Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi
Cilt: 7, No: 1, 2015 (17-28)

Electronic Journal of Map Technologies
Vol: 7, No: 1, 2015 (17-28)

TEKNOLOJİK ARAŞTIRMALAR

www.teknolojikarastirmalar.com
www.hartek.makalesistemi.com
e-ISSN: 1309-3983
doi: 10.15659/hartek.15.03.64

Makale
(Article)

Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar

Fatih POYRAZ[a], Orhan TATAR[b], Kemal Özgür HASTAOĞLU[a], İbrahim TİRYAKİOĞLU[c], Önder GÜRSOY[a], Fikret KOÇBULUT[b], Tarık TÜRK[a], Mehmet DEMİREL[b], Hüseyin DUMAN[a], Ahmet Faruk CİĞER[d], Didem GÜL[e]

[a] Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas/TÜRKİYE
[b] Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 58140 Sivas/TÜRKİYE
[c] Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 03200 Afyonkarahisar/TÜRKİYE
[d] Sivas İl Özel İdaresi Genel Sekreterliği, 58040 Sivas/TÜRKİYE
[e] Karayolları 16. Bölge Müdürlüğü, 58040 Sivas/TÜRKİYE
fpoyraz@cumhuriyet.edu.tr

Özet

Birçok uygarlığın üzerinde geliştiği Batı Anadolu, tarihsel dönemlerde de birçok yıkıcı depremlerin etkisinde kalmıştır. Çalışma bölgesini kapsayan alanda tarihsel dönemde oluşmuş 13 dolayında deprem bilinmektedir. Bu tarihsel depremlerin büyük bir çoğunluğu Gediz grabeni çevresinde yoğunlaşmaktadır. Gediz Grabenindeki tarihsel deprem aktivitesi incelendiğinde, Grabenin batı ucundaki bölgede MÖ. 17 ve M.S. 1592, 1850, 1862 yıllarında, Grabenin doğu ucundaki bölgede ise M.S. 60 ve 494 yıllarında şiddeti VIII'den büyük depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Ayrıca bu belirtilen tarihlerden sonra ise, Grabenin doğu ucunda M=6.5 büyüklüğündeki 28 Mart 1969 Alaşehir Depremi'nin olduğu bilinmektedir. Bu depremin grabenin güney ana sınır fayı boyunca oluştuğu kabul edilmektedir [1]. Deprem sırasında Gediz grabenin Alaşehir-Sarıgöl arasındaki kesiminde 36 km uzunluğunda oluşan yüzey kırığı ve bölgede, depremden sonra nasıl bir deformasyonun devam ettiği bilinmemektedir. DAP-Ç-13-07 ve TÜBİTAK 113Y526 numaralı projeler kapsamında yürütülen çalışmada, iki farklı uzaysal jeodezik teknoloji olan SAR (Yapay Açıklı Radar) interferometrisi ve GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) kullanılarak Alaşehir-Sarıgöl civarındaki güncel deformasyonların izlenmesi amaçlanmıştır. Her iki yöntem de yersel deformasyonların belirlenmesinde ve izlenmesinde gittikçe artan oranda yaygın olarak kullanılmaktadır. İki yöntem ile elde edilecek sonuçların birbirlerine göre üstünlükleri bulunmaktadır. GPS ile yapılan cm-altı duyarlıkta noktasal bazda ölçmeler, yersel deformasyonun yatay bileşenine duyarlıyken (düşey hata yatay hataların yaklaşık iki katıdır), InSAR ile yapılan cm-düzeyindeki alansal ölçümler düşey doğrultudaki yer değişimlerin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Bu çalışmada, her iki teknolojinin üstünlükleri birlikte kullanılarak, yersel uzun dönem deformasyonların belirlenmesine yönelik çalışmaların yapılması hedeflenmiştir.

Anahtar kelimeler: Deprem, GPS, PS-InSAR

Bu makaleye atıf yapmak için
Poyraz F., Tatar O.,Hastaoğlu K.Ö., vd. " Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar" Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2015, 7(1) 17-28, doi: 10.15659/hartek.15.03.64

How to cite this article
Poyraz F., Tatar O.,Hastaoğlu K.Ö.. et al.," Determination Of The Recent Tectonic Movements Using GPS And Insar Methods; The First Result From The Eastern Part Of The Gediz Graben", Electronic Journal of Map Technologies, 2015, 7 (1) 17-28, doi: 10.15659/hartek.15.03.64

Determination of the Recent Tectonic Movements Using GPS and Insar Methods; The First Results From the Eastern Part of the Gediz Graben

Abstract

The Western Anatolia where many civilizations were developed in has been affected by significant number of destructive earthquakes throughout history. The existence of about 13 earthquakes that occurred in the historical period in the zone encompassing the study area has been recorded. The majority of these historical earthquakes are concentrated around the Gediz Graben. When the historical earthquake activities of Gediz Graben is analyzed, the earthquakes with magnitude bigger than VII are recorded as follows; the ones located in the western end of the Graben occurred in the years of B.C. 17 and A.D. 1592, 1850, 1862 while the ones located in the eastern end of the Graben in the years of A.D. 60 and 494. In addition to the ones mentioned above, the Alasehir earthquake with the magnitude M=6.5 occurred on March 28, 1969 in the eastern end of the Graben. This earthquake is considered to be formed along the southern main boundary fault of the Graben [1]. Within the study, two different spatial geodetic technologies, SAR (Synthetic Aperture Radar) interferometry and GPS (Global Positioning System), will be used. Both methods are increasingly and widely used for determining and monitoring local deformations. The results that are obtained with the usage of both methods have significant advantages over each other. While the point based measurements on the cm-level with GPS are able to provide high precision for the horizontal component of terrestrial deformations (vertical error is about twice bigger than the horizontal errors), the spatial measurements on the cm-level with InSAR is effective to determine displacements in the vertical direction. In this study, it has been aimed to determine the spatial long-term deformations by using the superiorities of both technologies.

Keywords: Earthquake, GPS, PS-InSAR

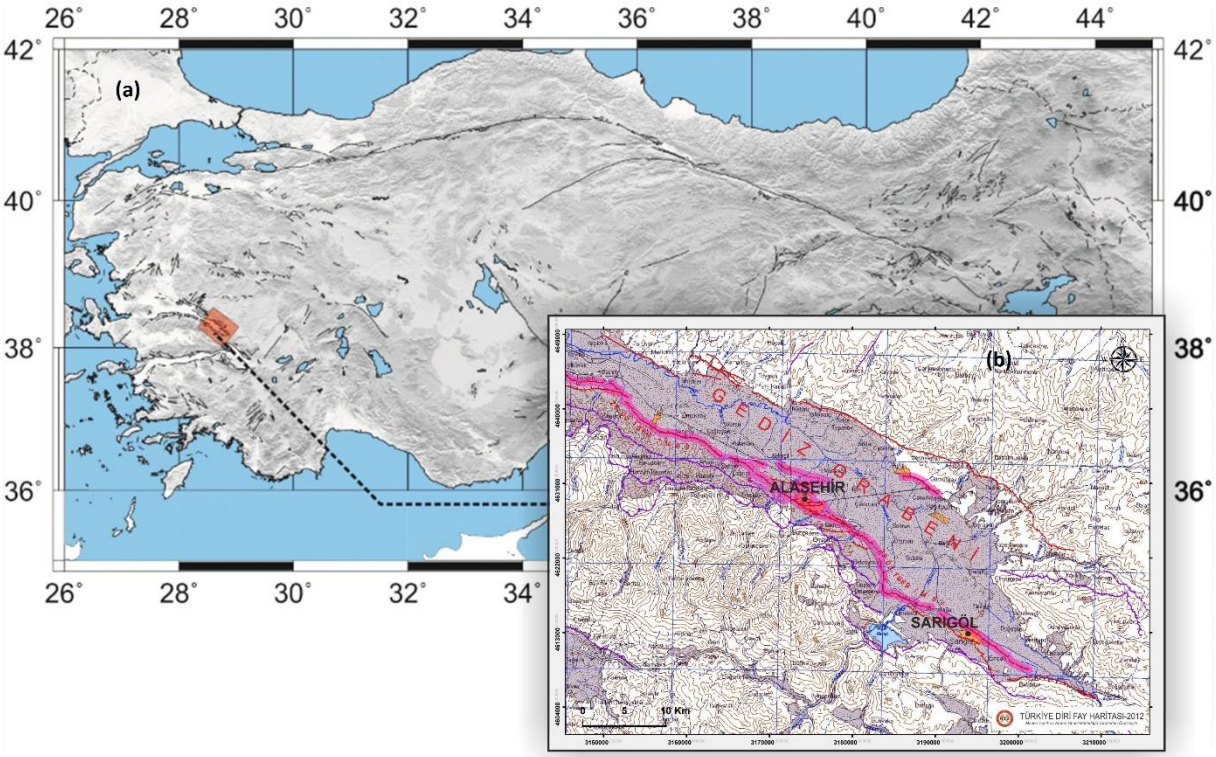
1.GİRİŞ

Ülkemiz sismik aktivite olarak dünyadaki en aktif bölgelerden birisidir. Bu nedenle Türkiye ve civarının aktif tektoniğinin iyi anlaşılması ve öğrenilmesi gerekmektedir. Deprem tehlikesini daha iyi değerlendirebilmek için oluşan her depremi detaylı bir şekilde inceleyerek bunların kaynak parametrelerini ortaya çıkarmak ve fayların davranışlarını hakkındaki bilgimizi arttırmamız gerekmektedir. Bu da faylar boyunca enerjinin nasıl biriktiği ve bu enerjinin depremlerle nasıl boşaldığının daha detaylı bir şekilde ortaya çıkartılmasıyla mümkündür. Günümüzde fay parametrelerin belirlenmesi için GPS, PS-InSAR ve yüksek doğruluk elde edilebilecek yöntemlerin sıklıkla kullanılması gerekmektedir.

Çalışma sahası Ege Horst-Graben sisteminde Gediz Grabeninin doğu kesiminde Alaşehir-Sarıgöl arasında yer almaktadır (Şekil 1). Ege Horst-Graben Sistemi; Batı Anadolu'da yaklaşık D-B doğrultusunda uzanan birbirine paralel ova ve dağları sınırlayan aktif faylar boyunca deforme olmaktadır. Eğim atımlı normal faylar sınıfına giren bu aktif yapılar [2], Gediz, Büyük ve Küçük Menderes grabenlerini sınırlamaktadır. Grabenler bu fayların düşen bloklarında göreceli olarak çökmekte, yükselen bloklarında ise Bozdağ ve Aydın Dağları gibi horstlar yükselmeye devam etmektedir. Benzer yapılar Ege kıyılarında, Marmara denizi içinde, Saros, Edremit ve İzmit körfezlerinde, Amik ovası grabeninde ve bu grabenin kuzeydoğu istikametindeki uzantısında yer almışlardır. Kuzey Anadolu'da İznik-Bandırma hattı, Adapazarı-Düzce-Hendek grabenleri de bu gruba girer. Diğer grabenler ise aktivitelerini kaybetmişler, hareketsiz-sakin bir duruma gelmişlerdir [3].

Bu çalışmada, Gediz Grabenindeki güncel deformasyonu belirlemek üzere, grabenin doğu kesiminde GPS tekniği uygulanmıştır. Jeodezideki klasik ölçme teknikleri yerine 1980'li yıllardan itibaren teknolojik gelişime paralel olarak yıllık milimetrik düzeyde duyarlılıkla ölçüm yapılabilir duruma ulaşan GPS tekniği, küresel ölçekte yerbilimlerinde çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Farklı disiplinlerin geliştirdiği birçok teknolojik gelişim, depremlerin önceden belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalarda bir arada kullanılmıştır. Çok duyarlı jeodezik ölçme teknikleri bu çalışmalarda her zaman önemli bir yer tutmaktadır. Jeodezi biliminin kullandığı GPS tekniği yöntemi, bu yöntemlerden en önemlisidir. GPS

teknolojisinin kullanılmasıyla tektonik hareketlerin belirlenmesinde; yüksek doğruluk, hızlı çözüm ve birçok geleneksel uygulamaya göre daha ucuz olarak yapılmaktadır. Tüm bu özelliklerinden dolayı GPS ölçme tekniği, sadece haritacılık ve mühendislik uygulamalarına değil, aynı zamanda kabuksal hareketlerin jeodinamiğini ve kinematiğini anlamaya yönelik çalışmalara da önemli katkılar sağlamıştır [4]. GPS teknolojinin gelişmesi ile tektonik hareketlerin belirlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmıştır [5-9].



Şekil 1. (a) Türkiye'nin genel diri fay haritası, (b) Gediz grabenin doğu kesiminin genel gösterimi (URL-1)

GPS, ayni zamanda, deprem periyotlarındaki (ko-sismik, post-sismik, intersismik dönemleri) deformasyonların belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir tekniktir. GPS için yatay bileşenlerin belirlenmesinde [10] doğruluk yüksek iken InSAR için düşey bileşenin belirlenmesindeki doğruluk yüksektir [11]. Bu durumda GPS ve InSAR tekniklerinin birlikte kullanılması durumunda düşeyde ve yatayda oluşan deformasyonlar daha duyarlı ve doğru bir şekilde belirlenebilmektedir. Radar interferometrisi (InSAR), birbirine çok yakın görüntüleme geometrileriyle elde edilmiş iki farklı radar görüntüsü arasında oluşan faz farkını hesaplayan bir tekniktir [11-13].

Bu çalışmada 2013 ve 2014 yıllarında gerçekleştirilen GPS gözlemlerinin verileri değerlendirilerek bölgenin hız alanı için öncül bilgiler elde edilmiştir. Ayrıca düşey konumdaki çökmeleri daha hassas olarak belirlemek için TERRASAR-X uydu radar görüntüleri değerlendirilerek bölgenin düşey yöndeki deformasyon değerleri elde edilmiştir. Bu iki yöntem aracılığıyla bölgenin 3B deformasyonu hakkında öncül verileri elde edilmesi hedeflenmiştir.

2. GEDİZ GRABENİN DOĞU KESİMİNİN TEKTONİK YAPISI VE DEPREMSELLİĞİ

Gediz Grabeninin içinde yer aldığı Batı Anadolu, Geç Oligosen'den beri K-G doğrultusunda genişleyen bir bölge olarak kabul edilmektedir [14]. Bu genişleme graben havzalarını sınırlayan yaklaşık D-B doğrultulu düşük- ve yüksek-açılı normal fayların oluşmasını sağlamıştır [15-34]. Batı Anadolu' daki ana

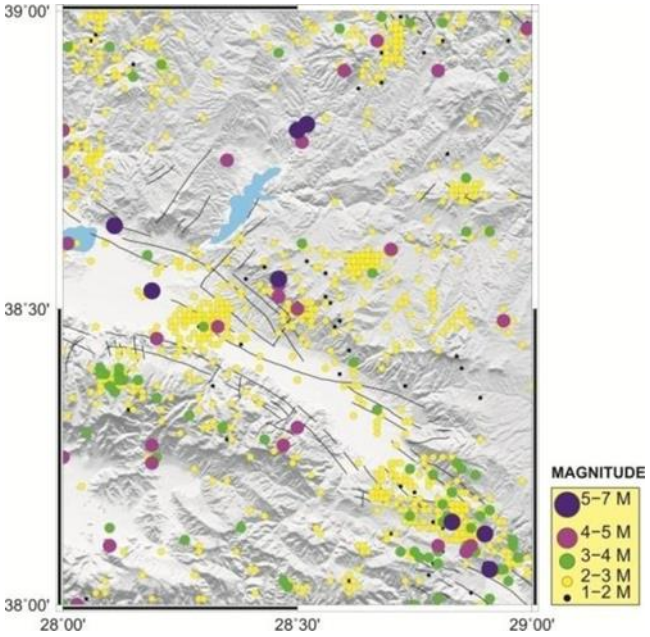
tektonostratigrafik birimler ve bu birimler üzerinde gelişen Neojen-Kuvaterner havzalara ait volkanosedimanter kayaların dağılımları üzerine pek çok çalışma yapılmıştır [17, 19, 23, 26, 29-43]. Gediz Grabeninin Neojen çökellerini metamorfik temelden (Menderes Masifi) ayıran ana fay, güney sınır fayı [44] ya da Karadut Fayı [15] olarak adlandırılmaktadır, kuzeyde ise yer yer bu fayın antitetikleri yer alır. Gediz Grabeni'nin doğusunda yer alan Sarıgöl kasabası, güneyden Emcelli, Selimiye ve Sarıgöl fayları, kuzeyden ise Tırazlar ve Çapköy fayları ile sınırlanmış bir alan üzerinde bulunmaktadır. Sarıgöl Fay Zonu'nu oluşturan bu faylardan birçoğu aktiftir ve yüzey deformasyonları kasaba sınırları içinde açıkça gözlenebilmektedir [45].

Birçok uygarlığın üzerinde geliştiği Batı Anadolu, tarihsel dönemlerde de birçok yıkıcı depremlerin etkisinde kalmıştır. Çalışma bölgesini kapsayan alanda tarihsel dönemde oluşmuş 13 dolayında deprem bilinmektedir. Bu tarihsel depremlerin büyük bir çoğunluğu Gediz grabeni çevresinde yoğunlaşmaktadır. Gediz Grabenindeki tarihsel deprem aktivitesi incelendiğinde, Grabenin batı ucundaki bölgede MÖ. 17, 1592, 1850, 1862 yıllarında meydana gelmiştir. Grabenin doğu ucunda, Büyük Menderes Grabeni ile kesişim noktasında Denizli bölgesinde ise 60, 494 yıllarında şiddeti VIII'den büyük depremlerin olduğu, belirtilen tarihlerden sonra ise Grabenin doğu ucunda 1969 Alaşehir Depremi'nin olduğu (Io= VIII) bilinmektedir. Bu tarihlerden günümüze değin geçen süre zarfında şiddeti VIII'e eşit veya daha büyük bir depremin olmadığı gözlenmiştir.

Genelde D-B gidişli bir geometriye sahip olan Gediz grabeni, Salihli'nin doğusunda GD ya doğru dönerek Sarıgöl-Buldan arasında iyice daralmaktadır. Güneydoğuya doğru bu daralma alanından sonra Gediz grabeni ile hemen hemen aynı doğrultuda uzanan Denizli-Pamukkale ve Büyük Menderes Grabenlerinin kesiştiği bölgede sismik etkinlik oldukça artmaktadır [46]. Gediz grabeninin en güneydoğu ucunu oluşturan Sarıgöl-Buldan arasındaki sismik etkinlik, özellikle Buldan ve yakın dolayında 1997 yılı ilk 3 ayı içerisinde yeniden artmıştır. Alaşehir –Sarıgöl –Buldan arasındaki sismik etkinliğin sadece grabenin kenarlarında ve içerisinde yoğunlaşmadığı, temel olarak nitelenen Neojen öncesi yaşlı birimlerin yüzeylediği alanlarda, özellikle Sarıgöl-Buldan arasında oldukça fazla olduğu gözlenmektedir [46]. Gediz Grabeni'nin doğuya doğru daralan geometrisi içinde, havzanın en dar kesimini oluşturan D_GD ucunda güncel açılmayı gösterir. Holosen yaşlı alüvyal yelpazelerin faylanmış olması yine grabenin doğuya doğru gidildikçe genç hareketlere sahne olduğunu göstermektedir. Başka bir deyişle genç tektonik hareketlerin Grabenin D-GD kesimindeki yüksek sismik etkinlikle de uyumlu olduğunu ortaya koymaktadır [47].

İnceleme alanındaki aletsel dönem aktivitesi incelendiğinde ise Grabenin batı ve orta lokasyonlarındaki bölgede sismik aktivitenin çok az olduğu, Grabeninin doğu ucunda aktivitenin yoğunlaştığı gözlenmiştir [47]. Aletsel dönemde (1900 yılından günümüze kadar) kayıt istasyonlarının sayısının ve niteliğinin özellikle 1970 li yıllardan sonra artmasıyla Ege Bölgesinde günde birkaç depremin kaydedilmesi, Ege bölgesinin günümüzde de halen sismik yönden etkin olduğunu kanıtlamaktadır [46].

Proje çalışma sahasında 1900-2012 yılları arasında meydana gelen ve büyüklüğü 1.0 ile 6.5 arasında değişen 1145 adet deprem olduğu bilinmektedir (URL-2). Şekil 4 de bölgenin deprem aktivetsini günümüze kadar olan etkinliği gösterilmiştir. Depremlerin % 88.3 nün magnitüdünün 3'ün altında, % 7.9 nun 3-4 arasında, % 3.1 nin 4-5 arasında, % 0.7 sinin ise 5 ya da daha büyük olduğu Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığının veri tabanından elde edilen değerlere göre belirlenmiştir. İnceleme alanı içerisinde en son oluşan 6.5 şiddetindeki 28 Mart 1969 Alaşehir depremi, can ve mal kaybıyla birlikte yüzeysel deformasyona neden olmuş ve 36 km uzunlukta, K 70^{o}-80^{o}B doğrultulu yüzey kırıkları oluşturmuş ve bu yüzey kırıkları üzerinde 3-13 cm düşey atım ölçülmüştür [48]. Faylanma eğim atımlı normal fay karakterinde olup, KD blok düşmüştür. Yüzey kırığı KB'da Dereköy'den başlamış, Alaşehir içerisinden geçerek GD'da Doğuşlar'a kadar uzanmıştır. Kırık, Alaşehir, Salihli demiryolunu keserek servisin aksamasına neden olmuştur. Yüzey kırıkları, vadiyi sınırlayan alçak tepelerin eteklerindeki alüvyonların oturması ve çökmesi şeklinde gelişmiştir. Ana şok, kırıktan 35 km uzaklıklarda yer alan akarsu çökellerinde sıvılaşmalara neden olmuştur [3].



Şekil 2. Gediz grabenin doğu kesiminde 1-6.5 büyüklüğünde günümüze kadar meydana gelen depremler (DAD Katalog verileri, 2012, URL-2)

Bugüne kadar yapılan çalışmalar, Alaşehir yöresindeki fayların listrik normal fay geometrisine sahip olduğunu göstermiştir [34, 49]. Koca vd. 2011 yılında yapmış oldukları çalışmada diğer araştırmacıların öngördüğünden farklı olarak, Sarıgöl Fayı'nın kayma yüzeyi boyunca, fayın eğim yönünde zemin katmanlarının uçlarının döndüğü belirlenmiştir. Fay üzerindeki mikro deprem aktivitesi (Mw < 4.0), fay düzlemi üzerinde santimetre mertebesinde hareketin devam ettiğinin göstergesidir. Sarıgöl fayı boyunca oluşan deformasyon yapıları üzerinde toplam yer değiştirme miktarı 1.00-1.25 metredir. 2010 yılında ölçülen oturma miktarı ortalama 22.5 cm olarak elde edilmiştir. Sismik aktiviteye bağlı olarak Sarıgöl Fayı boyunca meydana gelen, fayın eğiminin ve eğri (konveks) kayma yüzeyinin kontrol ettiği yer değiştirmeler olduğu düşünülebilir. Bu durumun belgelenebilmesi için fay zonu boyunca farklı bloklarda gelişen deformasyonların hassas ölçüm yapabilen aletlerle izlenmesi gerekmektedir [45].

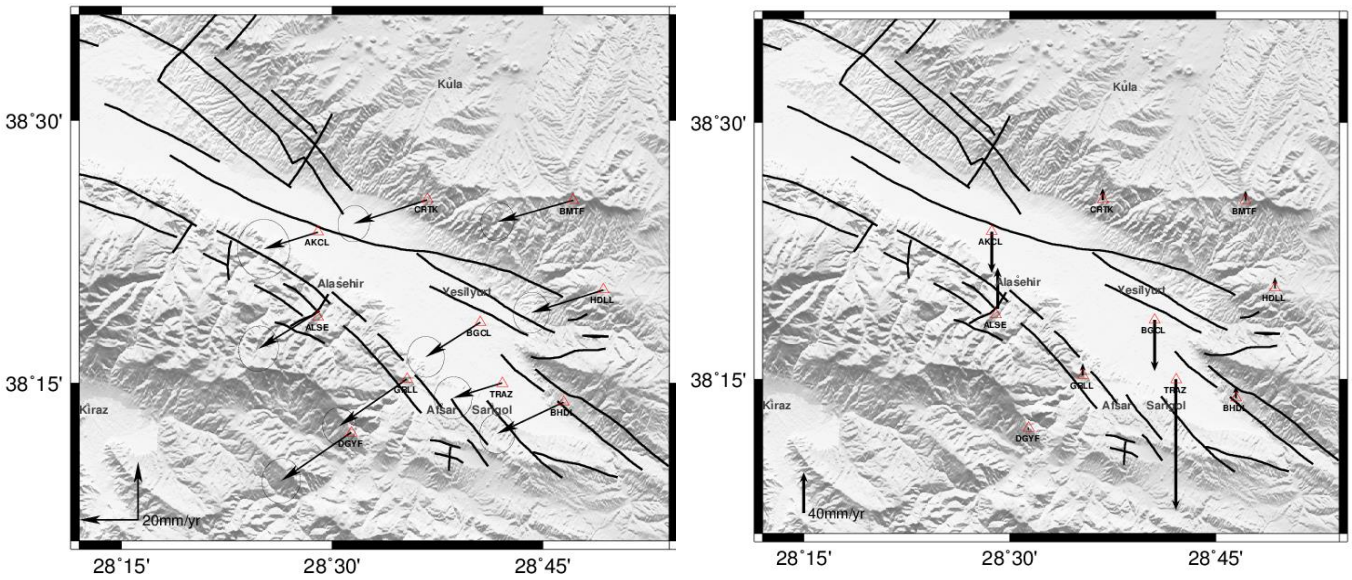
3. JEODEZİK VERİLERİN ELDE EDİLMESİ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Tektonik hareketlerin ve depremlerin izlenmesi birçok farklı disiplin tarafından modellenmekte ve zararları ortaya konmaktadır. Tektonik deformasyon süresince kıtasal kabuğun değişik zaman dilimleri içerisindeki davranışı jeolojik incelemeler, jeomorfolojik analizler ve paleomanyetik yöntemlerle izlenebilmektedir. Son yıllarda ise bu yöntemlere GPS Tekniği yöntemini eklenmiştir. Bu yöntem diğer yöntemlere göre en hızlı ve duyarlı sonuçlar üretir. GPS ölçülerinin değerlendirme ve analiz aşamasında GAMIT/GLOBK akademik yazılım takımı kullanılmıştır [50].

GAMIT yazılımı ile her bir gün için ayrı ayrı LC (Lineer Kombinasyon) oluşturulacak ve oluşturulan LC kullanılarak istasyon koordinatları ve her bir istasyon için atmosferik gecikmeler ve yörünge bilgileri, analize giriş verisi olan parametrelere ağırlık verilmeden elde edilmiştir. Yapılan bu çözüm kullanılarak sistematik hatalar ve kaba hatalar ile faz kesiklikleri belirlenip giderilmiştir. GAMIT modülü ile değerlendirme aşamasında; her gün için nokta koordinatları ve her bir nokta için atmosferik gecikmeler ve yörünge bilgileri, değerlendirme aşamasında kullanılan parametrelerin hiçbirinde kısıtlama yapılmadan elde edilir. Bu aşamada, hem lokal ağı global bir ağ ile ilişkilendirmek, hem de mm duyarlıktaki koordinatlardan yararlanarak, yörünge ve dünya dönme parametrelerinin daha hassas hesaplanmasını sağlamak amacıyla IGS global ağına bağlı noktalardan faydalanılmıştır.

GAMIT yazılımı, GPS verilerinin değerlendirilmesinin ilk aşamasında kullanılmıştır. Bu yazılımın her güne ait h dosya çıktılarından yararlanılarak ikinci bir aşama olan hız verilerinin elde edilmesinde kullanılır. Her gün için farklı olan h dosyalarında, bölgesel yörünge modülü, global yörünge modülü ve değerlendirme sonucu oluşan varyans-kovaryans matrisleri vardır. Veri işlemenin ikinci aşamasında GLOBK yazılımı kullanılmıştır. GAMIT ile her bir oturum için elde edilen bölgesel h dosyaları, global çözümlerle birleştirmek için genel veri merkezlerince oluşturulmuş günlük h dosyaları ile birleştirilmiştir. Böylece datum dönüşümünde kullanılacak yer dönme parametreleri ile hassas yörünge parametrelerinin IGS' ten alınarak, bölgesel yörünge modülü ile global yörünge modülünün uyumlu olması sağlanmaktadır. Değerlendirmenin en son aşamasında ise GPS hızlarının belirlenmesinde hedeflenen amaçlara uygun olarak genelde Avrupa veya Anadolu plakaları referans alınarak noktalara ait hız değerleri elde edilmiştir (Şekil 3).

1. ve 2. Kampanya GNSS ölçümleri 2013 ile 2014'ün Eylül aylarında 10 noktada 10'ar saatlik sürelerle 3 gün boyunca ölçüm yapılmıştır. GNSS ölçümlerinde 3 adet Leica GS15, 1 adet Ashtech Z-Extreme ve 6 adet Trimble 5700 GNSS alıcıları kullanılmıştır. Kampanya boyunca yapılan tüm ölçmelerde 30 saniye aralıklı veri kaydı esas alınmıştır. GNSS antenini etkileyen ve ufuk çizgisine yakın olan verileri kaydetmemek, atmosferik gecikmeleri veya anten faz merkezi değişimlerini modellemede yetersiz kalmamak ve nokta yüksekliklerini daha hassas belirlemek için ufuk açısı 15˚ olarak belirlenmiştir.
Arazide ölçme sırasında anten yükseklikleri milimetre doğrulukla belirlenmiştir. Bu hassasiyette yüksekliklerin belirlenmesi için anten yükseklikleri dört ayrı noktadan kontrollü bir şekilde ölçülerek ortalamaları alınmıştır. GNSS gözlemlerinde antenin nokta üzerine doğru kurulması gerekmektedir. Anten ölçü noktası üzerine milimetre doğrulukla merkezlendirilmelidir. Ölçümler süresince kullanılan pilyeler ile merkezlendirmeden doğacak hatalar ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 3. İki yıllık GPS verilerinden elde edilen yatay ve düşey yöndeki hareketler

Günümüzde PS-InSAR tekniği tektonik hareketlerin belirlenmesi çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında GPS ölçüler ile eşlenik zaman uyumu bakımından yeni radar görüntüleri sipariş edilmiştir. Avrupa Uzay Ajansı tarafından fırlatılan ERS-1, ERS-2 ve Envisat vb. uydularına ait güncel görüntüler bulunmamaktadır. Bu yüzden Alman Uzay Ajansı tarafından kontrol edilen TERRASAR-X uydusuna ait radar görüntülerinin alımı gerçekleştirilmiş ve elde edilen ilk görüntüler değerlendirme işlemi yapılmıştır. Ayrıca bu yayına konu olan çalışma bölgesinde devam eden UDAP-Ç-13-07 ve TUBİTAK ÇAYDAG 113Y526 numaralı projeleri 2016 yılına kadar devam edeceği için görüntü alınma işlemi bu tarihe kadar yapılacaktır.

Çalışma kapsamında radar görüntüleri için StaMPS yazılımının PSI yöntemi uygulanmıştır [51]. Bu yöntem, faz bilgisinin mekânda, yüksek korelasyona sahip olduğu pikselleri seçmektedir. Öncelikle görüntüler arasından bir tanesi referans (master) – ana görüntü – olarak seçilir ve diğer tüm görüntüler bu ana görüntü ile işleme alınarak interferogramlar oluşturulur. Ana görüntü (master) genellikle diğer görüntülerle yüksek korelasyon oluşturacak şekilde, zamansal, geometrik ve Doppler frekansı değerleri esas alınarak seçilir. Oluşturulan her interferogramdaki her bir radar çözünürlük hücresi aşağıdaki bileşenlere sahiptir:

$$\Phi = \Phi_{topo} + \Phi_{def} + \Phi_{atm} + \Phi_{orb} + \Phi_{n} \quad (1)$$

Bu Eşitlik 1'de Φ iki görüntü arasındaki faz farkı olmak üzere, Φdef deformasyon, Φtopo SYM den ileri gelen artık faz, Φdef bakış doğrultusu boyunca oluşan yer değiştirmeden ileri gelen faz değişimi, Φatm iki görüntü arasındaki atmosfer – hava koşullarına – bağlı faz gecikme farkı, Φorb orbit – yörünge – hatasından dolayı oluşan artık faz ve Φn saçılım, termal farklılıklar, görüntü eşleştirmeden dolayı oluşabilecek hatalar gibi gürültü bileşenleridir. [52] de tanımlanan genlik dağılım indeksi DA, σA standart sapma ve μA genlik değerlerin ortalaması olmak üzere DA = σA/μA eşik değeri kullanılarak aday PS noktaları seçilir. Daha sonra her bir pikseldeki fazın sabitliği kestirilerek PS noktaları belirlenir.

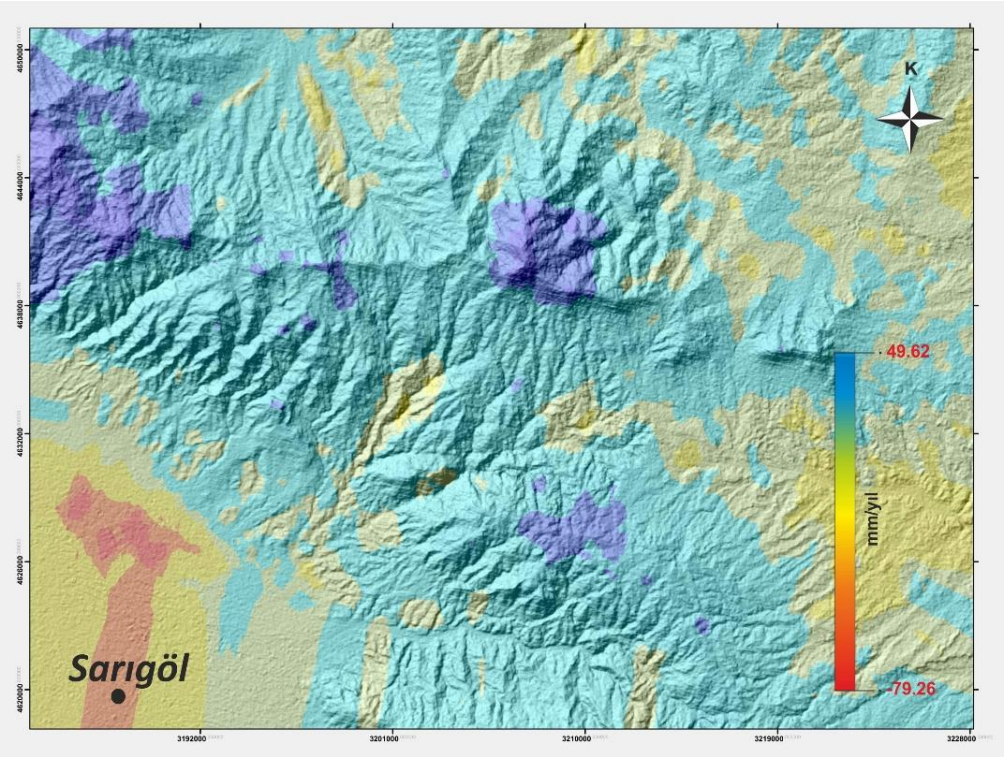
Kullanılacak Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ile mevcut topografya arasındaki artık hata Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) görüntüsü (~90 m) kullanılarak belirlenir. Daha sonar faz çözümlemesi (phase unwrapping) işlemi geçekleştirilir. Bu yaklaşımda deformasyon zamanda ve mekânda korelasyona sahipken, atmosfer ise sadece mekânsal korelasyona sahiptir. Gürültü ise hem zamanda hem mekânda dekorelasyona sahiptir. Zamansal ve mekânsal filtreler uygulanarak deformasyon fazı, atmosfer ve gürültü fazlarından ayrılır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

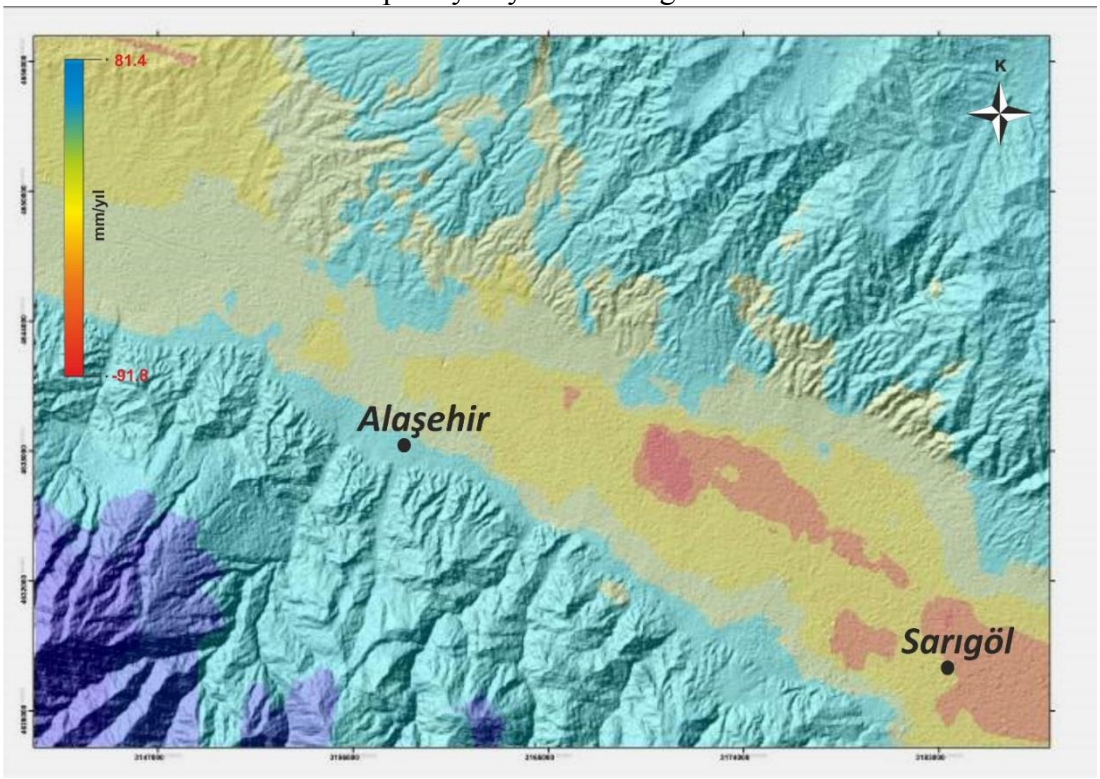
Bu çalışmada yapılan PS-InSAR sonuçları 2013 Mart ayından 2014 Ekim ayına kadar temin edilen uydu radar görüntülerinden elde edilmiştir. Genel olarak literatür çalışmalarında PS-InSAR sonuçlarının anlamlı olabilmesi için en az 12 [51] görüntünün değerlendirilmesi ile elde edilebileceği düşünüldüğünde bu sonuçların bize sadece düşey yöndeki deformasyonlar için öngörü vereceği ve asıl sonuçların yukarıda bahsedilen projeler sonunda elde edilebileceği düşünülmektedir. Çalışma bölgesi için 153 ve 62 iz numaralı uydularının görüntüleri değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar Şekil 4 ve Şekil 5'de gösterilmiştir.

PS-InSAR sonuçlarından elde edilen ilk değerlendirmelere göre Gediz Grabeninde tektonik deformasyonunun bölgede daha önce yapılan çalışmalar Jeolojik ve Jeofizik çalışmalarda ortaya konulan sonuçlar ile benzerlikler görülmektedir. Yani grabenin bulunduğu kısımda çökmelerin grabenin kuzeyinde ve güneyinde ise yükselmelerin olduğu anlaşılmaktadır. GPS ve PS-InSAR sonuçlarından Sarıgöl bölgesindeki düşey yöndeki hareketler çalışma bölgesindeki diğer yerlere göre daha fazla elde edilmiştir.

Çalışma bölgesinde yapılan ilk Jeodezik değerlendirmelere göre Gediz grabeninin tektonik olarak hareketli olduğu anlaşılmaktadır. Ama Jeodezik sonuçlarının daha anlamlı olabilmesi için GPS ölçülerinin en az periyottan oluşmasına, uydu radar görüntülerinin PS-InSAR yönteminin kullanılarak değerlendirilmesi içinde görüntü sayısının en az 12 görüntü olması gerekmektedir. Özellikle tektonik hareketlerin izlenmesi içinde bu görüntülerin en az 2 senelik veri setinden olması gerektiği düşünülmektedir. Bu yüzden çalışma bölgesinde en az bir periyotluk GPS kampanya ölçüsü ve uydu radar görüntülerinin artırılması düşünülmektedir.



Şekil 4. 62 iz numaralı görüntüden uydu bakış yönünden (LOS) elde edilen hız değerlerinin Kriging enterpolasyon yöntemi ile gösterimi



Şekil 5. 153 iz numaralı görüntüden uydu bakış yönünden (LOS) elde edilen hız değerlerinin Kriging enterpolasyon yöntemi ile gösterimi

TEŞEKKÜR

Çalışmada AFAD tarafından desteklenen UDAP-Ç-13-07 no'lu proje, Alman Uzay Ajansı (Germany Aerospace Center) GEO2307 numaralı projesi ve TÜBİTAK tarafından desteklenen 113Y526 no'lu projeler kapsamında elde edilen verilerden yararlanılmıştır.

NOT

Bu çalışma, Hitit Üniversitesinde 15-17 Ekim 2014 tarihleri arasında gerçekleştirilen 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumunda sunulan "Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar" başlıklı çalışmanın revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

5. KAYNAKLAR

1. Eyidoğan, H., and Jackson, J., A., "A seismological study of normal faulting in the Demirci, Alaşehir and Gediz earthquake of 1969-1970 in western Turkey: implications for the nature and geometry of deformation in the continental crust", Geophysical Journal of Royal Astronomical Society, 81, 569-607, (1985).

2. Tutkun, S.Z, Özer, M.F., Doğan, B., Kavak, K.Ş., Özden, S., "17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi'ni Oluşturan Aktif Yüzey Kırığının Jeolojik İncelenmesi", TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, Haber Bülteni, Ankara (1999).

3. Ketin, İ., " Türkiye'nin Genel Tektonik Durumu İle Başlıca Deprem Bölgeleri Arasındaki İlişkiler" , I.T.Ü. Maden Fakültesi (1969).

4. Poyraz, F., Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri Ve Gerilme Birikiminin Araştırılması, Ytü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul (2009).

5. Mcclusky, S., Aktuğ, B., Aygül, H., Baassanian, S., Barka, A., Burchfiel, C., Çakmak, R., Ergintav, S., Hamburger, M., Kahle, H., Kastens, K., King, R., Kotzev, V., Mahmoud, S., Nadariya, M., Özener, H., Prilepin, M., Reilinger, R., Seeger, H., Tari, E., Türkezer, A., Veis., G. "Gps Constraints On Active Tectonics İn The Eastern Mediterranean Region", Unavco Meeting, Boulder Co., April 7-9 (1999).

6. Mcclusky, S., S. Balassanian, A. Barka, Et Al. "Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics And Dynamics İn The Eastern Mediterranean And Caucusus", J. Geophys. Res. 105, 5695–5720 (2000).

7. Burgmann, R., Ayhan, M.E., Fielding, E.J., Wright, T. J., Mcclusky, S., Aktuğ, B., Demir, C., Lenk, O., Türkezer, A., "Deformation During The 12 November 1999 Duzce, Turkey Earthquake, From Gps And Insar Data". Bulletin Of The Seismological Society Of America, 92 (1), 161-171 (2002).

8. Ergintav, S., Bürgmann, R., Mcclusky, S., Çakmak, R. , Reilinger, R.E., Barka, A., Lenk, O., Gürkan, O., "Postseismic Deformation Near The Izmit Earthquake (08/17/1999, M = 7.5) Rupture Zone", Bulletin Of The Seismological Society Of America, 92 (1), 194-207 (2002)

9. Feigl, K. L., King, R. W., Jordan, T. H., "Geodetic Measurement Of Tectonic Deformation in The Santa Maria Fold And Thrust Belt, California", Journal Of Geophysical Research, Vol. 95, No. B3, 2679-2699. Feigl, K. L., Agnew, D .C., Bock, Y., Dong, (1990).

10. Reilinger, R.E., et al., "GPS constraints on continental deformation in the Africa Arabia- Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions", Journal Of Geophysıcal Research, Vol. 111, B05411, doi:10.1029/2005JB004051 (2006).

11. Hanssen, R.F., "Radar Interferometry Data Interpretation And Error Analysis". The Netherlands, Kluwer Academic Publishers (2001).

12. Massonnet, D. Ve Feigl, K.L., "Radar Interferometry And Its Application To Changes In The Earth's Surface", Reviews of Geophysics, 36, 4, 441-500 (1998).

13. Burgmann, R., Rosen, P.A., and Fielding, E.J., "Synthetic Aperture Radar Interferometry To Measure Earths Surface Topography And Its Deformation", Annual Review Of Earth & Planetary Sciences,

28, 169–209 (2000).
14. Seyitoğlu, G., Scott, B. C., "Late Cenozoic Crustal Extension Basin Formation in West Turkey". Geological Magazine, 128, 155-166 (1991).
15. Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., "Comparing GPS, optical leveling and persistent scatterers", Proceedings of IGARSS 2622–2624. (2001).
16. Şengör, A.M.C., Görür, N., & Şaroğlu, F.. "Strike-Slip Faulting And Related Basin Formation In Zones Of Tectonic Escape: Turkey As A Case Study. In: Biddle, K. & Christie-Blick, N. (Eds), Strike-Slip Deformation, Basin Formation And Sedimentation" Society Of Economic Paleontologists And Mineralogists, Special Publications 37, 227–264 (1985).
17. Bozkurt, E. & Park, R.G. "Southern Menderes Massif: An Incipient Metamorphic Core Complex In Western Anatolia", Turkey. Journal Of Geological Society 151, 213–216 (1994).
18. Hetzel, R., Ring, U., Akal, C., & Troesch, M., "Miocene Nne-Directed Extensional Unroofing In The Menderes Massif, Southwestern Turkey", Journal Of Geological Society 152, 639–654 (1995).
19. Emre, T. & Sözbilir, H. "Field Evidence For Metamorphic Core Complex, Detachment Faulting And Accommodation Faults in The Gediz and Büyük Menderes Grabens (Western Turkey)", In: Ö. Pişkin, M. Ergün, M.Y. Savaşçın, G. Tarcan (Eds), Iesca Proceedings, 73–94 (1997).
20. Koçyiğit A, Yusufoğlu H, Bozkurt E. "Evidence From The Gediz Graben For Episodic Two-Stage Extension in Western Turkey" Journal Of The Geological Society, London 156: 605−616 (1999).
21. Yilmaz, Y., Genç, Ş.C., Gürer, F., Bozcu, M., Yılmaz, K., Karacık, Z., Altunkaynak, Ş. and Elmas, A. "When Did The Western Anatolian Grabens Begin To Develop?. In: Bozkurt, E. Winchester, J.A. & Piper J.A.D. (Eds.) Tectonics And Magmatism In Turkey And The Surrounding Area. Geological Society, London", Special Publications 173, 131–162 (2000).
22. Bozkurt, E., "Timing of Extension On The Büyük Menderes Graben, Western Turkey And Its Tectonic Implications". In: E., Bozkurt, J.A., Winchester, And J.A.D., Piper, (Eds.) Tectonics And Magmatism In Turkey And The Surrounding Area. Geological Society, London, Special Publications, 173, 385-403 (2000).
23. Bozkurt, E., "Neotectonics Of Turkey – A Synthesis. Geodinamica", Acta 14, 3–30 (2001).
24. Bozkurt, E. "Origin Of Ne-Trending Basins In Western Turkey". Geodinamica Acta 16, 61–81 (2003).
25. Lips, A. L. W., Cassard, D., Sözbilir, H. & Yılmaz, H., "Multistage Exhumation Of The Menderes Massif, Western Anatolia (Turkey)", International Journal Of Earth Sciences 89, 781–792 (2001).
26. Sözbilir, H. Extensional "Tectonics and The Geometry Of Related Macroscopic Structures: Field Evidence From The Gediz Detachment, Western Turkey", Turkish Journal Of Earth Sciences 10, 51–67 (2001).
27. Sözbilir, H., "Geometry And Origin Of Folding In The Neogene Sediments of The Gediz Graben, Western Anatolia, Turkey" Geodinamica Acta 15, 277–288 (2002).
28. Seyitoğlu, G Tekeli, O., Çemen, İ., Şen, Ş. & Işık, V. "The Role Of The Flexural Rotation /Rolling Hinge Model In The Tectonic Evolution of The Alaşehir Graben", Western Turkey. Geological Magazine 139, 15–26 (2002).
29. Mcclusky, S., S. Balassanian, A. Barka, Et Al. "Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics And Dynamics İn The Eastern Mediterranean And Caucusus", J. Geophys. Res. 105, 5695–5720 (2000).
30. Burgmann, R., Ayhan, M.E., Fielding, E.J., Wright, T. J., Mcclusky, S., Aktuğ, B., Demir, C., Lenk, O., Türkezer, A., "Deformation During The 12 November 1999 Duzce, Turkey Earthquake, From Gps And Insar Data". Bulletin Of The Seismological Society Of America, 92 (1), 161-171 (2002).
31. Işik, V., Tekeli, O. & Seyitoglu, G. "Ductile-Brittle Transition Along The Alaşehir Detachment Fault And Its Structural Relationship with The Simav Detachment Fault, Menderes Massif, Western Turkey", Tectonophysics 374, 1–18 (2003).
32. Sözbilir, H. Uzel, B., Sümer, Ö., İnci, U., Ersoy, Y., Koçer, T., Demirtaş, R. and Özkaymak, Ç., "D-B Uzanımlı İzmir Fayı İle Kd-Uzanımlı Seferihisar Fayı'nın Birlikte Çalıştığına Dair Veriler: İzmir Körfezi'ni Oluşturan Aktif Faylarda Kinematik ve Paleosismolojik Çalışmalar, Batı Anadolu. Türkiye" Jeoloji Bülteni 51 (2), 91–114 (2008).

33. Özkaymak, Ç. & Sözbilir, H. "Stratigraphic And Structural Evidence For Fault Reactivation: The Active Manisa Fault Zone, Western Anatolia", Turkish Journal Of Earth Science 17, 615–635. (2008).
34. Temiz, U., "Age of Fault Reactivation By Using U/Th Dating Method Of Carbonate Precipitates: An Example From The Active Manisa Fault (West Turkey)", Geodinamica Act., (In Press) (2013).
35. Okay, A., & Siyako, M., "The Revised Location Of The |Zmir-Ankara Suture in The Region Between Balıkesir and İzmir", In: S. Turgut (Ed), Tectonics And Hydrocarbon Potential of Anatolia and Surrounding Regions, 333–355 (1993).
36. Collins, A.S., Robertson, A.H.F., "Kinematic Evidence For Late Mesozoic - Miocene Emplacement Of The Lycian Allochthon Over The Western Anatolia Belt, Sw Turkey", Geological Journal 38, 1–16 (2003).
37. Özer, S. & Sözbilir, H.. "Presence and Tectonic Significance Of Cretaceous Rudist Species in The So-Called Permo-Carboniferous Göktepe Formation, Central Menderes Metamorphic Massif, Western Turkey", International Journal Of Earth Sciences 92, 397–404 (2003).
38. Erkül, F., Helvacı, C. & Sözbilir, H. "Stratigraphy And Geochronology Of The Early Miocene Volcanic Units In The Bigadiç Borate Basin, Western Turkey", Turkish Journal Of Earth Sciences 14, 227–253 (2005).
39. Uzel, B. & Sözbilir, H., "A First Record Of Strike-Slip Basin in Western Anatolia and Its Tectonic Implication: The Cumaovası Basin As An Example", Turkish Journal Of Earth Sciences 17, 559–591 (2008).
40. Emre, T. Sözbilir, H. & Gökçen, N., "Kiraz-Beydağ Çevresinin Neojen-Kuvaterner Stratigrafisi, Küçük Menderes Grabeni, Batı Anadolu", MTA Dergisi 132, 1–32 (2006).
41. Emre T. & Sözbilir, H., "Tectonic Evolution of The Kiraz Basin, Küçük Menderes Graben: Evidence For Compression/Uplift-Related Basin Formation Overprinted By Extensional Tectonics In West Anatolia", Turkish J. Earth Sci., 16, 441–470 (2007).
42. Ersoy, Y., Helvacı, C., Sözbilir, H., Erkül, F. & Bozkurt, E., "A Geochemical Approach To Neogene–Quaternary Volcanic Activity of Western Anatolia: An Example of Episodic Bimodal Volcanism Within The Selendi Basin, Turkey", Chemical Geology 255, 265–282 (2008).
43. Kaymakçi, N., "Kinematic Development And Paleostress Analysis of The Denizli Basin (Western Turkey): Implications Of Spatial Variation Of Relative Paleostress Magnitudes and Orientations", Journal of Asian Earth Sciences 27, 207–222 (2006).
44. Emre, T., "Gediz Grabeni' nin Tektonik Evrimi, Türkiye Jeoloji Bülteni 39 (2),1–18 (1996).
45. Koca M.Y., vd., "Sarıgöl Fay Zonu Boyunca Meydana Gelen Deformasyonların Nedenleri Üzerine Bir Araştırma" , Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Buca, İzmir (2011).
46. Barka A., Akyüz S., Rockwell T., Tatar O., Gürsoy H., Temiz H., Emre Ö., "Kuzey Anadolu Fayının Gaziköy-Saroz Segmenti, Gediz Grabeni Salihli-Alaşehir Ve İzmir Çevresi Aktif Fayları Üzerinde Paleosismik Çalışmalar", YDABCAG 434-G, Tubitak Projesi Sonuç Raporu (1998).
47. Eravcı B., Yaman M., Tepeuğur E., Erkmen C., Aktan T., Albayrak H., Demirtaş R., "Batı Anadolu Çöküntü Bölgesi'nin PaleosiSmoloji Projesi" , DPT 2002 K 120050 Sonuç Raporu (2007).
48. Ergin, K., Güçlü, U, Aksoy, G., "Türkiye dolaylarının deprem kataloğu", İTÜ Maden Fakültesi Arz Fiziği Enstitüsü Yayınları No:28 (1965-1970), (1971).
49. SeyitoğLu, G., Scott, B. C.,. "Late Cenozoic Crustal Extension Basin Formation in West Turkey", Geological Magazine, 128, 155-166 (1991).
50. Herring, T.A., King, R.W. ve McClusky, S.C., "GAMIT reference manual, Release 10.4.", Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Mass. Inst. Of Technol. (2009)
51. Hooper A., P. Segall, H. Zebker "Persistent Scatterer Insar For Crustal Deformation Analysis, with Application To Volcán Alcedo, Galápagos." J. Geophys. Res., 112, B07407, Doi:10.1029/2006jb004763 (2007).
52. Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., "Permanent Scatterers in SAR Interferometry", IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, 39, 1, 8-20 (2001).

URL-1: http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=yeni_diri_fay_haritalari
URL-2: http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/Default.aspx