Teorisi ya da diğer adıyla Elastik Geri Sekme Kuramı (Elastic Rebound)” ilk kez 1910 yılında bilim adamı H.F. Reid tarafından ortaya atılmıştır. Reid’ in teorisine göre fay boyunca hareketli olan bloklar herhangi bir bölgede birbirlerinin hareketlerini engellediklerinde bu bölgede enerji birikmeye başlar. Bu enerji iki bloktan birinin veya her ikisinin kırılmasına kadar veya aradaki durdurucu sürtünme etkisini ortadan kaldırıncaya kadar birikmeye devam eder. Kırılma veya kayma olayı meydana geldiğinde, kırılmanın olduğu derinliğe bağlı olarak, buradaki enerji potansiyel enerjiden kinetik enerjiye dönüşür ve blok ya da bloklar zaman içinde almaları gereken yolu çok kısa bir süre içinde alır. Bu olay da depremi meydana getirir. Hareket miktarı krip hareketinin olmadığı bir ortamda kitlenme bölgesine yaklaştıkça artar uzaklaştıkça azalır. Yani faya yakın bölgelerde deprem daha yıkıcı etki yapar (Reid 1910).

Reid bu teoriyi 1906 San Francisco depreminin öncesinde başlayıp sonrasına kadar devam ettirdiği çalışmalarının sonucunda ortaya koymuştur. Reid deprem öncesinden başlayarak belirli zaman aralıklarıyla bölgedeki nirengi ağlarında açı ve doğrultu okumaları yapmış ve sonra elde ettiği sonuçları birbirleriyle karşılaştırmıştır. Reid bu çalışmalarının sonucunda deprem öncesinde ve sonrasında meydana gelen blok hareketlerinin farklı olduğunu ortaya koymuştur. Reid’ e göre deprem 4 aşamadan oluşur.

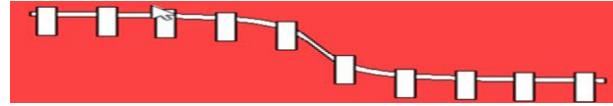
- I. İnter-Sismik Dönemi
- II. Pre-Sismik Dönemi

- III. Ko-Sismik Dönemi
- IV. Post-Sismik Dönemi

İnter-Sismik dönemde şekil 1 de görüldüğü gibi fay üzerinde herhangi bir hareket gözlenmez. Fakat kitlenmenin olduğu bölgede potansiyel enerji birikimi meydana gelir. Yani gerilim artar. Pre-Sismik dönemde şekil 2 de görüldüğü gibi biriken potansiyel enerji blok ya da bloklarda ya kırılma ya da kayma başlatacak kritik seviyeye gelir.

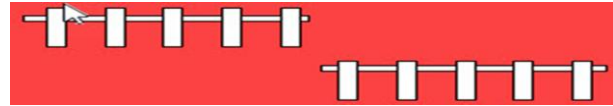


Şekil 1. İnter-Sismik Dönem



Şekil 2. Pre-Sismik Dönem

Ko-Sismik dönemde şekil 3 de görüldüğü gibi potansiyel enerji kinetik enerjiye döner. Yani bloklarda kaymanın ya da kırılmanın meydana geldiği zaman dilimidir. Başka bir deyişle depremin meydana geldiği kısa dönemdir.



Şekil 3. Ko-Sismik Dönem

Post-sismik dönemde deprem sonrası dönemdir. Bu dönemde fay ya İnter-Sismik döneme girmeye başlar ya da bloklarda deprem oluşturacak durum ortadan kalkar. Yani ya deprem döngüsüne tekrar girilir ya da deprem döngüsü son bulur (Aktuğ ve Kılıçoğlu. 2006).

Elastik atım teorisi sayısal olarak basitçe aşağıdaki formül ile ifade edilir (Savage *et al.* 1973, Okada 1985, Shen *et al.* 1996).

$$V(x,t) = \frac{V}{\pi} \tan^{-1} \left(\frac{x}{D} \right) \quad (1)$$

Yukarıdaki formülde;

V: Levhaların fayın kilitli olduğu derinlik altında göreceli hareket hızı

X: Fay sınırına göre noktaların dik uzaklıkları

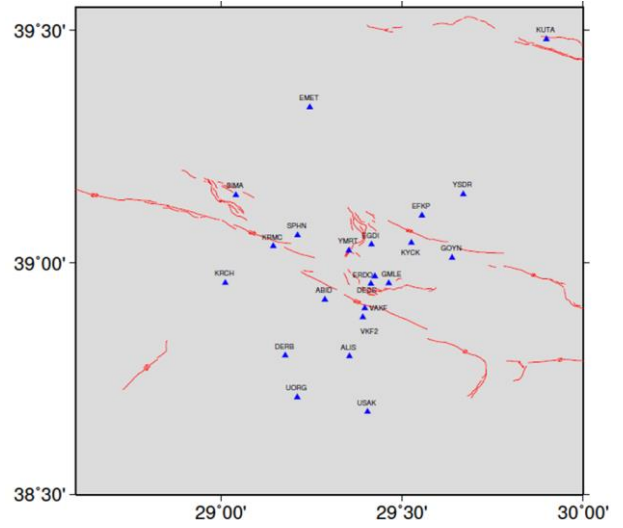
D: Sismojenik tabaka kalınlığıdır (Okada 1985, Poyraz *et al.* 2011)

Günümüzde depremlerin yer kabuğu üzerinde iki tip deformasyona sebep oldukları bilinmektedir. Bunlardan biri kalıcı (statik) tipte diğeri ise geçici (dinamik) tipte deformasyonlardır (Çakmak 2001). Reid bu kalıcı deformasyonları gözlemek için jeodezik ağılardan faydalanılabileceğini de elastik atım teorisiyle beraber ortaya koymuştur. Yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesinde jeodezik ağların kullanımı geçmişten günümüze güvenilir bir yöntem olarak varlığını korumaktadır.

4. Çalışma Bölgesinde Kurulan Tektonik Ağ ve Ölçüleri

Çalışma bölgesinin 2016 yılında istikşafı yapılmıştır. İstikşaf Maden Teknik Arama Kurumu'nun diri fay haritası temel alınarak yapılmıştır. MTA tarafından hazırlanan aktif fay haritası ve diğer jeolojik çalışmalarda bölgede sağ yönlü doğrultu atımlı fayların baskın olduğu görülmektedir (Emre *et al.* 2011, Gürboğa 2011, Gürboğa *et al.* 2013). Bu bilgiler ışığında fayı kuzey–güney doğrultusunda dik ve doğu–batı doğrultusunda paralel takip edebilen 22 noktalı bir GNSS ağı tasarlanmıştır. GNSS ağı 2016 yılından başlanarak 3 ölçü kampanyası ile 2 periyot halinde 2018 yılına kadar ölçülmüştür. Tüm GNSS ölçüleri, en az 8 saatlik eş zamanlı olarak 2 gün ölçülmüştür. Son kampanya ölçüsü 2018 yılında yapılmıştır. Ölçülen tektonik ağ şekil 4 de verilmiştir (Dönmez 2018).

Çalışma yapılırken tektonik ağda bulunan bazı noktaların eski yıllara ait GNSS ölçüleri de elde edilmiştir. Çizelge 1 de ölçü noktaları ve ölçü yılları verilmiştir.



Şekil 4. Çalışma için kurulan tektonik GNSS ağı.

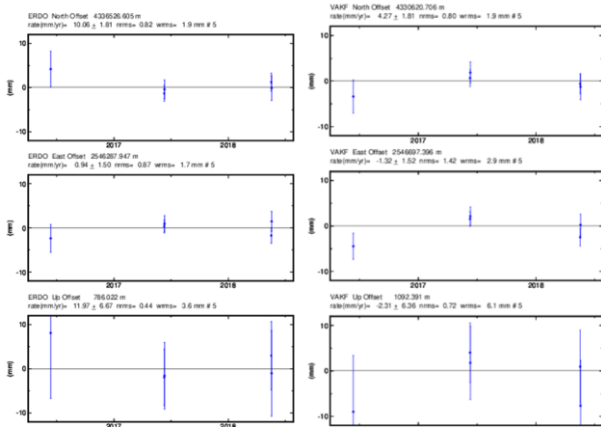
Çizelge 1. Kurulan tektonik ağa ait noktaların ölçüm yılları.

SIRA NO	NOKTA ADI	İLÇE	Eski	2016	2017	2018
1	ABID	Abide	X	X	X	
2	ALIS	Alişanlar	X		X	
3	DEDE	Dede		X	X	X
4	DERB	Derbent	X		X	
5	EFKP	Efendi Köprüsü	X		X	
6	EGDZ	Eski Gediz	X	X	X	
7	EMET	Emet	X	X		
8	ERDO	Erdoğmuş		X	X	X
9	GMLE	Gümele	X	X		
10	GOYN	Göynük	X		X	
11	KRCH	Karacahisar		X	X	X
12	KRMC	Karamanca		X	X	X
13	KUTA	CORS TR	X	X	X	X
14	KYCK	Kayacık		X	X	X
15	SIMA	Simav	X	X		X
16	SPHN	Şaphane		X	X	X
17	UORG	Uşak Org.San.	X		X	
18	USAK	CORS TR	X	X	X	X
19	VAKF	Vakıf		X	X	X
20	VKF2	Vakıf2	X	X		
21	YMRT	Yumrutaş		X	X	X
22	YSDR	Yeşildere	X		X	

5. Bulgular

Bu alışmada Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) tarafından geliştirilip, açık kodlu olarak yazılmış GAMIT/GLOBK programları kullanılmıştır. GAMIT yer istasyonlarının yaklaşık  boyutlu koordinatlarını, uydu y6r6ngelerini, atmosferik zenit gecikmelerini, yer y6nelim parametrelerini bulmak için faz verilerini işleyen bir programlar topluluğudur. GLOBK ise ana amacı GPS, VLBI ve SLR 6lmeleri gibi çeşitli jeodezik 6z6mleri birleştiren bir Kalman filtresidir (İnt.Kyn.1).

Bu alışmada GLOBK programı plaka hareketlerinin modellenmesinde ve nokta konum değişikliklerine bağlı zaman serilerinin 6retilmesinde kullanılmıştır. GLOBK programında tektonik hareketlerin g6zlemlenmesini sağlayacak uzun d6nem zaman serilerine (Yıllık Tekrarlılık) ihtiyaç vardır. 6l6m ağına ait noktaların uzun d6nem zaman serilerine ait grafikler GLOBK programında 6retilerek noktalar tektonik açıdan değerlendirilmiştir.



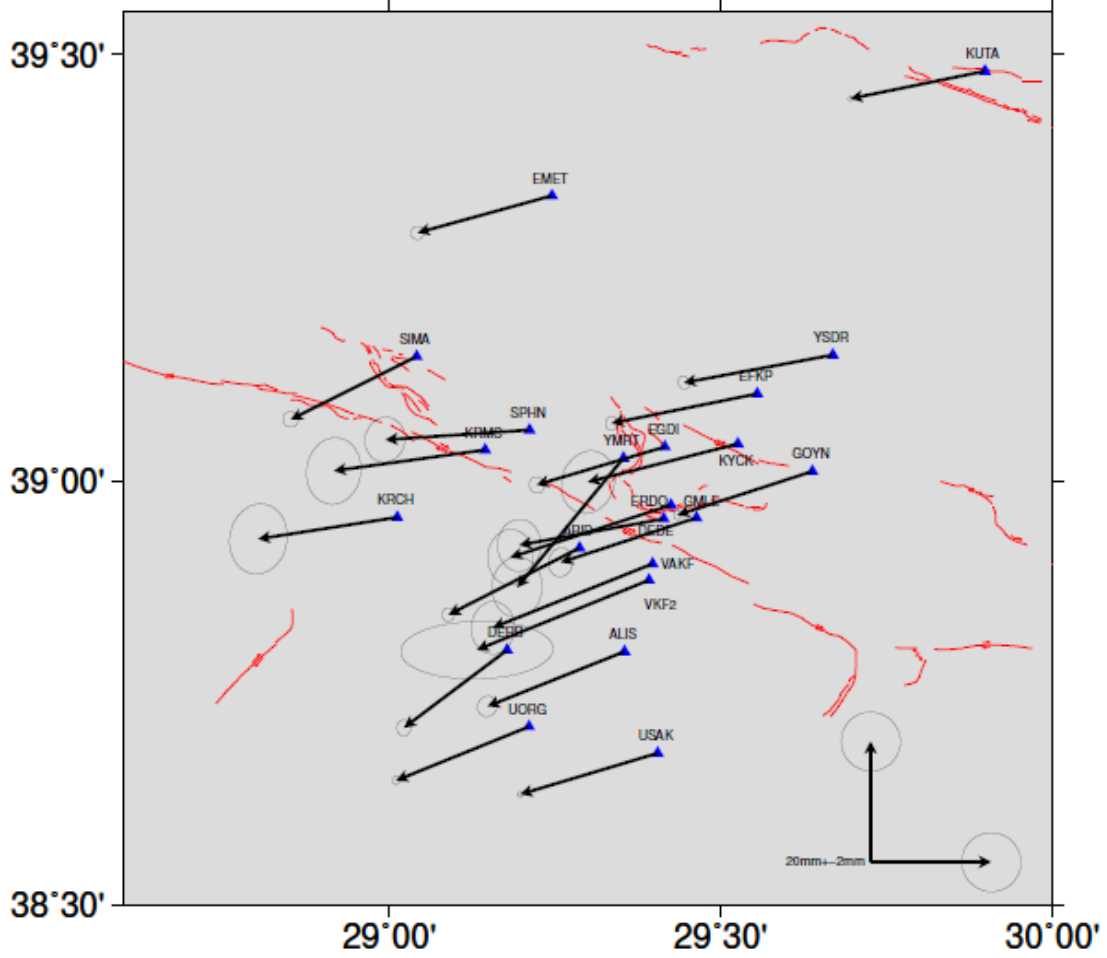
şekil 5. Çalışmada kullanılan tektonik ağa ait iki noktanın tekrarlılık grafikleri (ERDO ve VAKF).

Bilindiği gibi yery6z6 birbiriine g6re daima hareket halinde olan plaklardan meydana gelmiştir. Bu sebeple plaka hareketlerinin doğru bir şekilde belirlenip değerlendirilebilmesi için bir stabilizasyon çalışması yapılması gerekir. Yani belirlenen bir plaka sabit olarak alınıp diğer plakaların hareketleri buna g6re belirlenmelidir. Bu çalışmada stabilizasyon işlemi GLOBK programı kullanılarak yapılmıştır. Stabilizasyon işleminde çizelgede verilen 26 adet IGS istasyonu kullanılmıştır.

Çizelge 2. GLOBK programında stabilizasyon için kullanılan IGS istasyonları.

Nokta Adı	6lke	Nokta Adı	6lke
ADIS	Ethiopia	LAUG	L6bnan
ANKR	T6rkiye	MATE	İtalya
BAKU	Azerbaycan	NICO	Kıbrıs
BOR1	Polonya	NOT1	İtalya
BUCU	Romanya	ONSA	İsveç
CRAO	Ukrayna	POLV	Ukrayna
DRAG	İsrail	POTS	Almanya
GLSV	Ukrayna	RAMO	İsrail
GRAS	Fransa	SOFI	Bulgaristan
GRAZ	Avusturya	TEHN	İran
ISTA	T6rkiye	TELA	İsrail
KOSG	Hollanda	VILL	İspanya
KUWT	Kuveyt	ZECK	Rusya

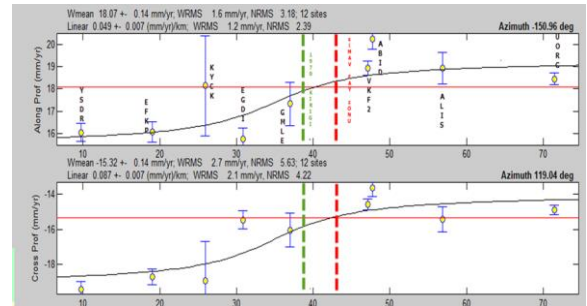
GLOBK stabilizasyon sonrası hesaplanan hız değerlerinin post RMS değerleri 1 mm/yıl altında, Avrasya plakası için 0.50 mm/yıl olarak elde edilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucu Avrasya sabit olarak elde edilen hızlar g6ven elipsleri ile birlikte şekil 6 da verilmiştir.



Şekil 6. Avrasya plakası sabit olarak elde edilen hızlar.

Şekil 6 incelendiğinde SPHN, KRCH, KRMC, KYCK, ERDO noktalarının hata elipslerinin (1-2 mm) daha büyük olduğu görülmektedir. Bunun sebebi olarak, bu noktalarda sadece 2 periyot, 3 kampanya (2016-2017-2018) ölçü yapılmasıdır. Gelecek yıllarda yapılacak ölçülerle hataların küçüleceği düşünülmektedir. Şekil 6 incelendiğinde YMRT ve DEDE noktalarının bölge ile uyumlu hareket etmediği görülmüştür. Bu noktaların yıllık zaman serileri incelendiğinde 2016 yılında merkezlendirme hatasının yapıldığı görülmektedir. SIMA noktası incelendiğinde yine bölge ile uyumsuz olarak hareket ettiği görülmüştür. Bunun nedeninin SIMA istasyonunun ilk ölçüsün 2011 depreminden önce olması ve bu noktanın depremden etkilenmiş olacağı düşüncesidir. Yukarıdaki yazılan nedenlerden dolayı bu noktalar çalışmanın diğer bölümlerinde kullanılmamıştır.

Bu çalışmada Gediz fayı Maden Teknik Arama Kurumu diri fay haritasına göre sağ doğrultu atımlı fay olarak görüldüğünden bu fayda elastik atım teorisi uygulanmıştır (Reid 1910). Çalışmada elastik atım profili açık kaynak kodlu Velview programı kullanılarak çizilmiştir. Çizilen profil şekilde verilmiştir.



Şekil 7. Gediz fayının çalışmadan elde edilen verilerle çizdirilen elastik atım profili.

6. Tartışma ve Sonuç

Çalışma alanındaki hız ve yamulma alanını belirlemek için geçmiş yıllarda yapılan çalışmaların noktalarını da kapsayan 20 noktalı bir GNSS ağı kurulmuştur. 2016-2018 yıllar arasındaki GNSS ölçüleri yapılmıştır. Ölçüler GAMIT/GLOBK yazılım takımıyla değerlendirilmiştir.

Faylara dik olarak çizilen profillerde elastik atım teorisi uygulanmıştır. Şekil 7 incelendiğinde MTA fay harita üzerinde gösterilen 1970 Gediz depremi yüzey kırığı ile Simav fay zonu olarak gösterilen sağ yanal atımlı fayın üzerinde yaklaşık 4 mm'lik bir birikim olduğu görülmektedir (Dönmez 2018). Profiller incelendiğinde hem fay boyunca hem de faya dik bir birikimin olması bölgede yanal atımlı fayların dışında normal faylarında olduğu karmaşık bir yapı görülmektedir.

Genel olarak bölgede en büyük yamulmaların Erdoğan-Yenigediz grabeni boyunca olduğu görülmektedir. 1970 Büyük Gediz depremi olarak bilinen depremden günümüze kadar fayda herhangi bir deprem meydana gelmemiştir (48 yıl geçmesine rağmen fayın suskunluğunu koruması). Bölgede yamulmaların maksimum olması, bölgedeki 50 yıllık birikim miktarı göz önüne alındığında (Wells and Coppersmith 1994), bölgede 6.0-6.5 büyüklüğünde deprem olma potansiyelinin büyük olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışma 115Y246 Nolu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

7. Kaynaklar

Baysal, D., Aktuğ, B., Koçyiğit, A. (2010). GPS Nokta Koordinatlarındaki Zamana Bağlı Değişimlerin Analizi ve Yorumu: İzmir Bölgesinde Uygulama, *Harita Dergisi Temmuz*, **144**.

Brendan W. Crowell, David A. Schmidt, Paul Bodin, John E. Vidale, Joan Gomberg, J. Renate Hartog, Victor C. Kress, Timothy I. Melbourne, Marcelo Santillan, Sarah E. Minson, and Dylan G. Jamison (2016). Demonstration of the Cascadia G-FAST Geodetic Earthquake Early Warning System for the Nisqually,

Washington, Earthquake, *Seismological Research Letters*, **87:4**, doi: 10.1785/0220150255.

Çakmak, R., (2001). Marmara Bölgesi'nde Kabuk Deformasyonlarının GPS Yardımıyla İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.89.

Dönmez, E., (2018). Gediz Fayı Yerkabuğu Hareketlerinin GNSS Gözlemleri ile İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, A.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.67.

Emre, Ö., et al., 2011. Active fault map of Turkey in 1:250000 scale: Afyon (NJ 36-5) sheet. Publication of Mineral Research and Explanation Direction of Turkey (MTA), Ankara, Turkey.

Gürboğa, Ş. (2011). Neo- And Seismo-Tectonic Characteristics Of The Yenigediz (Kütahya) Area, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi Ankara.306.

Gürboğa, Ş., Koçyiğit, A., and Ruffet, G. (2013) Episodic two-stage extensional evolutionary model for southwestern Anatolian graben-horst system: New field data from the Erdoğan-Yenigediz graben (Kütahya), *Journal of Geodynamics*, 10.1016/j.jog.2012.06.007, 65, (176-198), (2013).

McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M.N. ve Veis, G., (2000). Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics and Dynamics in The Eastern Mediterranean and Caucaus, *Journal of Geophysical Research*, **105**:5695-5719.

Okada, Y. (1985). Surface Deformation Due To Shear And Tensile Faults In A Half-Space, *Bulletin of the Seismological Society of America*, **75**: 4, 1135-1154.

Oktar, O. and Erdoğan, H. (2018). Research of behaviors of continuous GNSS station by signal analysis methods. *Earth Sciences, Research Journal*. **22**. 19-27. 10.15446/esrj.v22n1.62552.

- Poyraz, F., Tatar, O., Hastaoğlu, Ö., Türk, T., Gür soy, Ö., Ayazlı, E. (2011). Elastik Atım Teorisi: Kuzey Anadolu Fay Zonu Örneği , TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı.
- Reid, H. F. (1910). The mechanism of the earthquake: The California earthquake of April 8, 1906. *Report of the State Investigation Commission*, **2**, Washington.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R , Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrotsa, A., Filikov, S.V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R. ve Karam, G., (2006). GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia- Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, *Tectonics*, **111**:1-26.
- Shen Z.-K., Jackson D.D. and Ge X.B., (1996). Crustal deformation across and beyond the Los Angeles basin from geodetic measurements. *J. Geophys. Res.*, **101(B12)**;, 27957-27980.
- Tiryakioğlu, I., Yavaşoğlu, H., Uğur, M.A., Özkaymak, Ç., Yılmaz, M., Kocaoğlu, H., Turgut, B. (2017). 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, 2017.
- Tiryakioğlu, İ., Floyd, M., Erdoğan, S., Gülal, E., Ergintav, S., McClusky, S., Reilinger, R. (2013). GPS Constraints on Active Deformation in the Isparta Angle Region of SW Turkey. *Geophys. J. Int.*, **195**: 1455–1463.
- Wells, D. L., and Coppersmith, K. J. (1994). New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bull. Seismol. Soc. Amer.* , **84(4)**, 974-1002

İnternet kaynakları

1-<http://www-gpsg.mit.edu/~simon/gtgk/>, (01.05.2018)