

Güney Marmara bölümünün neotektoniği

H. Haluk SELİM*, Okan TÜYSÜZ, A. Aykut BARKA

İTÜ Avrasya YerBilimleri Enstitüsü, 34469, Ayazağa, İstanbul

Özet

Kuzey Anadolu Fayı ve kolları, neotektonik dönemde Marmara Bölgesi'nde en etkin tektonik yapıyı oluşturmuşlardır. KAF, Marmara Bölgesi'nde kuzey ve güney olmak üzere iki kola ayrılır. Güney kol üzerinde yer alan inceleme alanında kuzeyde Edincik, Kapıdağı, Bandırma-Mudanya yükselimleri, güneyde Uludağ yükselimi ve Söğütalan platosu yer alır. Bu iki yükselim alanının ortasında doğu-batı uzanumlu bir çöküntü (depresyon) alanı bulunur. KAF'ın güney kolunu oluşturan faylar Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa fayları olarak adlandırılmıştır. Bunların çoğunluğu sağ yanal atımlı ve doğrultu atımı egemen, bir kısmı ise normal atım bileşeni egemen faylardır. Sismolojik veriler bölgedeki depremlerin büyük ölçüde KAF'a ait güney kol üzerinde meydana geldiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Güney Marmara Bölümü, Kuzey Anadolu Fayı, çek-ayır havza, yanal atımlı fay.

Neotectonics of the South Marmara Sub-Region

Abstract

The North Anatolian Fault and its branches are the most active tectonic entities in the Marmara Region in neotectonic period. The NAF is divided into two branches as north and south in the Marmara Region. In the northern part of study area, that is located on the southern branch, are Edincik, Kapıdağı and Bandırma-Mudanya uplifts and in the south are Uludağ uplift and Söğütalan plateau. Between these two uplift areas is an east-west trending depression. The uplift and depression area is controlled by the southern branch of the NAF. The depression area was formed as a result of combining of pull-apart basins. The southern branch of the North Anatolian Fault consists of the Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat and Bursa faults. Most of these faults are right-lateral and strike slip-dominant, but some of them are normal dominant faults. Although the accuracies of their epicentral locations are not well constrained the most significant destructive and demaging historical earthquakes on the south branch are the 170, 543, 1851 and 1855 earthquakes. From the instrumental records, the 1953 Yenice-Gönen earthquake, the 1964 Manyas earthquake and the 1969 Gönen earthquake occurred. Seismological data indicate that the earthquakes in the region are mainly occurred on both normal and strike-slip dominant faults.

Keywords: South Marmara Sub-region, North Anatolian Fault, pull-apart basin, strike-slip fault.

*Yazışmaların yapılacağı yazar: H. Haluk SELİM. haluk.selim@itu.edu.tr; Tel: (212) 285 62 99.

Bu makale, birinci yazar tarafından İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü'nde tamamlanmış olan "Kuzey Anadolu Fayı'nın güney koluna ait Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa faylarının morfolojik, sismolojik ve jeolojik özellikleri" adlı doktora tezinden hazırlanmıştır. Makale metni 03.02.2005 tarihinde dergiye ulaşmış, 25.02.2005 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.07.2006 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

Giriş

Türkiye'deki neotektonik dönem, Geç Miyosen'de Arap Levhası ile Anadolu Levhası arasında yer alan Neo-Tetis Okyanusu'nun güney kolunun Bitlis-Zagros Sütur Kuşağı boyunca kapanmasıyla başlamıştır (Şengör, 1979; Hempton, 1985; Yılmaz, 1992; Görür, 1992). Arap Yarımadası, Anadolu Levhası ile çarpışmasının ardından, kuzeye doğru hareketine devam ederek Doğu Anadolu'nun sıkışmasına yol açmış, bu durum bölgede kıta kabuğunun sıkışarak yükselmesine ve kalınlaşmasına neden olmuştur. Anadolu Levhası bu sıkışma rejimini başlangıçta kalınlaşma ile karşılaşmışsa da daha sonra, daha serbest olan batıdaki alanlara doğru Kuzey Anadolu ve Doğu Anadolu Transform Fayları boyunca kaçmaya başlamıştır. Bu iki fay boyunca batıya kaçan Anadolu Levhası burada Helenik yayının da etkisi ile genişlemiş, böylece Ege Graben Sistemi oluşmuştur (Şekil 1).

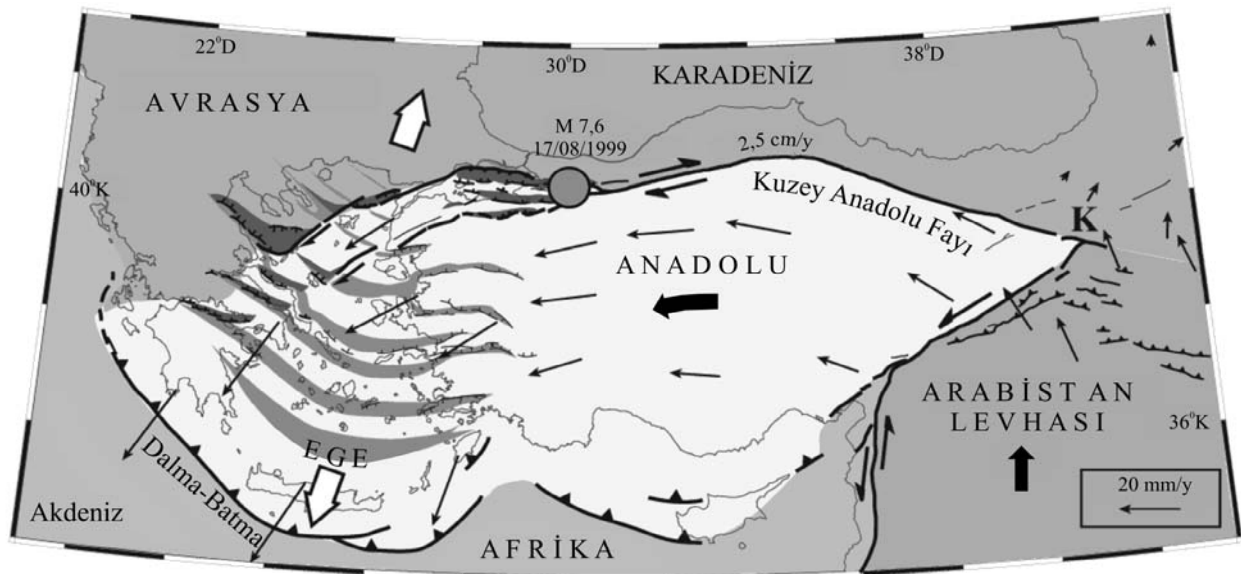
Kuzey Anadolu Fayı (KAF), Türkiye'nin neotektonik yapısında ve deprem tarihçesinde en önemli rolü üstlenen unsurlardan biridir. Kuzeybatı Anadolu'da iki kola ayrılan KAF, 1939 Erzincan depremiyle adından bahsettirmiş, son olarak da Marmara Bölgesi'nde 1999 yılında iki kez hasar yapıcı ve yıkıcı büyük deprem meydana getirmiştir. Güney Marmara bölümünde ve inceleme alanı içerisinde yer alan KAF'a ait güney kol, GPS verilerine göre kuzey kola oranla

daha az aktif olmasına rağmen; hem tarihsel hem de aletsel dönemde oluşturduğu depremlerle bölgede hasarlar meydana getirmiş, can ve mal kaybına neden olmuştur. Bu araştırmada Kuzey Anadolu Fayı'nın güney kolunun özellikleri jeolojik, jeomorfolojik ve sismolojik veriler ışığında araştırılmıştır.

Stratigrafi

İnceleme alanı, Batı Anadolu'nun önemli tektonik birliklerinden olan Sakarya Kıt'ası üzerinde yer alır. İnceleme alanındaki kayalar, temel birimleri ve örtü birimleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Temel birimler; olası Prekambriyen-Paleozoyik yaşlı Uludağ Masifi, Permo-Triyas yaşlı Karakaya Karmaşığı'na ait Nilüfer birimi ve Orhanlar grovaki, Jura yaşlı

Bayırköy ve Bilecik formasyonları, Üst Kretase yaşlı ofiyolitik kayalar, Eosen yaşlı Kapıdağ graniti, Eosen kırıntılıları ve volkanitleri, Miyosen yaşlı Uludağ graniti, Ezine volkaniti ve Soma formasyonudur. Temel birimleri üzerinde çökelmiş örtü birimleri ise Geç Miyosen yaşlı akarsu çökellerinden oluşan Karasu formasyonu, Pliyosen-Pleyistosen yaşlı yine akarsu istifinden oluşan Manyas formasyonu, Geç Pleyistosen yaşlı akarsu taraçaları ve Holosen yaşlı Bursa travertenleri, alüvyal yelpaze çökelleri, yamaç molozu, moloz akması ve alüvyondan oluşur (Şekil 2).



Şekil 1. Türkiye'nin belirgin neotektonik yapıları (Armijo vd., 1999)

Morfoloji

İnceleme alanı morfolojik olarak kuzey ve güneyde iki yükselim alanı ve bu iki yükselim alanının ortasında geniş bir çöküntü alanından oluşur. Kuzeydeki yükselim alanlarını Kapıdağı Yarımadası, Edincik, Bandırma (Karadağ)-Mudanya ve Gemlik yükselimleri, güneyde Uluadağ yükselimi ve Söğütalan platosu oluşturmaktadır. Alçalım alanında ise Gönen, Manyas-Karacabey, Uluabat ve Bursa-Nilüfer havzaları yer alır. Bu morfolojik yapı ile stratigrafik dizilim karşılaştırıldığında bölgedeki temel veya yaşlı kayaların yüksek alanları, genç birimlerin ise bölgedeki en alçak alanları meydana getirdiği izlenir.

Marmara Bölgesi'nin güney Marmara bölümünde, Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa, Uluabat ve Bursa fayları tarafından denetlenen havzalar bulunmaktadır. Bölgenin jeomorfolojisi bu faylar etkisi ile büyük ölçüde tektonik denetimli olup, günümüzdeki fizyografik uzanımları yaklaşık doğu-batı doğrultuludur. Bu alçalımlar güneyde Yenice-Gönen fayı, kuzeyde ise Sarıköy fayı ile sınırlanan kuzey-güney uzanlı Gönen Havzası; Manyas-Mustafakemalpaşa fayı ile oluşan doğu-batı uzanlı Manyas-Karacabey Havzası; Uluabat fayı ile kuzeyindeki Güney Marmara fayı arasında gelişen yaklaşık kuzeydoğu-güneybatı uzanlı Uluabat Havzası ve güneyde Bursa fayı ile sınırlanan doğu-batı uzanlı Bursa havzalarıdır (Şekil 3).

Gönen Havzası içinde yer alan Yenice-Gönen fayında gözlenen en büyük atım Gönen Çayı'nda görülür. Kuzeydoğuya doğru uzanan fay boyunca Gönen Çayı, kuzeydoğuya doğru 5500 m ötelenmiştir. Manyas Havzası'nda Manyas Çayı, 4500 m doğuya doğru yön değiştirip sağ yanal ötelenerek, kuzeye doğru yoluna devam eder ve Manyas Gölü'ne boşalır. İnceleme alanında bir diğer ötelenme Mustafakemalpaşa Çayı'nda görülür. Mustafakemalpaşa Çayı ilçe merkezinde Manyas-Mustafakemalpaşa fayı etkisiyle doğrultusunu değiştirmiş, burada alüvyon boğulması meydana gelmiş ve çay 1125 m sağa doğru ötelenmiştir. Söğütalan yükselimi kuzeyinde ise iki koldan oluşan Uluabat fay zonu bulunur. Yükselimin kuzeyinde bulunan drenaj sistemi 250-750 m arasında değişen de-

ğerlerde sağa doğru ötelenerek, çizgisel yapıyı ortaya koymaktadır. Bursa Havzası'nda yer alan, Tanoğlu ve Erinç (1957)'in detaylı morfolojik çalışmasında bahsedilen Nilüfer Çayı ise, Misiköy Boğazı'nda akış yönünü sağa doğru değiştirerek 2300 m ötelenmiştir. Diğer yandan Uluadağ yükseliminin kuzeyi fay aynaları, fay façetaları ve fay dikliklerinden oluşan bir morfoloji sunmaktadır. Ayrıca bu bölgedeki sıcak su çıkışları da genç faylarla ilgilidir (Philipsson, 1913). Bu düzlemsel yapıların hemen önünde ise güney-kuzey akış yönüne sahip drenaj sisteminin aşındırmasıyla oluşan bir çok alüvyal yelpaze çökelleri bulunmaktadır. Chaput (1976)'un da belirttiği gibi buradaki traverten oluşukları, yamaç molozu ve akma yapılarının gelişimi Bursa fayı etkisiyle meydana gelen unsurlardır.

Tektonik

İnceleme alanı ve Marmara Bölgesi'ndeki alçalım alanları, havzalar ve yükselim alanları neotektonik dönemde meydana gelmiştir. Yükselim alanlarını oluşturan Uluadağ yükseliminin kuzeyinde yer alan normal bileşenli Bursa fayı etkisiyle, Bandırma-Mudanya yükselimi ise KAF'a ait güney kolun kuzey kesimini oluşturan normal fayların kontrolünde yükselmiştir.

Bandırma-Mudanya yükselimi

İnceleme alanının kuzeyinde yer alan Bandırma-Mudanya yükselimi, KAF'a ait güney kollar arasında doğu-batı doğrultulu uzanır. Yükselimin kuzeyinde Marmara Denizi ve KAF'a ait güney kolun kuzey kesimini oluşturan fay sistemi yer alır. Gemlik ve Gençali fayları güney kolun kuzey kesimini oluşturan faylardır. Yükselimin doğusundaki Gemlik Körfezi'nden Marmara Denizi'ni en güneyden kateden bu kol, Gemlik Körfezi'ndeki sismik kesitlerde 70-80 m derinlikli bir çok denizaltı vadisi ve 110-115 m derinliğe sahip bir çanak yapısı oluşturmaktadır. Gemlik Körfezi'ndeki deniz sismik kesitlerinde fayların bazıları, deniz tabanına kadar uzanır. Burada çek-ayır havza gelişmiştir (Alpar, 2000). Bu kolun karadaki uzantısı olan Gençali fayı, yapılan saha gözlemleri, sismik aktivitesi ve tarihsel deprem kayıtlarına göre sağ yanal

Üst Sistem	Sistem	Seri	Birim adı	Kalınlık (m)	Litoloji	Açıklamalar	
Senozoyik	Kuvaterner	Holosen	-	150-200		Alüvyon Alüvyal yelpaze, yamaç molozu, moloz akması Bursa traverteni	
		Üst Ple.	-	30		Akarsu taraçası	
	Tersiyer	Pliyo-Pleyis.	Üst	Manyas Form.	150		Kil matriksli çakıltası, kıltaşı, çakıl, kum, akarsu çökeli (Çeltikçi üyesi) Kıltaşı, kumtaşı, çakıl, kum (Bölceğaç üyesi)
							Miyosen
		Orta-Üst	Soma form. Ezine volka.	150-600	Ezine volkanitleri: Andezitik lav, piroklastik akma ve döküntü birimleri Soma formasyonu: Kömür arakatlı, çakıltası, kumtaşı, kireçtaşı, kıltaşı araldanması, silisifiye kireçtaşı		
		Eosen	Alt	Uludağ graniti	?	Granit	
			Orta Üst	Eosen volkanitleri	150	Andezitik lav, tüf içerikli volkano-tortul birimler	
			Orta	Eosen kırıntılıları	150-400	Çakıltası, kumtaşı, kıltaşı ve yer yer kireçtaşı	
	Kapıdağ graniti			?	Granit		
	Paleozoyik-Mezozoyik	Kretase	Üst Kretase	Ofiyolitik kayalar	> 1000	Ofiyolitik melanj, ultrabazik ve ultramafitler	
			Malmi-Neokomiyen	Bilecik Form.	300-350	Beyaz, pembe renkli mikrit, dismikrit ve biyomikritten oluşan kireçtaşı	
		Jura	Liyas	Bayırköy Form.	550	Arkoz ve subarkozik kumtaşı	
Permo-Triyas			Karakaya Karmaşığı Nülüfer Orhanlar Birimi Grovaki	~ 800	Arkozik kumtaşı, şeyl ve rekristalize kireçtaşı blokları		
		> 2000		Fillat, şist ve metabazitten oluşan bir matriks ile içerisinde mermer blokları (Çataltepe mermeri)			
Prekambriyen Paleozoyik			Uludağ Masifi	> 2000	Gnays, amfibolit ve mermer		

Ölçeksiz

Şekil 2. İnceleme alanının Genelleştirilmiş Stratigrafik Kesiti

atımlıdır (Uçarkuş, 2002). Ayrıca fayın güneyindeki Kurşunlu'da sıcaksu kaynaklarının varlığı, Gençali fayının aktif bir fay olduğunu göstermektedir. Yükselimin güneyini ise Dereköy ve Güney Marmara fayı sınırlamaktadır. Bu normal faylar aynı zamanda doğu-batı uzanımlı çöküntü (depresyon) alanının kuzey sınırını belirlemektedir. Güney kolun kuzey kesimini oluşturan fay sistemi, Bandırma-Mudanya yükseliminin bir yükselim alanı olmasında en aktif rolü üstlenmiştir. Marmara Denizi'ndeki bu fay sistemi, güneyde faya paralel bir yükselim meydana getirerek inceleme alanının kuzeyinin şekillenmesini sağlamıştır. Erinç (1957)'in de belirttiği gibi Bandırma-Mudanya yükseliminde, kuzeye akan akarsuların boyları kısa güneydekilerin ise uzundur. Bu durum yükselimin asimetrik geliştiğini göstermektedir.

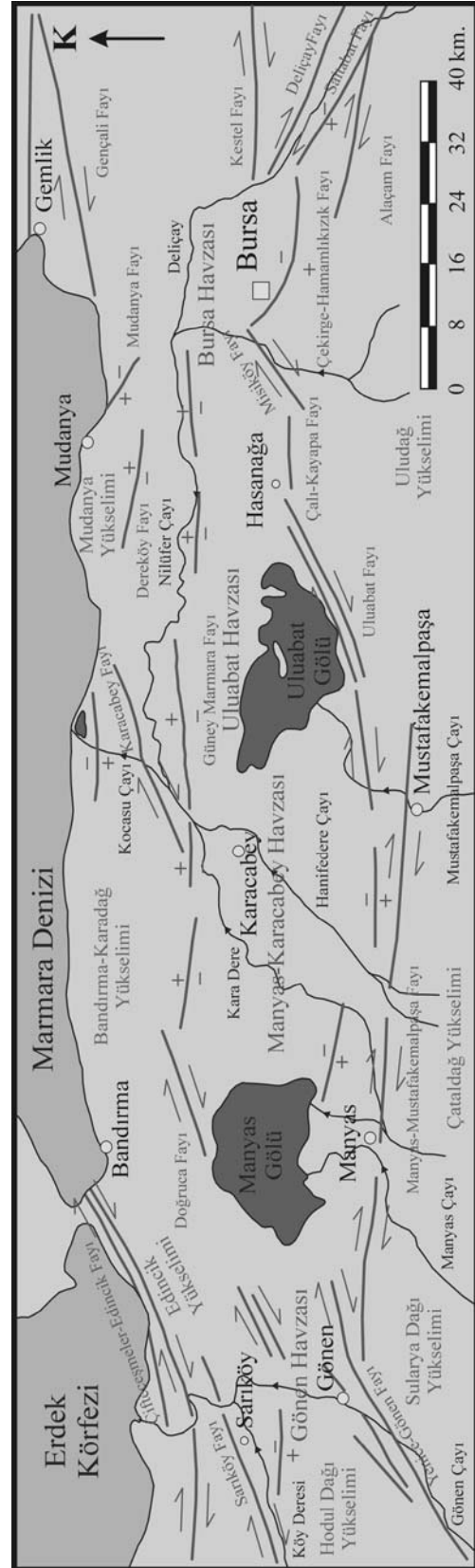
Uludağ Yükselimi

İnceleme alanının güneyinde yer alan Uludağ yükseliminin kuzeyinde bulunan Bursa Havzası, Bursa normal fayı etkisiyle oluşmuştur. Havza alüvyonla kaplı olup çek-ayır (pull-apart) biçiminde gelişmiştir. Uludağ yükselimi inceleme alanının batısında aynı şekilde normal fayla sınırlanmış, fakat Uluabat Havzası'nda KD-GB doğrultulu sağ yanal atımlı bir fay zone ile yükselmiştir. Uluabat fayı önünde gelişen Uluabat Havzası da bir tektonik çöküntü alanıdır. Uluabat Havzası'nın en çukur yerinde göl oluşmuştur. Güneydeki yükselim alanı Bursa fayı etkisiyle, batıya doğru devamında oluşan Söğütalan platosu ise Uluabat fayı etkisiyle yükselmiştir.

Güney Marmara bölümünde yer alan Bandırma-Mudanya ve Uludağ yükselimleri, kuzeyindeki normal bileşenli fayların etkisiyle oluşmuşlardır. Bandırma-Mudanya yükselimi, KAF'a ait güney kolun kuzey kesimini oluşturan bu zon içerisindeki normal faylanma neticesinde yükselmiştir. Benzer şekilde Uludağ yükselimi de kuzeyinde yer alan normal Bursa fayı ve normal bileşenli sağ yanal atımlı Uluabat fayı etkisiyle yükselmiştir.

Çöküntü (depresyon) alanı

Doğu-batı uzanımlı çöküntü (depresyon) alanı ve içerisinde yer alan Gönen, Manyas-Karacabey,



Şekil 3. İnceleme alanı, KAF'ın güney koluna ait faylar, bölgedeki akarsular, yükselim alanları ve havzalar

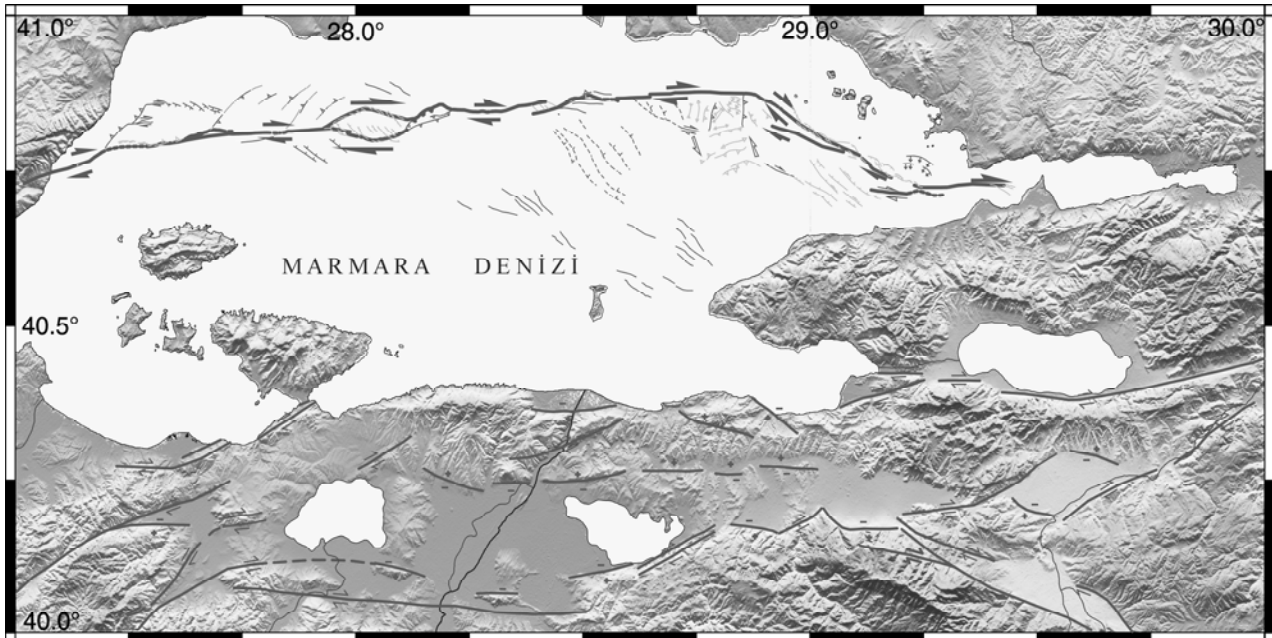
Uluabat ve Bursa havzaları, bunları sınırlayan fayların çek-ayır biçiminde ve KD-GB yönünde gerilme rejimine bağlı olarak açılmasıyla oluşmuştur. Bölgede yersel olarak ve bazı fayların (Çalıoba fayı) geometrisi nedeniyle bu gerilme yönüne zıt yönde sıkışma yapıları da meydana gelmiştir. Bu çek-ayır havzaları oluşturan sistem içerisinde Gönen Havzası, Rahe vd. (1998)'nin çek-ayır havzaların oluşum modeline göre simetrik tip çek-ayır havza özelliğindedir. Gönen Havzası'nda KAF'a ait güney kol, saatin ters yönünde rotasyona uğramış ve buna bağlı olarak Gönen Havzası, güneybatı kesiminde daralmış ve havzanın kuzeyi ve güneyi doğrultu atımlı bir fay sistemi ile sınırlanmıştır. Diğer havzalardan Manyas-Karacabey, Uluabat ve Bursa havzaları ise yine Rahe vd. (1998)'nin çek-ayır havzaların oluşum modeline göre asimetrik çek-ayır havza tipinde gelişmişlerdir. Erken Pliyosen'de açılmaya başlayan çöküntü alanı Kuvaterner'den günümüze kadar alüvyonla örtülmüştür. (Şekil 4).

Benzer çek-ayır havza tipi gelişim, sağ yanal faylanma ile açılmış inceleme alanı doğusundaki Yenişehir Havzası'nda da görülür (Ertek, 2001).

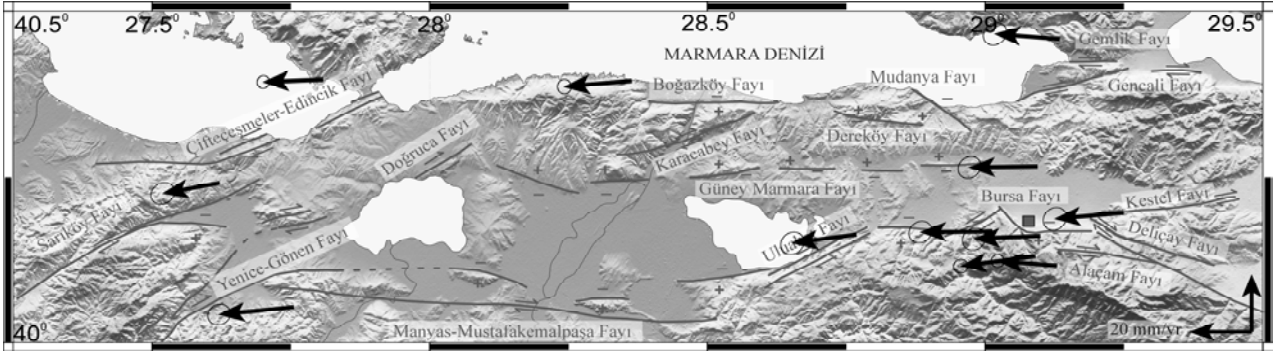
Tektonik model

Anadolu Levhası'nda ve Marmara Bölgesi'nde bir çok araştırmacı tarafından GPS çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalardan Kahle vd. (2000), McClusky vd. (2000) ve McClusky vd. (2003) tarafından, GPS verilerine dayalı Anadolu Levhası'nın batıya doğru olan hareket hızı ve Kuzey Anadolu Fayı'nın göstermiş olduğu kinematik özellikler ortaya konmuştur. Diğer yandan İmren vd. (2001), Le Pichon vd. (2001), Meade vd. (2002) ve Le Pichon vd. (2003) inceleme alanı ve Marmara Bölgesi'nin tamamını içine alan kesiminde GPS verilerini değerlendirerek, bölgedeki etkin Kuzey Anadolu Fayı'ndan kaynaklanan tektonik modelleri tartışmışlardır.

İmren vd. (2001) ve Le Pichon vd. (2001)'nin Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolunu Ana Marmara Fayı olarak belirlemesiyle başlayan çalışmalar, Meade vd. (2002) ve Le Pichon vd. (2003) güney kolu ilave ederek Kuzey Anadolu Fayı'nı iki ana kola ayırmışlar ve bu iki fayın bir Euler kutbuna bağlı dairesel bir hareket yönünü takip ettiğini vurgulamışlardır. KAF'ın kuzey kolu üzerinde GPS hızları 24-25 mm/yıl olarak verilmektedir. Diğer yandan güney kola



Şekil 4. Marmara Bölgesi'nde Kuzey Anadolu Fayı'nın kollarını, güney Marmara bölümünde güney kola ait aktif fayları ve bu faylar arasındaki yükselim-alçalım alanları ile KAF ve kolları arasında oluşan çek-ayır havzalarını gösteren harita (Kuzey Anadolu Fayı'nın kuzey kolu İmren, 2003'ten alınmıştır)



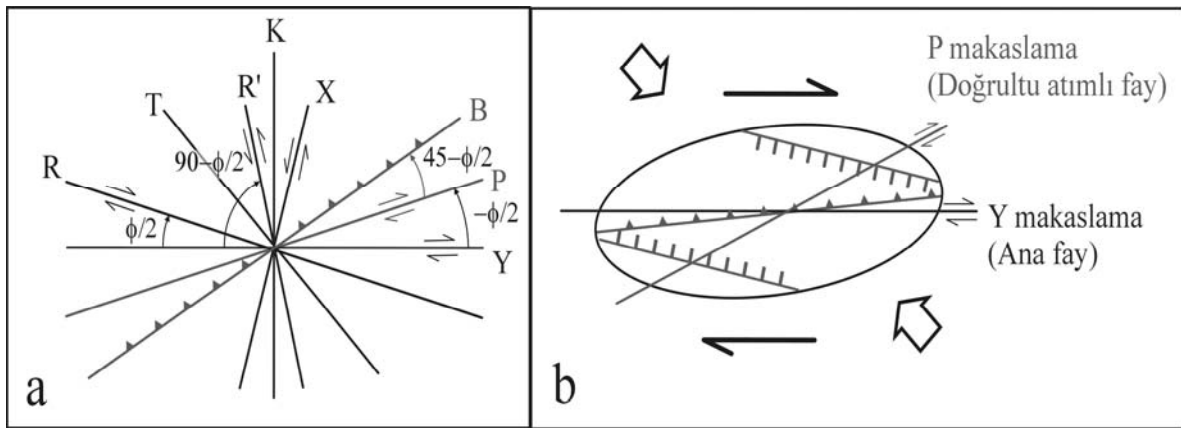
Şekil 5. Kuzey Anadolu Fayı'nın güney koluna ait fayların kuzeybatı Trakya'daki DEMI noktasına göre GPS ölçümleri (Meade vd., 2002)

ait fayların GPS hızları kuzey kola nazaran farklıdır (Armijo vd., 2002).

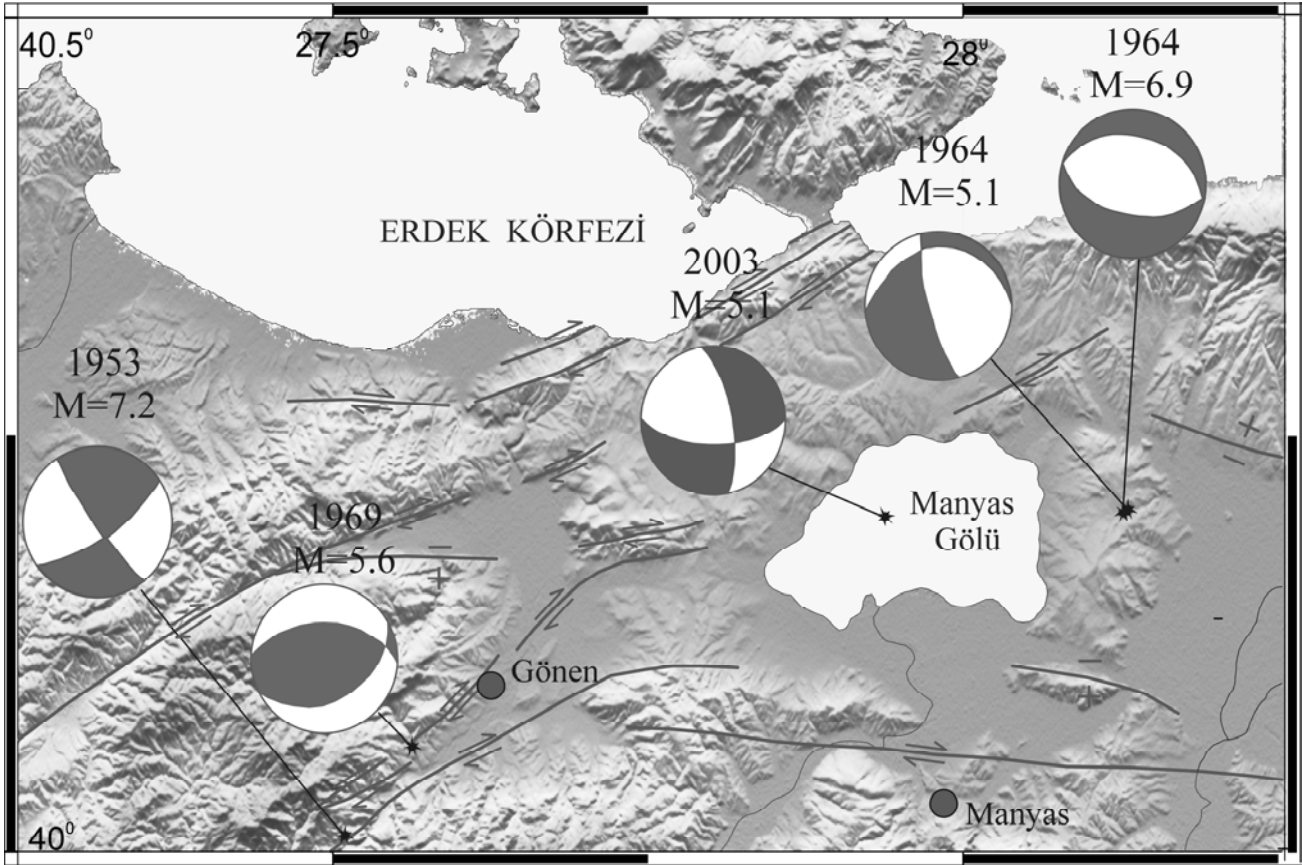
GPS ölçümlerinden hesaplanan ve Kuzeybatı Trakya'daki DEMI noktasına göre Güney kola ait faylar üzerindeki bazı noktaların hızları Meade vd. (2002) tarafından belirtilmektedir. Buna göre Yenice-Gönen fayı için Gönen'in güneyindeki bir noktada doğrultu atım hızı -6.8 ± 2.3 mm/yıl, normal atım hızı -0.8 ± 3.4 olarak verilmiştir. Diğer yandan Yenice-Gönen fayının güney kolu, Manyas-Mustafakemalpaşa fayı ve Bursa fayını kapsayan bölge için normal atım hızı -8.0 ± 4.3 mm/yıl ve yanıl atım hızı -3.6 ± 2.0 mm/yıl olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Kestel fayı için yanıl atım hızı -9.6 ± 2.6 mm/yıl, normal atım hızı ise -5.9 ± 4.3 'dür. Şekil 5'deki güney kola ait faylar ve bunların GPS vektörleri

değerlendirildiğinde, güney koldaki faylar için GPS ölçümlerinden hesaplanan değerlerin ortaya konulan geometrileri desteklediği görülmektedir.

İnceleme alanındaki fayların geometrileri ve GPS vektörleri incelendiğinde, Güney Marmara bölümünde Şekil 6'da görüldüğü gibi yamulma elipsoidi ortaya çıkmaktadır. Güney Marmara bölümünde KKB-GGD doğrultuda sıkışma KKD-GGB yönünde gerilme rejimi olduğunu, P makaslama zonu bölgedeki doğrultu atımlı fayları ve ters fayları, diğerleri ise normal bileşenli faylar ile eğim atımlı fayları göstermektedir. Buna göre fayların konumu ve geometrisi KKD-GGB doğrultulu sağ yanıl atımlı faylar, Çifteçeşmeler-Edincik, Sarıköy, Yenice-Gönen, Uluabat ve Misiköy faylarıdır. İnceleme alanında etkisi olan diğer normal faylar ise Güney



Şekil 6. İnceleme alanındaki fayların teorik yamulma elipsoidindeki görünümü (Şekil a; Y: Ana makaslama fayı, P: Doğrultu atımlı fay sistemi, R: Sintetik makaslama fayı (Riedel), R': Antitetik makaslama fayı (Anti-Riedel), T: Açılma çatlakları ve B: Bindirme fayıdır. Şekil b; sağ yanıl hareket mekanizmasını gösterir)



Şekil 7. İnceleme alanında hasar yapıcı ve yıkıcı depremlerin episentür ve fay düzlemi çözümleri

Marmara fayı, Yenice-Gönen fayının normal bileşene sahip olan güney kolu, Karaçalılık fayı ve Bursa fayıdır. Bölgede bu normal faylara bağlı olarak çek-ayır havzalar ve doğu-batı uzanımlı çöküntü alanı meydana gelmiştir.

Bu çöküntü alanının en çukur yerlerine ise Manyas ve Uluabat gölleri yerleşmiştir. Dolayısıyla bu göller tektonik kökenlidir. Ayrıca bu havzalar KKD-GGB doğrultulu gerilme etkisiyle meydana gelmiştir. Bölgede bu gerilme yönüne zıt yönde sıkışma rejimi oluşmaktadır. Gönen'in kuzeyindeki Kiremittepe ve Çalıoba fayı içerisindeki ters faylar ve basınç sırtı yapıları bunu desteklemektedir. Bu yapılarla ilgili dünyada ve Türkiye'de benzer çalışmalara rastlamak mümkündür. Bunlardan San Andreas Fayı üzerinde Wilcox vd. (1973) tarafından yapılan çalışmada, Tujung Kanyon bölgesinde yer alan ve San Andreas Fayı'nın bir kolu olan San Gabriel fay zonunda ters faylanmaya bağlı gelişen basınç sırtı tespit edilmiştir. Bu yapılar Yenice-Gönen fayının kuzey kolu üzerinde yer alan

Çalıoba Köyü mevkiinde görülen basınç sırtı yapısıyla aynı özelliktedir.

Şekil 7 bölgede hasar yapıcı ve yıkıcı depremlerin episentür ve fay düzlemi çözümlerini göstermektedir. Yukarıda bahsedildiği gibi Yenice-Gönen fayı üzerindeki fay düzlemi çözümleri sıkışma bölgesinin Gönen Havzası civarında olduğunu işaret etmektedir. 1953 Yenice-Gönen depreminin fay düzlemi çözümü sağ yanal atımlı olarak verilirken (McKenzie, 1972), 1969 Gönen depremi fay düzlemi çözümü bindirme bileşenlidir (Taymaz vd., 1991). Diğer yandan Manyas Gölü güneyinde hasar meydana getiren 1964 Manyas depreminin fay düzlemi çözümü ise normal fayı işaret etmektedir (Taymaz vd., 1991). Ancak depremden 1.5 dk önce meydana gelen öncü depremin fay düzlemi çözümü normal bileşenli sağ yanal atımlıdır (Kıyak, 1986). Buna göre sıkışma bölgesi olan Gönen Havzası'nda 1953 ve 1969 depremleri meydana gelirken, genişleme havzası olan Manyas-Karacabey Havzası'nda 1964 depremi meydana gelmiştir.

Çek-ayır havzaların oluşumunu sağlayan normal bileşenli Yenice-Gönen fayının güney kolu, 1964 Manyas depremini yaratmıştır.

Sonuçlar

1. Kuzey Anadolu Fayı'nın güney koluna ait faylardan Yenice-Gönen, Manyas-Mustafakemalpaşa ve Uluabat fayları sağ yanal atımlı, Bursa fayı ise normal faydır.
2. İnceleme alanı ve Marmara Bölgesi'nde alçalım alanları, havzalar ve yükselim alanları neotektonik dönemde meydana gelmiştir.
3. Yükselim alanlarını oluşturan Uludağ yükselimi normal bileşenli fayların etkisiyle, Bandırma-Mudanya yükselimi KAF'a ait güney kolun kuzey kesimini oluşturan bu zon içerisindeki normal faylanma neticesinde yükselmiştir. Benzer şekilde Uludağ yükselimi de kuzeyinde yer alan normal geometriye sahip Bursa fayı ile yükselmiştir.
4. Doğu-batı uzanımlı çöküntü (depresyon) alanı ve içerisinde yer alan Gönen, Manyas-Karacabey, Uluabat ve Bursa havzaları, bunları sınırlayan fayların çek-ayır biçiminde ve KD-GB yönünde gerilme rejimine bağlı olarak açılmasıyla oluşmuştur. Bölgede bu gerilme yönüne zıt yönde ise sıkışma rejimi oluşmuştur.
5. Çek-ayır havzaları oluşturan sistem içerisinde Gönen Havzası simetrik tip çek-ayır havza özelliğindedir. Gönen Havzası'nda KAF'a ait güney kol, saatin ters yönünde rotasyona uğramış ve dolayısıyla da Gönen Havzası güneybatı kesiminde daralmış ve havzanın kuzeyi ve güneyi doğrultu atımlı bir fay sistemi ile sınırlanmıştır. Diğer havzalardan Manyas-Karacabey, Uluabat ve Bursa havzaları ise asimetric çek-ayır havza tipinde gelişmişlerdir.
6. Güney Marmara bölümünde KAF'a ait güney kolun yaşı Erken Pliyosen-Kuvaterner olup dolayısıyla oluşan bu havzalar Plio-Kuvaterner'de meydana gelmişlerdir.

Teşekkür

Çalışmanın arazi incelemesinde konaklama ve lojistik destek sağlayan DSİ Gönen (Balıkesir) ve Karacabey (Bursa) Şube Müdürlükleri ile Manyas (Balıkesir) Belediyesi teşekkürle anılır.

Kaynaklar

- Alpar, B., (2000). Bandırma Körfezi, Gemlik Körfezi ve İzmit Körfezi sığ sismik görüntüleri. TMMOB Jeofizik Müh. Odası Güney Marmara depremleri ve jeofizik toplantisı, *Bildiriler Kitapçığı*, 49.
- Armijo, R., Meyer, B., Barka, A.A., Hubert, A., (1999). Propagation of the North Anatolian Fault into the Northern Aegean: Timing and kinematics, *Geology*, 27, 267-270.
- Armijo, R., Meyer, B., Navarro S., King, G., Barka, A. A. (2002). Asymmetric slip partitioning in the Sea of Marmara pull-apart: A clue to propagation processes of the North Anatolian Fault, *Terra Nova*, 14, 80-86.
- Chaput, E., (1976). Türkiye'de jeolojik ve jeomorfolojik tetkik seyahatları. *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Yayınları*. No: 11. İstanbul.
- Erinç, S., (1957). Karacabey Boğazı, *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü. Dergisi*, 4, 95-97.
- Ertek, T.A, (2001). Yenişehir Havzası'nın jeomorfolojisi (Bursa). *İ.Ü. Araş.Fonu*, proje no: 1163/070998, 157s, İstanbul.
- Görür, N., (1992). A tectonically controlled alluvial fan which developed into a marine fan-delta at a complex triple junction: Miocene Gildirli Formation of the Adana Basin, Turkey, *Sedimentary Geology*, 81, 243-252.
- Hempton, M.R., (1985). Structure and deformation history of the Bitlis suture near Lake Hazar, south-eastern Turkey, *Geological Society of America Bulletin*, 96, 233-243.
- İmren, C., (2003). Marmara Denizi faal tektonizmasının sismik yansıma ve derinlik verileri ile incelenmesi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, *Doktora Tezi*, xxx+233s.
- İmren, C., Le Pichon, X., Rangin, C., Demirbağ, E., Ecevitoglu, B. ve Görür, N., (2001). The North anatolian Fault within Sea of Marmara: A new interpretation based on multi-channel seismic and multi-beam bathymetry data. *Earth and Planetary Science Letters*, 186, 143-158.
- Kahle, H.G., Cocard, M., Peter, Y., Geiger, A., Reilinger, R., Barka, A.A. ve Veis, G., (2000). GPS-derived strain rate field within the boundary zones of the Eurasian, African and Arabian Plates. *Journal of Geophysical Research*, 105, 23353-23370.
- Kıyak, Ü., (1986). Kuzey Anadolu Fay zonunun batı uzantılarının incelenmesi. İst. Üniv., Fen Bil. Enst., *Doktora Tezi*,xxiii+214s, İstanbul.
- Le Pichon, X., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B.,

- Saatçılar, R., Tok, B., (2001). The active Main Marmara Fault. *Earth and Planetary Science Letters*, 192, 595-616.
- Le Pichon, X., Chamot-Rooke, N. ve Rangin, C., Şengör, A.M.C., (2003). The North Anatolian Fault in the Sea of Marmara. *Journal Geophysical Research*, 108, ETG 1, 1-20.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A.A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gürkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksöz, H.N. and Veis, G., (2000). Global Positioning system constraints on the plate kinematics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *Journal Geophysical Research*, 105, 5695-5719.
- McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Ben Sari, D., Tealeb, A., (2003). GPS constrains on Africa (Nubia) and Arabia plate motions, *Geophysical Journal International*, 155, 126-138.
- McKenzie, D.P., (1972). Active tectonics of the Mediterranean Region, *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 30, 109-185.
- Meade, B.J., Hager, B.H., McClusky, S.C., Reilinger, R., Ergintav, S., Lenk, O., Barka, A.A. ve Özener, H., (2002). Estimates of seismic potential in the Marmara Sea Region from block models of secular deformation constrained by Global Positioning System measurements. *Bulletin Seismological Society of America*, 92, 208-215.
- Philippson, A., (1913). Reisen und Forschungen im westl. Kleinasien.-III. Heft- Das östliche Mysien und die benachbarten Teile von Phrygien und Bithynien. Petermanns Mitteilungen, *Ergänzungsheft*, 177.
- Rahe, B., Ferrill, D.A., Morris, A.P., (1998). Physical analog modeling of pull-apart basin evolution. *Tectonophysics*, 285, 21-40.
- Şengör, A.M.C., (1979). Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its implications, *Nature*, 279, 590-593.
- Tanoğlu, A. ve Erinç, S., (1957). Misiköy Boğazı, *İ.Ü. Coğrafya Enstitüsü Dergisi*, 4, 8, İstanbul.
- Taymaz, T., Jackson, J., McKenzie, D., (1991). Active Tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophysical Journal International*, 106, 433-490.
- Uçarkuş, G., (2002). Gemlik fay zonunun aktif tektoniği, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, x+82s, İstanbul.
- Yılmaz, Y., (1992). New evidence and model on the evolution of the southeastern Turkey, *Geological Society of America Bulletin*, 105, 251-271.
- Wilcox, R.E., Harding, P.T., Seely, D.R., (1973). Basic Wrench Tectonics. *American Association of Petroleum Geologist Bulletin*, 57, 74-96.