

KUZEY ANADOLU FAY ZONU BATI KESİMİNDE BULUNAN MİKRO-JEODEZİK AĞLARDA GÜNCEL DEFORMASYON ALANI

Haluk Özener

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü, Jeodezi Anabilim Dalı, Çengelköy, İstanbul, ozener@boun.edu.tr

ÖZET

Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Jeodezi Anabilim Dalı, 1990 yılından başlayarak Kuzey Anadolu Fay Zonunun batı kesiminde kabuk deformasyonunu izleme amaçlı jeodezik çalışmalar yapmaktadır. Bu amaçla kurulan İznik, Sapanca ve Akyazı mikro-jeodezik ağları toplam 27 noktadan oluşmaktadır. 1994 yılından bu yana gerçekleştirilen tekrarlı GPS ölçmeleriyle deformasyona ilişkin ipuçları elde edilmeye çalışılmaktadır.

Fayın İznik-Mekece güney kolunda elde edilen bağıl hızların kuzey kola göre çok küçük olduğu görülmektedir. İznit-Sapanca kuzey kolunda günümüze kadar büyük depremler görülmüş olmakla birlikte, güney kol sismik boşluk olarak değerlendirilmektedir. Bu bildiride, gerçekleştirilen ve sürdürülmekte olan çalışmalar ile bunlardan elde edilen sonuçlara yer verilmektedir.

Anahtar Sözcükler: Kabuk Deformasyonu, Kuzey Anadolu Fayı, GPS Ölçmeleri, Deprem, Sismik Boşluk.

ABSTRACT

PRESENT-DAY CRUSTAL DEFORMATION IN THE WESTERN PART OF THE NORTH ANATOLIAN FAULT ZONE

Geodesy Department of Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Boğaziçi University, has been monitoring of the crustal movements on the western part of NAFZ by geodetic observations since 1990. Three microgeodetic networks with 27 points were established at İznik, Sapanca, Akyazı region. With repeated GPS observations since 1994, we tried to get the clues of the deformation in the region.

Results showed that relative velocity is smaller in the İznik-Mekece branch. Despite the great earthquakes had seen in the İznit-Sapanca branch, south branch was considered to be seismic gap. In this article, fulfilled and ongoing projects and results are discussed.

Keywords: Crustal Deformation, North Anatolian Fault Zone, GPS Observations, Earthquake, Seismic Gap.

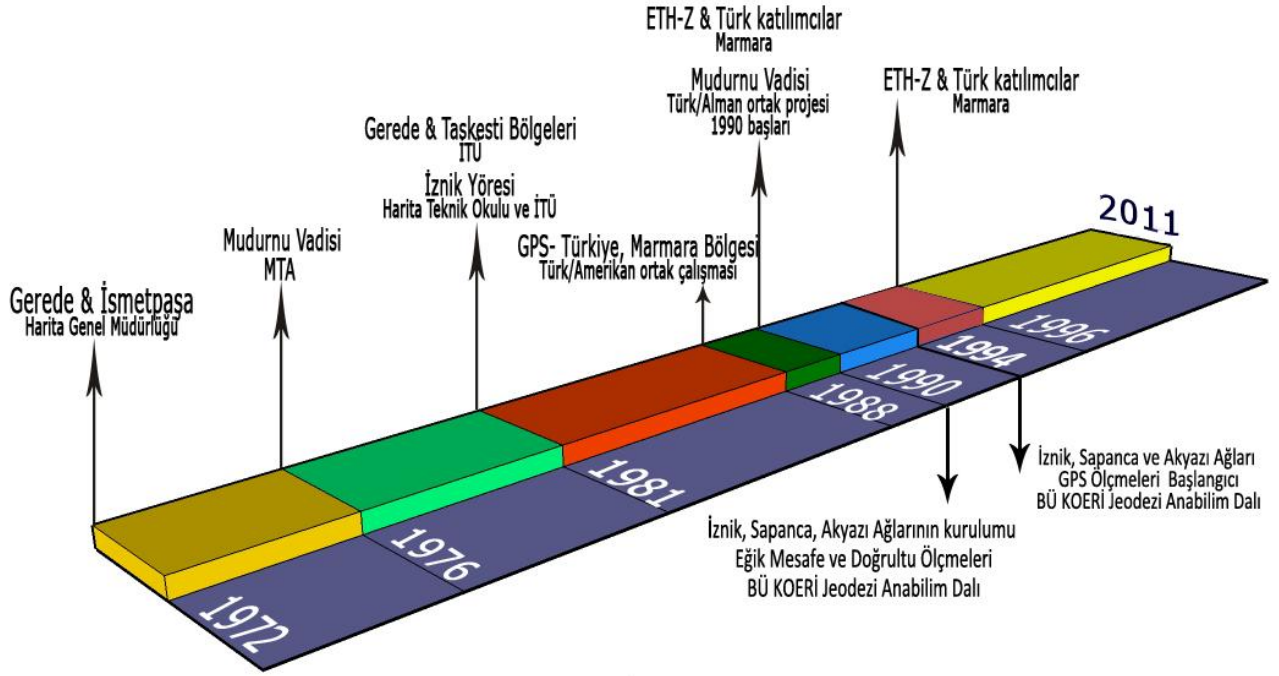
1. KUZEY ANADOLU FAY ZONU BATI KESİMİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Afrika ve Arap levhalarının Avrasya levhası ile çarpışması, Türkiye ve çevresinin tektoniğinin oluşumunda önemli bir role sahiptir. Bu çarpışma, Anadolu levhasının Kuzey Anadolu Fayı boyunca batıya doğru hareketine yol açmakta ve söz konusu bölgelerdeki yoğun depremselliğin oluşumunda büyük rol oynamaktadır.

Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde jeodezik yöntemler kullanılarak kabuk deformasyonlarını belirleme çalışmalarının başlangıcı 1970'li yıllara dayanmaktadır. Bu yıllardaki jeodezik çalışmalar, yersel yöntemler ile açı ve uzunluk ölçmeleri yapılarak gerçekleştirilmekteydi. Günümüzde, uydu teknolojilerindeki gelişmeler ile GPS (Global Positioning System), yerbilimleri ile ilgili araştırma çalışmalarında vazgeçilmez bir teknik durumuna gelmiştir (Şekil 1).

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Jeodezi Anabilim Dalı, 1989 yılından itibaren KAFZ'nin batı kesiminde deformasyon amaçlı araştırma çalışmalarına başlamış ve sırasıyla, İznik, Sapanca ve Akyazı mikro-jeodezik ağlarını kurmuştur. Toplam 27 noktadan oluşan bu ağlarda kesintisiz olarak kampanya bazlı ölçmeler yapılmaktadır. 1994 yılına kadar sadece yersel yöntemlerle çalışılmış, ardından GPS alıcıları kullanılarak uydu teknikleriyle gözlemler yapılmaya başlanmıştır (Şekil 2). Kurulan bu ağlarda yapılan gözlemler neticesinde 17 Ağustos ve 12 Kasım depremleri öncesi, sırası ve sonrasında meydana gelen yer değiştirmelerin büyüklüğü tespit edilebilmiştir.

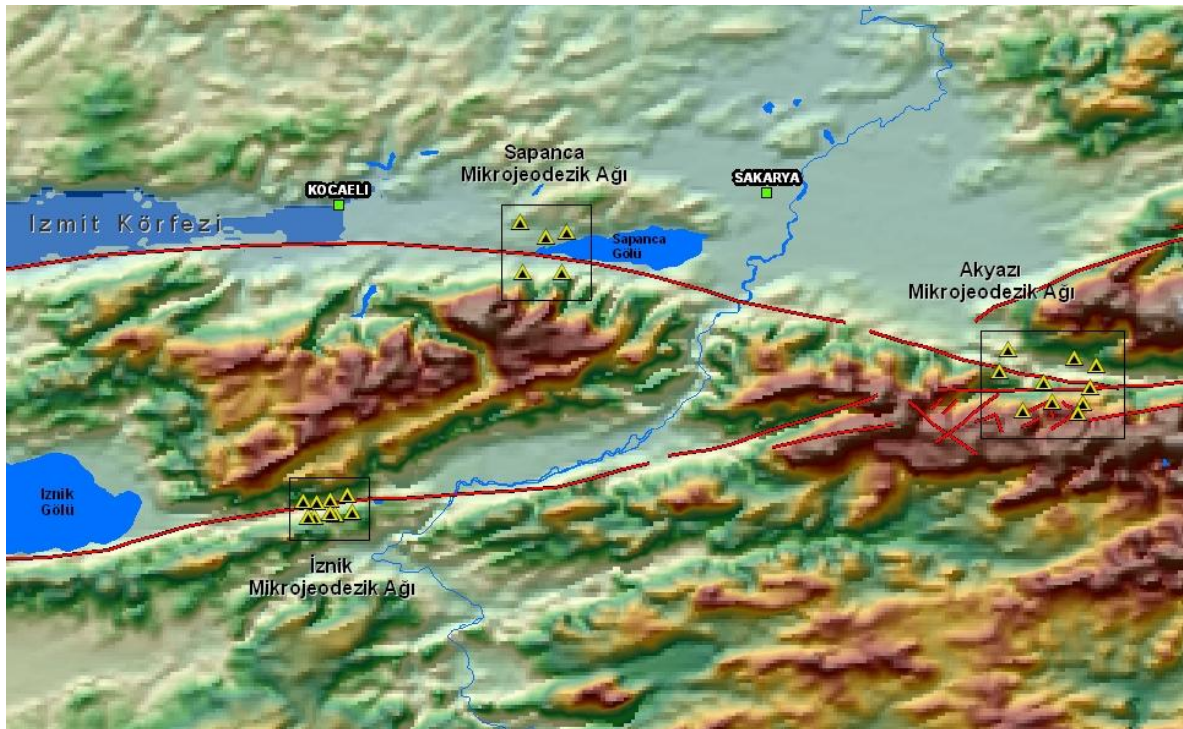
Bu çalışmada, Avrasya ve Anadolu tektonik levha sınırını oluşturan KAFZ'nin batı kesiminde 1990'lı yılların başında, İznik/Sapanca/Akyazı bölgelerinde kurulmuş olan mikro-jeodezik ağlarda gerçekleştirilen tekrarlı GPS ölçmelerinden yararlanılarak yatay yerkabuğu hareketlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Jeodezik ağlar kullanılarak kabuk deformasyonu belirleme çalışmalarında, yeryüzündeki noktaların belirli epoklar için konumları belirlenmekte ve bunlar karşılaştırılarak deformasyonun ipuçları yakalanmaya çalışılmaktadır.



Şekil 1: KAFZ üzerinde 1972'den beri gerçekleştirilen önemli jeodezik çalışmalar

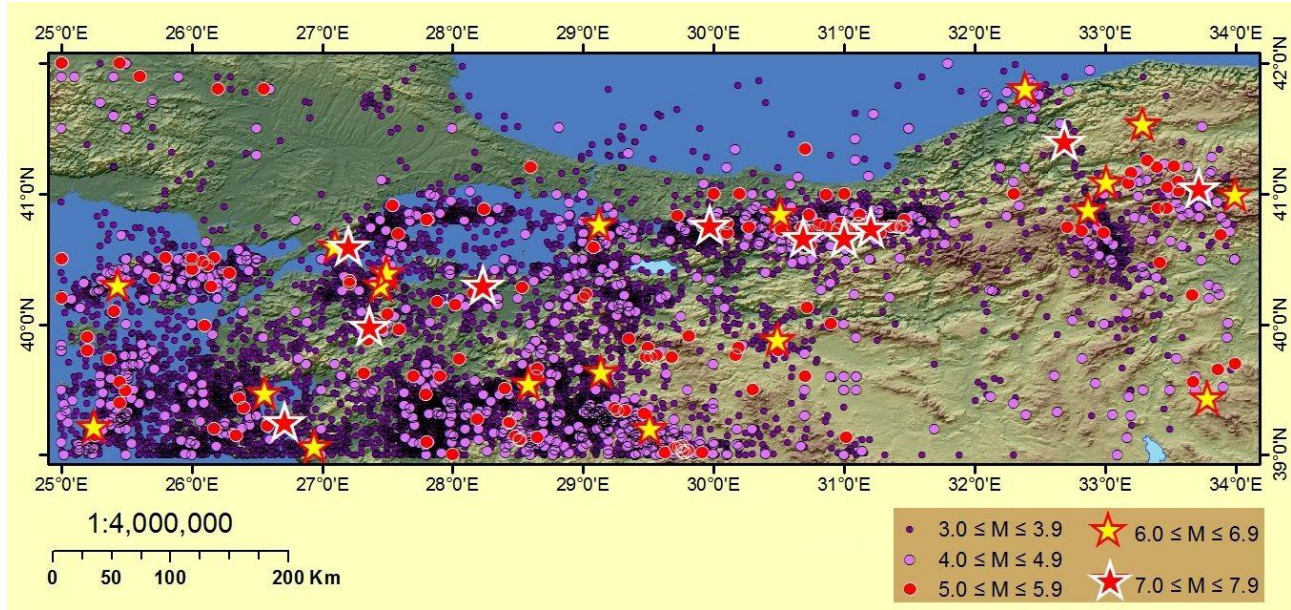
2. BÖLGENİN TEKTONİK YAPISI VE DEPREMSELLİĞİ

KAFZ, sismik potansiyelinin belirlenmesi amacıyla pek çok çalışmaya konu olmuştur (Akay ve Özener, 2009; Ambraseys ve Finkel, 1991; Stein vd., 1997; Barka ve Reilinger, 1997; Reilinger vd., 2000; Ayhan vd., 2002; Ergintav vd., 2002; Meade vd., 2002; Reilinger vd., 2006; Ergintav vd., 2007). KAFZ, Marmara'nın doğusunda Akyazı çatalanmasından sonra İzmit-Sapanca ve İznik-Mekece Faylarını oluşturur. İzmit-Sapanca ve İznik-Mekece Fayları sağ yanal atımlı faylardır.



Şekil 2: Mikro-jeodezik ağların yerleri ve geometrisi

KAFZ'nin batı kesiminde oluşan depremlerin, Doğu Marmara Depremi'ne neden olan kuzey kolu üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir (Şekil 3). Bu durum, kuzey kolun güneydeki kola göre daha aktif olduğunun göstergesidir.



Şekil 3: KAFZ batı kesimi sismik hareketlilik (1900-2010)

3. ÇALIŞMA BÖLGESİNDE BAĞIL HIZLARIN HESAPLANMASI

İzmit, Sapanca ve Akyazı mikro-jeodezik ağı 1994 yılından bu yana GPS gözlemleriyle izlenmektedir. Bu çalışmada fayın İzmit-Sapanca kuzey kolu üzerinde bulunan Sapanca mikro-jeodezik ağı ile İzmit-Mekece güney kolu üzerinde bulunan İzmit mikro-jeodezik ağındaki 2004 yılından sonraki bağıl deformasyon incelenmiştir.

2004-2010 yılları arasında İzmit mikro-jeodezik ağında 7, 2005-2007 yılları arasında Sapanca mikro-jeodezik ağında 3, Akyazı mikro-jeodezik ağında 2005 yılında 1 GPS gözlem kampanyası gerçekleştirilmiştir (Tablo 1), gözlemler Trimble 4000SSE ve 4000SSi GPS alıcıları ve jeodezik antenler kullanılarak yapılmıştır. İzmit ve Sapanca mikro-jeodezik ağılarında yapılan GPS gözlemlerinden elde edilen veriler GAMIT (King and Bock, 2004) / GLOBK (Herring, 2004) yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir.

Tablo 1: İzmit, Sapanca, Akyazı mikro-jeodezik ağılarında GPS gözlem tekrarlılıkları

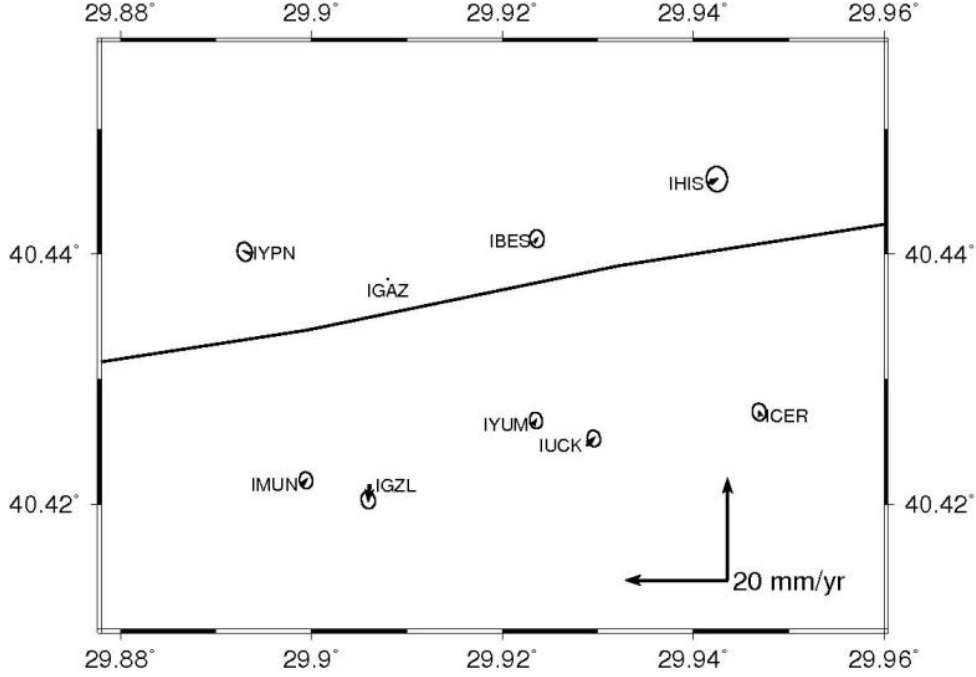
	Yıllar	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Mikro-jeodezik ağılar								
İzmit		X	X	X	X	X	X	X
Sapanca			X	X	X			
Akyazı			X					

Değerlendirme stratejisi aşağıda verilmiştir:

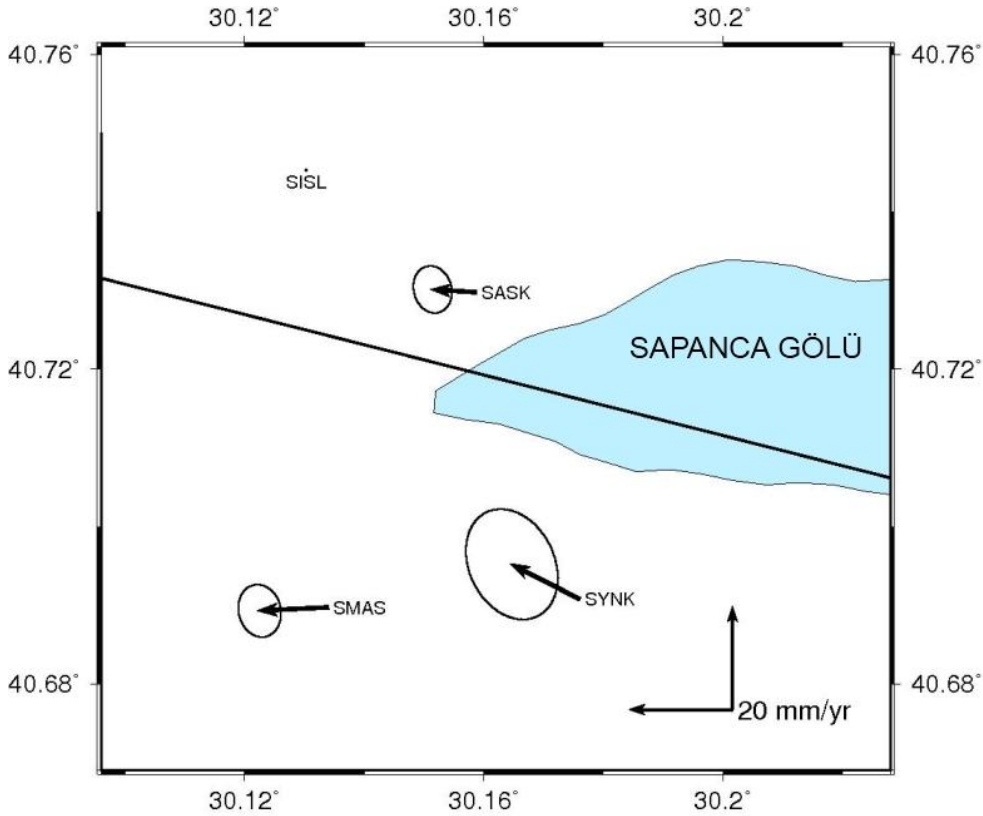
- Uluslararası GPS Servisi tarafından üretilen hassas yörünge bilgisi kullanılmıştır.
- Yer dönme parametreleri, USNO_bull_b değerlerinden alınarak kullanılmıştır.
- Değerlendirmeye IGS global izleme ağından 13 istasyon dahil edilmiştir.
- Referans sistemi tanımlamada ITRF2005 koordinat çözümü kullanılmıştır.
- Radyasyon- basınç etkileri için SOPAC tarafından da standart olarak kullanılan 9 parametrelili Berne modeli kullanılmıştır.
- Okyanus yüklemesi etkisi için Scherneck modeli ile çalışılmıştır.
- Zenith gecikme bilinmeyenleri, Saastamoinen öncül standart troposfer modeline dayalı olarak 2 saatlik aralıklarla hesaplanmıştır.
- Değerlendirmede, L1 ve L2 taşıyıcı dalga fazlarının iyonosferden bağımsız LC (L3) doğrusal kombinasyonu kullanılmıştır.

- Anten faz merkezleri için yüksekliğe bağlı model tercih edilmiştir.
- GAMIT çözümleri sonrasında elde edilen gevşek zorlamalı günlük çözümler kullanılmıştır.

Her iki ağda fayın kuzeyinde bulunan bir noktaya göre bağlı hızlar hesaplanmış, İznik mikro-jeodezik ağında İGAZ noktasına göre bulunan hız vektörleri ve hata elipsleri Şekil 4'de, Sapanca mikro-jeodezik ağında SISL noktasına göre bulunan hız vektörleri ve hata elipsleri Şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 4: İGAZ noktasına göre İznik mikro-jeodezik ağındaki bağlı hızlar (2004-2010)



Şekil 5: SISL noktasına göre Sapanca mikro-jeodezik ağındaki bağlı hızlar (2005-2007)

Hesaplamalar sonucu bulunan yıllık ortalama bağıl hız değerleri Tablo 2 ve Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2: IGAZ noktasına göre İznik mikro-jeodezik ağındaki bağıl hızlar

Site	Lon. (deg)	Lat. (deg)	E_{vel} (mm/yr)	N_{vel} (mm/yr)	E_{sig} (mm/yr)	N_{sig} (mm/yr)	RHO
IGAZ*	29.907	40.438	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
ICER	29.947	40.427	-0.17	0.68	0.55	0.68	-0.081
IHIS	29.941	40.445	1.44	0.75	0.82	0.99	-0.038
IUCK	29.928	40.424	1.29	1.36	0.51	0.64	-0.108
IBES	29.923	40.441	0.23	0.33	0.56	0.69	-0.059
IYUM	29.923	40.426	0.42	0.72	0.51	0.64	-0.105
IGZL	29.906	40.421	-0.28	-2.84	0.55	0.68	-0.114
IMUN	29.899	40.421	0.63	0.75	0.52	0.65	-0.091
IYPN	29.893	40.440	-0.54	0.24	0.59	0.74	-0.108

Tablo 3: SISL noktasına göre Sapanca mikro-jeodezik ağındaki bağıl hızlar

Site	Lon. (deg)	Lat. (deg)	E_{vel} (mm/yr)	N_{vel} (mm/yr)	E_{sig} (mm/yr)	N_{sig} (mm/yr)	RHO
SISL*	30.130	40.745	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
SYNK	30.175	40.690	-13.05	6.66	6.12	7.35	-0.242
SASK	30.158	40.729	-8.38	0.51	2.57	3.13	-0.122
SMAS	30.134	40.689	-13.26	-0.63	2.85	3.49	-0.105

4. SONUÇ

2004-2010 yılları arasındaki GPS gözlem kampanyalarının değerlendirilmesi sonucu, KAFZ’nin İznik-Mekece güney kolunda bağıl hızların çok küçük olduğunu görülmüştür. Yaklaşık 200 yıldır büyük deprem üretmeyen bu koldaki hareketin izlenmesinde fayda görülmektedir.

Büyük depremler üreten ve güney kola oranla daha aktif olan KAFZ’nin İzmit-Sapanca kuzey kolunda ise anlamlı bir bağıl hız bulunmuştur. SMAS noktası SISL noktasına göre yaklaşık 13mm./yıl hızla hareket etmektedir. Bu bulgunun KAFZ’nin bilinen davranışıyla uyumlu olduğu görülmektedir. SASK noktası fayın kuzeyinde olmasına rağmen faya çok yakındır. Bu nedenle SISL noktasına göre yaklaşık 8mm./yıl hızla hareket etmektedir. SYNK noktasının etrafındaki bitki örtüsü yıllar içinde büyümüş, alıcıya gelen uydu sinyallerini engelleyerek GPS gözlemleri için sorun oluşturmuştur. Bu olumsuzluk yüksek sigma değerleri ve büyük hata elipsi olarak çözümlere yansımıştır. Bu aşda GPS gözlem tekrarlılıklarının artırılarak sonuçların iyileştirilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

KAFZ’nin batı kesimindeki çalışmalar, BÜ Bilimsel Araştırma Projeleri ve Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü maddi destekleri ile gerçekleştirilmektedir. GPS verilerinin işlenmesinde, MIT, SIO ve Harvard Üniversitesi tarafından geliştirilen GAMIT/GLOBK yazılımları kullanılmıştır. Yazı içerisindeki harita ve şekiller ArcGIS ve GMT yazılımları kullanılarak oluşturulmuştur. Bildirinin hazırlanmasında emeği geçen Dr. Onur Yılmaz ve Har. Müh. Bülent Turgut’a, arazi çalışmalarına katkı veren tüm proje elemanlarına, öğrencilere ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Akay G., Özener, H., 2009. *Investigation of Long Period Crustal Deformation on the Inactive Branch of the North Anatolian Fault*, Natural Hazards and Earth System Sciences, 9 (3), pp. 663-671, 2009
- Ayhan M. E., Demir C., Lenk O., Kilicoglu A., Altiner Y., Barka A. A., Ergintav S., Ozener H., 2002. *Interseismic Strain Accumulation in the Marmara Sea Region*, B. Seismol. Soc. Am., sayı: 92, sayfa: 216.
- Ambraseys N. N., Finkel C. F., 1991. *Long-term Seismicity of Istanbul and of the Marmara Sea Region*, Terra Nova, sayı: 3, sayfa: 527.
- Barka A., Reilinger R., 1997. *Active Tectonics of the Eastern Mediterranean Region: Deduced from GPS, Neotectonic and Seismicity Data*, Ann. Geofis., sayı: XL, sayfa: 587.
- Ergintav S., Burgmann R., McClusky S., Cakmak R., Reilinger R. E., Lenk O., Barka A., Ozener H., 2002. *Postseismic Deformation near the Izmit Earthquake (17 August 1999, M 7.5) Rupture Zone*, B. Seismol. Soc. Am., sayı: 92, sayfa: 194.
- Ergintav S., Dogan U., Gerstenecker C., Cakmak R., Belgen A., Demirel H., Aydın C., Reilinger R., 2007. *A Snapshot (2003–2005) of the 3D Postseismic Deformation for the 1999, Mw = 7.4 Izmit Earthquake in the Marmara Region, Turkey, by First Results of Joint Gravity and GPS Monitoring*, J. Geodyn., sayı: 44, sayfa: 1.
- Herring, T.A., 2004. *GLOBK: Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, ABD.
- King, R. W. and Bock, Y., 2004. *Documentation of the MIT GPS Analysis Software: GAMIT*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, ABD.
- Meade B. J., Hager B. H., McClusky S. C., Reilinger R. E., Ergintav S., Lenk O., Barka A., Ozener H., 2002. *Estimates of Seismic Potential in the Marmara Sea Region from Block Models of Secular Deformation Constrained by Global Positioning System Measurements*, B. Seismol. Soc. Am., sayı: 92, sayfa: 208.
- Reilinger R. E., Ergintav S., Burgmann R., McClusky S., Lenk O., Barka A., Gurkan O., Hearn L., Feigl K. L., Cakmak R., Aktug B., Ozener H., Toksoz M. N., 2000. *Coseismic and Postseismic Fault Slip for the 17 August, 1999, M= 7.5, Izmit, Turkey Earthquake*, Science, sayı: 289, sayfa: 1519.
- Reilinger R., McClusky S., Vernant P., Lawrance 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., Karam G., 2006. *GPS Constraints on Continental Deformation in the Africa-Arabia-Eurasia Continental Collision Zone and Implications for the Dynamics of Plate Interactions*, J. Geophys. Res., sayı: 111, sayfa: B05411.
- Stein R. S., Barka A. A., Dieterich J. H., 1997. *Progressive Failure on the North Anatolian Fault since 1939 by Earthquake Stress Triggering*, Geophys. J. Int, sayı: 128, sayfa: 594.